



Paul Lindhout

**Een toekomstbestendig jaren
dertig huis**

Een toekomstbestendig jaren dertig huis

Paul Lindhout

Een toekomstbestendig jaren dertig huis

Een 'sustainability make over' in praktijk.

1^e Update: 28 december 2016

2^e update: 22 oktober 2017

3^e update: 1 november 2018

Inhoud

Colofon

I Voorwoord

II Samenvatting

III Inleiding

Mooi wonen – Nieuwe denkkaders – Duurzaam wonen – Vraagstelling – Methode – Huis 1938

IV Ontwerp

Algemene eisen – Jaarverbruik – Rekenmodel – Kentallen – Materiaalgegevens – Materiaalkeuze – Comfort – Besparingskansen – Duurzaamheid verbeterkansen – Keuze van het systeem ontwerp – Esthetiek

V Planning

Werkplan – Make or buy – Projectenlijst – Kostenraming

VI Uitvoering

(1)Drie laags beglazing – (2)Spouwmuurisolatie – (3)PV-zonnepanelen – (4)Technische besparingsmaatregelen – (5)Warmtepompsysteem – (6)Regenwatersysteem – (7)Uitbreidingen en verbeteringen – (8)Herstel van jaren dertig stijlkenmerken

VII Evaluatie van het transitie resultaat

Methodiek – Resultaat in kenwaarden voor en na – Knelpunten – Wooncomfort – Financieel inzicht – Gezondheid – En zonder transitie ?

VIII Ervaringen als pionier

Thema's – Kritische momenten

IX Discussie

X Conclusie

De beginvragen – De achterliggende kwestie – Nawoord

Nawoord

Literatuur

Bijlagen

Jaarverbruik – Thermisch rekenmodel

Colofon

Dit boek is tot stand gekomen in eigen beheer.

Bij de omslag: Huis 1938 in de zomer van 2013

Omslag, ontwerp, en lay-out zijn gedaan door de auteur. Alle figuren en tabellen zijn gemaakt door de auteur, enkele uitzonderingen daargelaten, die zijn er onder per foto en illustratie aangegeven.

Druk: [PDF bestand]

Uitgever: Veenendaal: Paal39.nl Bijgewerkte uitgave 1 november 2018

© 2018 Paul Lindhout

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een gegevensbestand of openbaar gemaakt in welke vorm dan ook, zonder een correcte bronvermelding en schriftelijke toestemming van de auteur.

I Voorwoord

In de zomer van 2012 rijpte een plan dat al een tijdje speelde: daden stellen op het gebied van duurzaamheid. Het zou daarbij vooral moeten gaan over het huis waar we in 1984 als jong gezin in gingen wonen. De wens om onafhankelijk van voorzieningen en vrij van hoge nutskosten te zijn is geleidelijk aan overgegaan in het inzicht dat wonen veel meer duurzaam moet.

Aan het begin heb ik heel veel vragen. Zou ons huis uit 1938 daar wel geschikt voor zijn ? Hoe pak ik dat aan ? Wat is goed om te doen en wat niet ?

Tussen de enthousiastelingen van het eerste uur, de milieuactivisten, de web-bloggers, de theoretici, de grote principe denkers, de houtje-touwtje knutselaars, de subsidiejagers, de wetenschappers, de productontwikkelaars, de slimme zakenlieden en de duurzaamheid goeroes zal toch nog wel een plekje over zijn voor een iemand die in praktijk wil uitzoeken en ervaren hoe het zit? Hier ga ik maar even van uit. Moeilijker lijkt me de vraag : hebben al die bevlogen mensen samen al wel genoeg kennis verzameld en experimenten gedaan om nu goede keuzes te kunnen maken?

Wat zou er mooier zijn dan op eigen kracht een fraai jaren dertig huis renoveren naar een energie niveau van nul? Zou het kunnen zonder dat het huis een tijd onbewoonbaar is en zonder dat er grote machines, vrachtwagens en hijskranen bij nodig zijn? Kan het voor een budget dat voor velen bereikbaar is? Kan het stap voor stap? Hoeveel jaar tijd zou dat dan gaan kosten? Wat zullen de echte knelpunten zijn ? Zou de opgedane ervaring voor anderen nuttig kunnen zijn?

Allemaal vragen waarop het antwoord voor een belangrijk deel uit de praktijk moet komen. Ik ben toch al een tijdje met dit plan bezig maar ik weet de antwoorden op al die vragen niet. Dan zullen veel anderen dat beginnersgevoel misschien ook wel hebben . . .

Dus: niet alleen dromen maar gewoon doen, en steeds wat opschrijven over de belevenissen van een beginnening die pioniert in duurzaamheidsland. Het relaas over de transitie naar duurzamer wonen moet wel bruikbaar zijn voor anderen en dat gaat het best als het de vorm krijgt van een 'case study'. Dan zit er tenminste een duidelijk, zowel kwantitatief als kwalitatief, begin en eind aan. Als het werk klaar is, ga ik ook terugblikken en m'n ervaringen op een rijtje zetten.

Paul Lindhout, 1 oktober 2012

Bij de 1^e update: Diverse correcties, eind 2016.

Bij de 2^e update: Een nieuw nawoord met de actuele stand per medio 2017.

Bij de 3^e update: Een bijgewerkt nawoord per eind oktober 2018. Diverse kleine aanvullingen en correcties in de tekst. Stand van zaken per oktober 2018.

II Samenvatting

In Nederland wonen we graag in een 'jaren dertig huis'. Zo graag zelfs dat er weer nieuwe woningen in jaren dertig stijl worden gebouwd. Een belangrijk verschil is dat deze nieuwe huizen extreem energiezuinig ontworpen zijn en de oude juist helemaal niet.

De vraag is of de huizenbezitter desondanks met zijn bestaande woning uit de jaren dertig nog wel mee kan komen met het duurzaamheid denken van nu.

Door stimuleringsmaatregelen vanuit de overheid en grootschalige voorbeeldprojecten is het grote publiek nu warm gemaakt voor actie. Het publiek wil meer en sneller voor 'groen' gaan dan technisch en economisch op grote schaal realiseerbaar is. De 'administratieve' wegen van groene stroom en groen gas zijn niet afdoende. Tastbaar ecologisch verantwoord en duurzaam maken van de bestaande woningvoorraad op individueel huishouden niveau komt nog maar moeilijk op gang. Het op dit gebied essentiële nieuwe gedachtengoed van 'nul-energie', 'passieve huizen', 'transition towns' en de 'derde industriële revolutie' sluit niet goed aan bij de huidige orde in de maatschappij. Oplossingen voor bestaande woningen zijn fragmentarisch en stuiten op technische grenzen, op een onpraktische bouwkundige erfenis, op aanzienlijke kosten en op politieke keuzes, neergelegd in beperkingen vanwege de regelgeving. Tegelijk is de economische crisis voor de bouw een sterke drijfveer om juist nu tot nieuwe bedrijvigheid rond de '*sustainability make over*' te komen.

Uit deze case studie aan een project rond energiezuinig maken van een twee onder een kap woning uit 1938, in particulier bezit, blijkt hoe lastig de puzzel bij het voorbereiden en uitvoeren van een transitie traject in praktijk is. Eerst is het jaarverbruik nauwkeurig in kaart gebracht. Met behulp van een rekenmodel is inzicht in de warmteverliezen verworven. Vervolgens is de markt voor beschikbare technieken verkend om een technische afweging van alternatieven te kunnen maken en tot een duurzamer systeem ontwerp te kunnen komen. Zowel grote besparingen op gas, water en elektriciteit, als het ter plaatse opwekken van elektriciteit en het benutten van regenwater bleken goed mogelijk. De realisatie van het systeem ontwerp vergde eerst een werkplan en daarna een mix van inkopen, doe-het-zelven en uitbesteding. Er ontstond een lange reeks deelprojecten die zich door voortschrijdend inzicht voortdurend ontwikkelde. Het huishouden liep in de benodigde vier jaar ononderbroken door. De financieel het meest opbrengende en eenvoudig en snel uit te voeren projecten – de *quick-wins* – zijn eerst gedaan om via energiekostenverlaging meer budget voor de overige projecten vrij te maken. Na de uitvoering is een financieel overzicht gemaakt en zijn terugverdientijden berekend. Bij dit 'pionier' transitie traject werden het gebrek aan integraal transitie advies, aan integraal markt aanbod, aan specifieke financiële steun en aan brede technische deskundigheid bij aannemers duidelijk gevoeld. Het heersende denkkader van één groot project ineens blijkt niet optimaal en voor een particulier met een smalle beurs is het zelfs ondoenlijk.

Opdelen en ontvlechten van de oude systemen in huis blijkt een obstakel van formaat. De kosten zijn aanzienlijk, er is veel doe-het-zelven nodig en de ingeplande 4 jaar looptijd is mede daardoor ook nodig gebleken. Met een vermindering van meer dan 50% van de nutskosten en het vanuit energielabel C(bijna D) bereiken van energielabel A mag de transitie geslaagd worden genoemd.

Het antwoord is dus : ja, ook deze jaren dertig woning kan mee naar de toekomst.

Een 'nul energie' jaren dertig huis dat volledig draait op duurzaam opgewekte elektriciteit, dat een 'slimme' koppeling aan het 220 Volt net heeft en op eigen grond warmte en elektriciteit wint is dus praktisch uitvoerbaar. Zelfs geheel los koppelen van alle nutsvoorzieningen, inclusief water, is, in elk geval technisch gezien, in de nabije toekomst binnen bereik.

III Inleiding

Mooi wonen

Een jaren dertig huis is erg gewild, zo zeer zelfs dat architecten de typerende jaren dertig stijl tot nu toe zelfs in hun nieuwe ontwerpen gebruiken (Van Velzen, 2005). In Nederland associëren we deze huizen nog steeds met de welvaart, de status en met het ideaal van buitenaf wonen in mooie groene gebieden van de doelgroep van toen. Een jaren dertig huis is mooi. Fraaie gemetselde muren met een voeg op snee, een erker en meestal wit, crème of donkergroen geschilderde grenen kozijnen. Een paar hoge schoorstenen, een groot en steil dak met rode dakpannen en een fraaie breed overhangende dakgoot met zinken regenpijpen completeren de buitenkant. Binnen, bij de entree in de hal, ligt een granito vloer op zand gestort. In de rest van het huis op de begane grond zit onder de houten vloer een kruipruimte. De kamers zijn afgewerkt met veel houten details zoals plinten, lambriseringen, deurkozijn sierranden en paneeldeuren. Met fraaie 'en-suite' schuifdeuren maakte men de woonkamer kleiner in de winter zodat er in de voorkamer niet altijd hoefde te worden gestookt. De vensters zijn van enkel glas met glas in lood versieringen in de bovenlichten. Voor ventilatie zette men een raam op een kier. De muren hebben een spouw om het woongedeelte. Deze huizen, vrijstaand, twee-onder-een-kap of in een rijtje, zijn gebouwd in een tijd dat er kolen gestookt werd. Er is meestal een halfsteens uitbouw achter met een bijkeuken en een kolenhok. Ook hebben ze allemaal de achter wit gepleisterde muren weggewerkte rookkanalen vanuit de schouw in de woonkamer en het fornuis in de keuken naar de gemetselde schoorstenen op het dak. Ruimtelijke functiescheiding was nadrukkelijker aanwezig naarmate de huizen groter waren (Kingma, 2012).

Jaren dertig huizen overleefden de wederopbouw met 'het Nieuwe Bouwen' als stijl in de naoorlogse architectuur. Ze pasten in de daarbij horende op functionele eenvoud en op 'licht, lucht en ruimte' gerichte denkwijze. Het streven was op 'prettig wonen' gericht, waarmee esthetisch fraai en goed schoon te houden werden bedoeld (Van Enter, 2010).

Met de komst van oliestook en aardgas uit boorput 'Slochteren 1' in 1959 (De Jong, 2005) begon de vermindering van de jaren dertig huizen. Muren en vloeren werden doorboord, ruimte werd ingenomen. Olie tanks, verwarmingsketels, geisers, boilers, leidingen en radiatoren voor de centrale verwarming namen bezit van het interieur vanaf de jaren zestig. Huizenbezitters lieten alles aanleggen door een installateur. De overheid stuurde monteurs om fornuizen en geisers van kolengas naar aardgas om te bouwen. Het gebruik van de huizen veranderde. Niet langer waren alleen woonkamer en keuken als centrale plek verwarmd, ook de gang, het trappenhuis en de slaapkamers werden verwarmd. Een centrale verwarming was begeerlijk en comfortabel maar duur, zowel in de aanschaf als in het gebruik (Jelsma, 2011).

Midden jaren zestig werd een gasgestookte CV voor de gewone man bereikbaar. In de jaren zeventig en tachtig deed het doe-het-zelfen zijn intrede. Veel authentieke details in het timmerwerk verdwenen achter modieuze schrootjes en handige gipsplaten. De modernisering in woninginrichting leidde tot samenvoegen van kleine kamers tot grotere door het wegbreken van muren en de toepassing van stalen balken in de dragende constructie. Glas in lood en kamer-en-suite verdwenen, de schouw werd een open haard. Alleen echte liefhebbers houden de oorspronkelijke stijl in stand of herstellen de authentieke dertiger jaren details.

Nieuwe denkkaders

Pioniers begonnen tijdens de verbreiding van olie en gas al snel met kleinschalige experimenten om zuiniger met het milieu om te gaan (Leefflang, 1970). Na de eerste en tweede oliecrisis in de jaren 1973 en 1979 ging uit milieu overweging in veel huizen de thermostaat een graadje lager. Ook nu nog

promoot men dat (warmetruiendag.nl). Het fameuze Rapport van de Club van Rome verscheen en het besef ontstond dat groei niet altijd maar door kan gaan ([Meadows et al, 1972](#)). In de jaren tachtig schafte men aparte geisers en boilers af. Na combi-ketels kwamen de hoog rendement HR-CV ketels. In de jaren negentig was er door de particuliere woningbezitter op grote schaal, via de doe-het-zelf winkels te verkrijgen, vloer isolatie, dakisolatie, isolatie om verwarmingsbuizen en radiatorfolie aangebracht. Ook begonnen de eerste PV zonnepanelen te verschijnen ([Bouma, 2013-A](#)). Rond de eeuwwisseling was daar ook dubbel glas bijgekomen. Er bleken mogelijkheden voor bepaalde typen huizen voor het aanbrengen van spouwmuurisolatie te bestaan. Een enkeling in het buitengebied met een vooruitziende blik had al een zonnecollector of een windmolentje op het dak. Alternatieve energie kreeg in de jaren negentig een plek in het landschap in de vorm van grote windmolenparken en er kwam steeds vaker ‘groene’ stroom uit het stopcontact. Meer elektriciteit was nodig om het steeds toenemende assortiment elektrische apparaten in de huishoudens te voeden.

Het besef dat het opraken van olie toch een serieus te nemen probleem vormt daagt pas na de eeuwwisseling. De oliecrisis lijkt ‘permanent’ te worden ([Middelkoop et al, 2008](#)). Met de opkomst van het duurzaamheidsdenken werden begrippen als milieuvriendelijk, energiebesparing, hergebruiken en de ecologische voetafdruk voor iedereen bekend. Materiaalkeuze en duurzaamheid werden met elkaar verbonden bij het ontwerpen van allerlei producten, ook bij huizen. Woningen die zelfvoorzienend en duurzaam zijn werden een centraal concept in dit nieuwe denken. Eco-architect Michael Reynolds gebruikt afvalmateriaal – zoals autobanden en sloop afval – om dit type huizen te bouwen. Ze zijn niet op het elektriciteitsnet, waterleiding of riolering aangesloten. Om warmte te behouden zijn ze half in de grond gegraven, met een dikke grondlaag afgedekt en van een serre op het zuiden voorzien. Nadat er 1000 van deze ‘earthships’ elders in de wereld waren gerealiseerd is er in Nederland in 2008 voor het eerst ook een gebouwd. Kort geleden begon in Olst de bouw van een aantal van deze huizen (www.earthship.nl).

Een ‘earthship’ lijkt in vrijwel niets op een jaren dertig huis. Toch is het ‘earthship’ een inspirerend voorbeeld voor de te nemen verdere maatregelen in de richting van het duurzaam maken van de bestaande woning voorraad en dus ook voor een jaren dertig woning. De overheid noemt decentrale energie opwekking als beleidsintentie ([Rutte & Samsom, 2012](#)). Een overgang naar zon, wind, bio-energie, water en bodem-energie in allerlei vormen wordt beoogd. Er is op dat gebied een verscheidenheid aan activiteiten ontstaan, variërend van de experimenten door pioniers tot projectmatige realisatie van technisch geavanceerde energiezuinige ontwerpen en de meer holistische en op een CO₂ arme en lokale leefwijze gerichte internationale beweging van de ‘transition towns’ (transitionnetwork.org).

Het woord ‘groen’ klinkt steeds vaker bij de economische benadering van duurzaamheid in de bestaande orde der dingen. Al een tijdje is er “groene stroom” en sinds kort is er “groen gas”. Er is een handel in CO₂ emissierechten ontstaan en er zijn ondernemers met winddelen en biobrandstof in de weer. Het kaf moet hier nog van het koren worden gescheiden. Stroom is pas echt ‘groen’ als die bijvoorbeeld 1 op 1 van een windmolen of zonnepaneel afkomstig is. Is biogas nog wel groen als het met fossiel aardgas of schaliegas vermengd zou worden? Er is dan ook kritiek op de huidige economische aanpak van duurzaamheid. Zo geven Friese boeren hun investering in een vergistingsinstallatie het predicaat onrendabel, mede dankzij de incomplete benutting van afzetmogelijkheden en stokkende subsidie ([Omroep Fryslân, 2014](#)). Stroom lijkt niet echt ‘groen’ als gascentrales uit staan en kolencentrales extra opgestookt worden omdat dat prijsvoordeel biedt terwijl er meer groene stroom verkocht is dan er feitelijk schoon geproduceerd wordt. Noorse

waterkracht certificaten lijken een nieuw soort aflaatbrief. Nederland loopt achter met het investeren in windenergie en moet dan stroom in andere landen inkopen met een niet altijd traceerbaar groene herkomst. Dit leidt tot bedenkelijke praktijken bij energieleveranciers, een gevoel van bedrog bij de goedwillende burger en een gebrekkig of zelfs falend beleid van de overheid (Schot, 2013). Zelfs de term “transitie” lijkt besmet te zijn geraakt door de lobby van de huidige belanghebbenden (Krozer, 2013).

Hoe moet het dan? En wat is werkelijk ‘groen’? Een vermindering van CO₂ uitstoot is hier niet het enige doel. Met hernieuwbare, eindeloos te gebruiken energie bronnen stopt het opraken van energievoorraden. De dreigende stilstand van alles wat onze maatschappij laat draaien kan er mee worden afgewend. Het gezamenlijke aandeel van zon, wind, waterkracht, geothermie en biomassa was in 2009 nog 4% in Nederland. Het overheidsbeleid is er op gericht dit in 2020 tot 14% te verhogen. In Nederland liggen waterkracht en plantages voor biomassa minder voor de hand. Als je warmte en koude opslag in je tuin toepast kan je buurman dat waarschijnlijk niet meer doen. Een windmolen in ieders tuin stuit zeker op verzet. Grootschalige windenergie parken op zee en dito warmte en koude opslag in de bodem lijken wel goede mogelijkheden. Zonnepanelen op de daken van elk gebouw lijkt ook goed te doen. Koppelen aan een Europees *supergrid* zou onregelmatig zon en wind aanbod op moeten vangen door over grotere afstanden elektriciteit te verhandelen (Ganzevles & Van Est, 2011). Een goed georganiseerde grootschalige winning van energie uit zonlicht, wind, waterstroming en aardwarmte laat echter nog op zich wachten. Een West-Europees *supergrid* waaraan ook energie opslag door oppompen van water naar stuwwerken is gekoppeld, wordt niet voor 2030 verwacht (Ford et al, 2010). De lange termijn verwachtingen lopen uiteen. Zo voorspelt Greenpeace dat olie en gas in 2050 niet meer nodig zijn (Teske et al, 2015) en mikt het SEV programma “Energiesprong” voor gebouwen op 50% vermindering van het energiegebruik ten opzichte van 1990 in het jaar 2030 (Avelino et al, 2011).

Biobrandstof maken uit plantmateriaal dat landbouw areaal afsnoept van de voedselproductie is geen goed idee. Als men het energie verbruik –hoe ‘groen’ ook– op even hoog peil houdt, waar is dan de klimaatwinst behaald (Kenis&Lievens,2013)?

Met administratieve concepten zoals ‘groene stroom’, ‘groen gas’ of ‘CO₂ emissie certificaten’ is in dit project daarom geen rekening gehouden. Ook centraal aangeboden mogelijkheden zoals bijvoorbeeld hete stoom of stadsverwarming, al dan niet gecombineerd met levering van elektriciteit, zijn hier verder niet nader beschouwd. De belangen van energiemaatschappijen, om zich “groener” te presenteren dan ze in werkelijkheid waar kunnen maken, leiden tot te weinig zicht hierop voor consumenten. Verder blijkt de handel in groen-certificaten niet aan de verduurzaming van elektriciteitsproductie in Nederland bij te dragen. De consument die zo voor “groen” denkt te kiezen laat in feite de bestaande situatie in stand. De consument heeft geen invloed op de mix van allerlei soorten stroom die uit het 220 Volt stopcontact komt. De consument kan op korte termijn alleen streven naar minder er van verbruiken en op langere termijn politieke keuzes maken die tot werkelijk “groene” productie leidt (Bouma, 2013-B).

Als energiebesparing en grootschalig groen produceren op nationale schaal niet voldoende is, hoe moet het dan? Wat kan daarvan op de schaal van een enkel huishouden waargemaakt worden? En wat te doen met de vele nog onbeantwoorde vragen over hoe ‘schoon’ de materialen in zonnepanelen zijn, over nieuwe schaarste in materialen die nodig zijn voor windmolen fabricage en over verdringing van landbouwareaal voor voedsel of kappen van regenwoud? Als oneindige hernieuwbare energievoorraden in praktijk worden gebruikt blijkt dat de middelen die daarvoor nodig zijn lang niet zo oneindig beschikbaar zijn. Ook kunnen we niet allemaal tegelijk opeens

duurzaam met ons huis omgaan om allerlei praktische redenen. Chaos in energie land bijvoorbeeld. Goedkope en overvloedig beschikbare wind en zonnestroom uit Duitsland zorgt eind 2013 mede voor stilstand bij nieuwe gascentrales in Nederland. De zachte winters en de lage steenkolenprijzen spelen hierbij mee. De eerste wankelende energiemaatschappij is al gesignaleerd (Trouw, 5 feb 2014). Zijn de plannen voor tussenoplossingen zoals schaliegas en aanboren van nieuwe aardgasvelden in Groningen (NAM platform.nl, 2013) of op het continentaal plat in de Noordzee (Kleinnijenhuis, 2013) (Trouw, 13 aug 2015) wel verantwoord? Moeten we allemaal terug naar een maximaal toelaatbare 'eerlijke' ecologische voetafdruk per persoon? Mag dit huis 1938 project wel terwijl anderen in een flat op tien hoog dit zo niet kunnen doen? Genoeg geaarzeld en getwijfeld, er zijn daden te stellen.

De overheid stimuleert het energie neutraal maken van gebouwen en dus ook van woningen in particulier bezit. Richtsnoer daarbij is het eerst beperken van het energiegebruik en daarna de dan nog benodigde energie ter plekke opwekken. Dit alles gaat uit van een verbinding en uitwisseling met het openbare net en een energie balans over een periode van een jaar. Dat het hier een ingewikkelde probleemstelling betreft staat vast (Witkamp et al, 2011). Dat het erg traag gaat ook (Naald en Opzeeland, 2015). Dat het probleem breed herkend wordt, en zeker ook door de particuliere woningbezitters, blijkt wel uit het 'Woningmarktplan Wonen 4.0' dat in mei 2012 werd vastgesteld door de Vereniging Eigen Huis VEH, De Nederlandse Vereniging van Makelaars NVM, de Vereniging van Woningcorporaties Aedes en de Woonbond. In de 11 hervormingspunten voor een goed functionerende woningmarkt staan energiebesparing, verduurzaming en toekomstbestendig houden van de woningvoorraad samen op de derde plaats genoemd (VEH, 2012). Gelukkig zijn er inspirerende voorbeelden zoals 'de wijk van morgen' op het bedrijventerrein Avantis tussen Heerlen en Aken (Wagenvoort, 2013). Er zijn al meer pioniers bezig geweest met bestaande huizen energie neutraal maken dus - wie weet - kan het ook bij een jaren dertig woning. Er bestaan al een paar voorbeelden van duurzaam gerenoveerde jaren dertig woningen. Over de gecompliceerde afwegingen daarbij en over de ervaringen van pioniers met de transitie is weinig bekend (Raaij, 2013) (Huisvolenergie.nl) (Duurzamehuizenroute.nl) (KennishuisGo.nl).

Duurzaam wonen

In dit project is als aanpak gekozen voor achtereenvolgens minder verbruiken van energie, duurzaam opwekken van energie en behoud van comfort. Dit alles bij de kennis en mogelijkheden die nu (2013) beschikbaar zijn. Op de schaal van een enkel huis zijn in de afgelopen decennia diverse nieuwe denkrichtingen ontstaan die kunnen helpen om tot praktisch handelen te komen.

Het 'passive house' concept van Adamson en Feist (passiv.de) richt zich met name op het sterk verkleinen van de warmtevraag. Goede thermische isolatie van alle muren, vloeren en het dak en driedubbele beglazing kenmerken het ontwerp. Ook het optimaal invangen van zonlicht hoort er bij. Tenslotte zijn ook een luchtdichte afsluiting en mechanische ventilatie met warmteterugwinning onderdeel van dit concept. Een factor 10 zuiniger wonen ligt binnen bereik (Feist, 2006). Deze huizen worden op diverse plaatsen gebouwd en er zijn inmiddels ook renovatieprojecten (passiefhuismarkt.nl).

Het 'energie neutrale huis' concept, afkomstig uit de 'transition town' beweging, streeft een energiegebruik dat netto ongeveer nul is na, zodat loskoppelen van het gas- en elektriciteitsnet mogelijk is. Een gezonde, groene en organische bouwvorm en omgeving completeert het geheel (transitionnetwork.org). Men spreekt ook wel over een 'nul-op-de meter-woning', of kortweg een NOM woning (Naald en Opzeeland, 2015).

Waar voorheen de milieubeweging ageerde tegen vervuiling is het nu de duurzaamheid als kerngedachte die de 'ecologische voetafdruk' de maat neemt (voetafdruk.eu). In een on-line "quick-scan" komt de voetafdruk van een huishouden in een half vrijstaand huis al gauw slecht uit: 10.1 hectare waar een Nederlander 6.2 hectare gemiddeld beslaat en een wereldburger maar 1.8 hectare ter beschikking heeft. Dit idee, afkomstig van De Kleine Aarde, laat de noodzaak van ingrijpen op een heel andere manier zien. In deze sterk vereenvoudigde maar illustratieve bepaling komt ook het gasverbruik in een twee-onder-been-kap huis als hoog naar voren. Direct daarna volgen papierverbruik, auto en vliegtuig kilometers en elektriciteit verbruik, samen de top 5 bijdragen aan de voetafdruk (duurzaamheidinactie.nl).

De Amerikaanse visionaire denker Jeremy Rifkin ziet de nabije toekomst als de tijd van de 'derde industriële revolutie'. Daarin is een bijzonder belangrijke rol weggelegd voor het op een duurzame manier decentraal opwekken van energie. De olievoorraad raakt over enkele decennia op en daar moet dan een duurzaam alternatief voor zijn. Hij stelt dat de gebouwen het best geschikt zijn als nieuwe energiebron. In plaats van olie is waterstofgas als brandstof en als opslagmedium te gebruiken. Gebruikers delen de energie via een 'smart grid' (slim elektriciteitsnetwerk) met elkaar. Auto's worden elektrisch en hebben een waterstof brandstofcel aan boord die stroom voor de elektromotoren maakt en ook aan dat netwerk aan te sluiten is. Hiermee denkt hij het effect van menselijk handelen op het klimaat ook aan te pakken ([Rifkin, 2011](#)). Op 15 april 2013 lanceert Hyundai de eerste waterstofauto, type ix35, in Nederland. Er zijn dan twee tankstations: een in Amsterdam en een in Arnhem. Nog vijf andere zijn in ontwikkeling. Voorlopig is dit initiatief nog niet voor consumenten bedoeld, dat volgt pas na de komst van een waterstof infrastructuur en een betaalbare prijs ([NOS.NL, 2013](#)). Op 28 oktober 2013 kopt Trouw: "Fiscale regels dwarsbomen introductie waterstofauto" en meldt dat Hyundai de introductie maar heeft uitgesteld ([Trouw, 28 okt 2013](#)). Op 18 januari 2016 meldt NOS.NL dat het ministerie van Infrastructuur en Milieu twee waterstof auto's in gebruik heeft genomen. Wel 500 km actieradius maar er zijn nog steeds maar twee waterstof tankstations in Nederland . . .

Opvallend is dat zich tegelijkertijd in Amerika een geopolitieke revolutie van een heel andere orde aan het voltrekken is. De opkomst van schaliegas en schalie olie zal de Amerikaanse afhankelijkheid van- en bemoeienis met de huidige olielanden sterk doen afnemen. Europa en dus ook Nederland lijkt traag in deze voetsporen te gaan volgen ([Wijk, 2013](#)).

Architecten hebben de bouw van nieuwe "energie neutrale" woningen als uitdaging inmiddels wel opgepakt met de "kaswoning" en "actief-huis" concepten. Een belangrijk punt is dat nieuwe huizen, ook die in jaren dertig stijl, tegenwoordig van meet af aan energiezuinig ontworpen zijn en oorspronkelijke jaren dertig huizen dat juist helemaal niet waren. Het ging in de jaren dertig om het fraaie uiterlijk terwijl het ontbreken van isolatie, de tocht en het energiegebruik niet belangrijk werden gevonden. Men lette op vakmanschap en fraaie afwerking. In de huizen die in de decennia er voor of er na gebouwd zijn was het overigens al niet veel anders.

Nu al weer enkele jaren bestaat het transitie denken over de bestaande woning voorraad tegelijk met een economische recessie. Banken zijn minder genegen te investeren in duurzame renovatie projecten terwijl de bouw daar nu juist kansen heeft. In 2010 is geïnventariseerd hoe hiermee in de omringende landen wordt omgesprongen. Nederland loopt duidelijk achter ([Schuurmans et al, 2010](#)). Er is een landelijk beleidsdoel geformuleerd dat tot 30% CO₂ reductie in 2020 zou moeten leiden. In een door Ecofys uitgevoerde studie in opdracht van Milieudefensie aan prijsvorming van CO₂ emissierechten wordt het "beleidsgat" voor de gebouwde omgeving op uitvoeringsniveau aan de kaak gesteld. Ook wordt voor gas en elektriciteit een prijsverhoging van

30% tot 70% als maatregel om consumenten in beweging te krijgen als noodzakelijk gezien (Geurts en Rathmann, 2010). Het vooralsnog te krap bemeten landelijk beleid voor duurzame energie is door de provincies overigens wel opgepakt en vertaald naar een “energie transitie model” (IPO,2010). De diverse mogelijkheden om duurzamer te worden in Nederland wedijveren nu met elkaar om aandacht, subsidie en toekomstperspectief. Het invullen van concreet beleid wordt hierdoor bemoeilijkt. Het Rathenau instituut heeft in 2011 een overzicht van de ontwikkelingen gepubliceerd om zo tot een betere basis voor beleidskeuzes te komen. Een belangrijke constatering is dat ‘vermindering van energiegebruik’ op zich niet als doel op nationaal niveau is gesteld (Naald en Opzeeland, 2015). Het energiegebruik groeit in 2011 nog steeds. Ook op de schaal van een enkel huishouden is dat het geval. De toename in diversiteit van elektrische apparaten wint het van de energie besparingen per soort apparaat. Ongeveer een kwart is ‘stand-by’ verbruik. ICT is een snelle stijger in het energiegebruik. Verder was de introductie van wasdrogers een belangrijke reden voor het nog steeds stijgen van het totale elektriciteitsgebruik in huishoudens. Energie gebruik voor warmte in woningen stabiliseert. De energiebesparing met HR ketels en isolatiemaatregelen in vooral nieuwbouw wordt teniet gedaan door de sterke groei van 1 persoonshuishoudens en royaal gebruik van warmte voor tapwater. Zuiniger apparatuur leidt tot royaler gebruik en minder potentieel voor verdere besparing. Zo lijkt besparen op spaarlampen met LED verlichting niet voldoende aantrekkelijk. Een verandering van gedrag van de bewoners is dus nodig -naast technische besparingsmaatregelen- om ‘rebound-effecten’ te voorkomen en verdere energiebesparing te kunnen bereiken (Jelsma, 2011). Pas in 2015 wordt stagneren van de groei van het energiegebruik geconstateerd (Rijksoverheid, 2015).

Als consument en als woningbezitter lijkt het financieel gesproken bovendien raadzaam de prijsstijgingen van gas en elektriciteit niet af te wachten. De inflatie wint het van de lage rente en dus kan kapitaal maar beter in duurzamer wonen geïnvesteerd worden.

Vraagstelling

De achterliggende kwestie is in hoeverre de nieuwe denkbeelden concreet zijn toe te passen op de bestaande woningvoorraad in Nederland. Waar Rifkin zich begeeft op wereldschaal, kijkt Rotmans naar Nederlandse oplossingen die een ommekeer in een stad, wijk of dorp beogen. Huurwoningen, corporaties en grootschalige projecten zijn het startpunt bij de aanpak van de bestaande woningen en kantoorgebouwen (Rotmans, 2012). De qua omvang belangrijkste operatie is echter het energiezuinig maken van de hele bestaande voorraad van circa 7.2 miljoen woningen (gegevens per eind 2011) (Statline.CBS.nl, 2013). De overheid stimuleert in 2012 particulieren met een eigen woning met bewustwording via o.a. energielabels en met subsidieregelingen. De categorie onzuinige vooroorlogse woningen, waartoe ook de jaren dertig woningen behoren, is met ruim 20% aandeel in de woningvoorraad groot en is bovendien voornamelijk in particulier eigendom (VROM, 2006). Kortom: vooral de particuliere woningbezitters zijn hier aan zet.

Bij het duurzaam maken op de schaal van een particuliere woning zijn nog diverse problemen te overwinnen. Zo blijken Nederlandse aannemers in 2007 nog niet over de benodigde kennis en onderaannemers in hun netwerk te beschikken om een bestaande woning bijvoorbeeld aan de ‘passive house’ norm aan te passen. Met de organisatie van dit type renovatie projecten is te weinig ervaring. Verder komt de dimensionering van balans ventilatie als een knelpunt voor gezondheid en comfort naar voren (Schilperoort, 2010). Begane grond isolatie en gevelisolatie blijven achter (VROM,2006).

Onderzoekers stelden aan de hand van renovatie projecten bij woningen uit de jaren zestig en zeventig vast dat de te bereiken energiebesparing met een thermisch rekenmodel goed te voorspellen is (Boxem&VanRee, 2009) (VanVelzen,2010). Diverse voorbeeldprojecten laten wel zien dat er een grote besparing op het gasverbruik alleen al door isolatie mogelijk is. Waarden van 75% besparing worden genoemd. In 2009 werd voor het eerst een woning uit 1909 gerenoveerd tot de 'passive house' norm. De aandacht van onderzoekers is tot op heden niet gericht op voorbeelden van renovatie aan jaren dertig woningen hoewel Nederlanders daar graag en veel in wonen (kennishuisgo.nl). Er zijn al pioniers met jaren dertig woningen aan de slag (Duurzame huizenroute.nl). Het typerende uiterlijk van de huizen is bewaard gebleven maar gas, elektriciteit en waterverbruik zijn verminderd maar niet 'nul' (Huisvolenergie.nl). Er is ook al een enkele jaren dertig woning aan een hoog-niveau-renovatie 'opgeofferd'. Het resultaat is weliswaar toekomstgericht maar doet qua uiterlijk in vrijwel niets meer denken aan de oorspronkelijke stijl en sfeer (Leistra, 2012). Een jaren dertig uiterlijk en een laag energiegebruik lijken hier wel haast strijdig met elkaar. Ook het eerste huis van de 100 die klimaatorganisatie Urgenda in Wormerveer gaat aanpakken is een jaren dertig woning (Nos.nl, 2015). Het fraaie oranje pannendak is half bedekt met blauwe zonnepanelen. Begin 2015 publiceert Urgenda een brochure met voorbeelden waarin 2 huizen uit de jaren dertig voorkomen. De gebruikte definitie van energieneutraal is "alle energie duurzaam wordt opgewekt op eigen grond" en in plaats van eerst maximaal te isoleren wordt de prioriteit bij "geen fossiele brandstof" gelegd. Deze 2 voorbeelden uit de jaren dertig op Texel hebben PV zonnepanelen, warmtepompen, boilervaten en elektrische geisers. Ook hebben ze een aanvullende bijstook-mogelijkheid in de vorm van een houtkachel (Urgenda, 2015).

Een jaren dertig woning is geliefd om het -vooral visuele- woongenot, maar is tegelijkertijd een zware last omdat er niet op energiezuinigheid is ontworpen. Een 'transitie' naar duurzaamheid doorlopen met een jaren dertig woning is daarom een zware opgave, zeker als het fraaie uiterlijk behouden moet worden. Een transitie van een jaren dertig woning is, zo gezien dus, als maatgevend te beschouwen, ook voor andere typen woningen in de bestaande woningvoorraad.

Over de ervaringen van pioniers met het duurzaam maken van een jaren dertig woning is bijzonder weinig te vinden. Deze 'case study' beschrijft een vier jaar durend transitietraject met een dergelijke woning met als belangrijkste aandachtspunt de ervaringen op de ingewikkelde weg die een woningbezitter als beginnening in duurzaamheidsland daarbij moet volgen. Daarbij is inzetten van de kwalitatieve onderzoeksmethodiek uit de medische en sociologische onderzoeksvelden van belang.

Methode

Ontwikkeling van de 'case study' methodiek

Een studie die diepgaand inzicht verschaft in de ervaringen van een pionier die een transitieproject aan een jaren dertig woning uitvoert in een complexe en dynamische omgeving kan het best uitgevoerd worden met de 'case study' methode. Deze methode is bekend geworden in de jaren 90. De basisprincipes en vereisten zijn opgetekend door Yin (Yin 1981) (Yin 1984) (Yin et al 2006). Er ontstonden in de medische hoek allerlei typen 'case study' zoals een beschrijving van een enkele patiënt, een zeldzame ziekte of een specifieke ingreep. Dit leverde antwoorden op vragen over het 'hoe' en 'waarom' terwijl er geen experiment werd gedaan maar een echte situatie werd onderzocht. Een 'case study' is algemener toepasbaar. Dit soort onderzoek is bruikbaar bij ingewikkelde maatschappelijke verschijnselen binnen afgebakende grenzen en kan verkennend, verklarend of beschrijvend van aard zijn. Er kunnen kwalitatieve en kwantitatieve gegevens worden verzameld en dat kan over een enkel geval of over een bepaald aantal gevallen gaan.

Om gegevens te kunnen verzamelen is een blauwdruk met een theorie, thematiek en structuur nodig. Er zijn diverse soorten instrumenten inzetbaar: documenten, registraties, open interviews, observatie en fysieke voorwerpen. Het resultaat van een 'case study' is een vergelijking tussen de theorie en de bevindingen die via een analyse worden beschreven of verklaard. Het beschrijven van de uitvoering van dit transitieproject is voor een belangrijk deel technisch van aard. De ervaringen van de auteur zijn dat juist niet terwijl dat laatste het verschijnsel dat bestudeerd wordt is. De inhoud van het relaas kwalificeert daarom als 'kritisch' (Yin 1994).

De case study aanpak werd in de loop van de tijd verfijnd en voor verschillende onderzoeksdoeleinden geschikt gemaakt. Vanaf 1998 begonnen er boeken over te verschijnen waarin een grote verscheidenheid aan technieken bijeen werd gebracht (Merriam 1998) (Yin et al 2006). Tegelijkertijd begonnen er mengvormen van kwalitatief en kwantitatief onderzoek te ontstaan (Gable 1994). Recente overzichtsartikelen onderzoeken de 'state of the art' van de methodiek (Zainal 2007) (Baxter et al 2008) (Pettigrew 1997). Uit deze groeiende variatie in 'case study' typen komen 5 toetsingspunten naar voren: uitdaging, context, strategie, resultaat en discussiepunten (Commonwealth 2010).

Orde op zaken stellen was hoog nodig want er waren in de begintijd veel misvattingen -over wat er wel en niet met een 'case study' mogelijk was- ontstaan, zowel bij onderzoekers als bij het publiek (Flyvberg 2011) (Gerring 2004).

Een indruk van de veelzijdigheid van de case study methode krijgt men al snel uit de literatuur. Interessante voorbeelden ter vergelijking uit andere werkvelden zijn: verpleging (Zucker 2001) de gebouwde omgeving (Johansson 2003), volkshuisvesting (Dankert 2011), onderzoek aan gezondheidszorg (Crowe et al 2011).

De ervaringen van de onderzoeker zelf, in zijn rol van pionier op het gebied van duurzaamheid van een jaren dertig woning, zijn verweven met die beschrijvingen en zijn opgedaan bij de vele afwegingen en keuzes.

In deze 'case study' is het relaas, over het uitvoeren van een transitieproject aan een jaren dertig woning, de 'drager' voor het 'fenomeen' van de pionierende woningbezitter en zijn ervaringen (Eisenhardt 1991).

Methodisch gezien is er daarom niet alleen sprake van een 'case study' maar is er ook een relaas dat ervaringskennis aandraagt, vergelijkbaar met die van cliënten en patiënten in de gezondheidszorg (Caron-Flinterman, 2005).

Een relaas is uit 'episodes' opgebouwd die kunnen uitmonden in een 'kritiek moment'. Een belangrijk verschijnsel is de verandering die de verteller van het relaas zelf kan ondergaan terwijl hij de voor hem belangrijke mijlpalen passeert (Taylor, 1983).

Het relaas kwalificeert ook als 'tegendraads' omdat het niet de dominante denkrichting volgt (Polletta, 1998).

Selectie van het type 'case study' en de instrumenten

Er is een algemeen 7 stappen schema op basis van een blauwdruk volgens Yin mogelijk. Die begint met een theorie vooraf en gaat dan achtereenvolgens verder met: keuze van instrumenten, op de theorie gebaseerd gegevens verzamelen, data analyse, formuleren van hypothesen, triangulatie met literatuurgegevens en tenslotte het formuleren van conclusies (Eisenhardt 1989).

Ook is er een 6 stappen schema voor algemeen gebruik in de literatuur te vinden: stel de onderzoeksvragen op, kies de cases en gegevens verzameling technieken uit, bereidt de gegevens

verzameling voor, veldwerk, evalueer en analyseer de gegevens en tenslotte rapporteer de bevindingen (Soy 1997/2006).

Opmerkelijk genoeg is er ook een 4 stappen schema : onderzoek ontwerp, uitvoering, analyse en het formuleren van aangetoond resultaat. De verzamelinstrumenten van Yin worden hierbij als bronnen voor bewijs gezien (Tellis 1997).

Een 'case study' leunt zwaar op het begin: de theorie. Dat moet een logisch model zijn dat aandacht aan de volgende aspecten: proces en context, identificatie van actoren, rollen en gedrag, verwachte veranderingen, actor strategie en functie, drijvende krachten, interacties tussen actoren. Gaat het over de persoon of over de gebeurtenis, hoe kun je als onderzoeker tegelijk open zijn en voorbereid, wordt de respondent beïnvloed, en tenslotte, zijn de gegevens betrouwbaar en relevant (Kohn 1997)?

Onderzoek aan het vier jaar durende transitieproject maakte een longitudinale aanpak nodig. De vergelijking tussen situaties in de loop van de tijd vormt hier de uitdaging voor de onderzoeker. Deze soort 'case study' wordt daarom wel aangeduid als 'time-series cross sectional' (TSCS). Omdat het hier een enkel geval betreft (transitie van een enkele woning) is een gedetailleerde beschrijvende studie de meest geschikte aanpak.

Omdat er geen oorzaak-gevolg relatie onderzocht wordt en geen bewijs van een hypothese getoetst wordt is deze 'case study' als *verkennend* te typeren.

De context waarin de 'time cross sections' worden gemaakt verandert omdat – bijvoorbeeld, onder andere – het kabinetsbeleid, de geopolitieke krachten, de economische situatie, het klimaat, de publieke opinie en de technologische ontwikkelingen op het gebied van duurzaamheid allemaal in beweging zijn. De 'time cross sections' hebben alleen betekenis als betrouwbaar bewijs wanneer ook de context zorgvuldig geregistreerd wordt.

De theorie moet als kader en blauwdruk geldig blijven gedurende de hele onderzoeksperiode. Belangrijke versturende factoren moeten tevoren geïdentificeerd zijn en constant gehouden worden. Dit borgt de vergelijkbaarheid tussen de 'time cross sections' (Gerring 2004).

In de discussie is aandacht nodig voor de vraag of het perspectief van de onderzoeker zou kunnen veranderen. Ook is het nodig te letten op de invloed van het moment waarop gestart en gestopt wordt met observeren en voor de snelheid van de waar te nemen verandering: volgen de gebeurtenissen elkaar zo snel op of veranderen de dingen zo langzaam dat ze niet gedetecteerd worden. Worden dingen niet gezien omdat de context mee verandert (Pettigrew 1990)?

Dit zijn gemeenschappelijke punten van zorg in verschillende longitudinale studies in: zakelijke netwerken (Halinen Törnroos 2005), communicatie in de gezondheidszorg (Stein et al 2005), informatie systemen (Dubé & Paré 2003), richtlijn ontwikkeling (Rousseau et al 2003), operations management (Voss et al 2002), productie prestatie meting (Bourne et al 2000).

In deze case study zijn de 'time cross sections' om praktische redenen aan het begin en aan het eind van de transitie gekozen, bij de start in oktober 2012 en aan het einde in oktober 2016. Gebaseerd op deze voorbeelden uit de literatuur en op de overweging dat het resultaat voor een groot publiek inzichtelijk moet zijn, is gekozen voor het gebruik van algemeen bekende kentallen om de duurzaamheidseigenschappen van de woning in transitie zichtbaar te maken.

Deze twee 'time sections' zijn echter niet bruikbaar om het te onderzoeken fenomeen - *de ervaringen van de pionier in duurzaamheidsland* - zichtbaar te maken.

Dat komt doordat de 'time cross sections' niet samenvallen met de kritische momenten in het relaas na elke door de auteur doorgemaakte episode. Een gedetailleerde beschrijving in de vorm van de tekst van het relaas en een systematische analyse daarvan zijn daar voor nodig.

Waar het transitieproject met kentallen in de twee 'time cross sections', begin en eind, wordt beschouwd, is het fenomeen van de ervaring van de pionier met behulp van een aantal thema's en – na analyse – een indeling in episodes en kritische momenten, inzichtelijk te maken.

Gegevens verzameling

- Literatuur – literatuur incl. 'grijze' literatuur, documenten, persberichten en internet bronnen
- Directe observatie – waarnemingen door de auteur en foto's
- Metingen – Verbruiksmetingen, aflezen meterstanden
- Rekenmodel – Berekening van warmteweerstanden door de schil van de woning per ruimte, berekening van kentallen voor en na de transitie (time cross sections)
- Kostenoverzicht – Registratie van alle transitiekosten
- Relaas – nauwgezette neerslag van ervaringen (met een check op de thema's) tijdens de transitie periode van 4 jaar ten behoeve van de analyse aan episodes en kritische momenten.

Data analyse

De veelsoortige verzameling gegevens is in Excel rekenbladen ondergebracht. Dat zorgt er voor dat tijdens de uitvoering van de 'case study' voortdurend zicht blijft op het verschil tussen de bereikte tussenstand en de beoogde doelen.

De literatuurgegevens zijn traceerbaar gehouden door middel van een volledige literatuurlijst. Waarnemingen en foto's zijn in het relaas opgenomen en dat is ook met de verbruiksmetingen tijdens het transitieproject gebeurd. Het effect van de genomen maatregelen komt daaruit duidelijk naar voren.

De inventarisatie van verbruikscijfers per apparaat in huis 1938 leverde een top 10 voor gas- en water verbruik op en een top 20 voor elektrische grootverbruikers. (Bijlage 1) Dat vormde de start voor een werkplan. De berekening van kentallen met het thermisch rekenmodel is erg belangrijk voor de resultaten. Het rekenmodel is daarom in bijlage 2 integraal opgenomen en in het relaas uitgebreid toegelicht. De kostenverantwoording en een eenvoudige terugverdientijd berekening completeren het geheel. De terugverdientijd van de genomen maatregelen is een indicator voor de mogelijkheid om ze lange tijd in stand te kunnen houden.

Kwaliteitscriteria

Overwegingen over de kwaliteit van een 'case study' gaan in het algemeen over validiteit en betrouwbaarheid (Devers, 1999). De methodiek heeft echter ook specifieke zwakke punten die aandacht nodig hebben zoals: gevoeligheid voor ethische problemen, tegenstrijdige belangen van onderzoekers en een gevoeligheid voor vooroordelen en sturende invloed tijdens het onderzoek. Deze gevaren zijn in deze 'case study' tegengegaan door zorgvuldige vaststelling van de onderzoek methode, het 'case study' type en de instrumenten, door gebruik van beproefde en erkende technieken en door een nauwgezette beschrijving en analyse van het relaas.

Verder is de vraag hoe de kwaliteit van het relaas zelf geborgd is. Een verhaal dat voor onderzoek wordt gebruikt moet immers 'het gevoel opwekken dat de beschreven ervaringen levensecht, geloofwaardig en mogelijk is' (Ellis et al, 2011).

De auteur heeft het onderzoek eigenhandig over de hele periode uitgevoerd. Dit borgt de interne consistentie van de studie. In de analyse is bovendien expliciet aandacht besteed aan veranderingen die zich bij de auteur zelf hebben voorgedaan.

Huis 1938

Praktijkervaringen bij de transitie van een typische jaren dertig woning is bij de beantwoording van de achterliggende vraag nuttig als voorbeeld. Deze 'case study' richt zich dan ook op de energie neutrale renovatie van een twee-onder-een-kap huis, ook wel aangeduid als 'kopwoning' of 'hoekwoning', gebouwd in 1938 op 363 m² grond en met een inhoud van 325 m³, gelegen in het midden van het land.

Met een grootte tussen die van luxe villa's en rijtjeshuizen uit de jaren dertig in is het daarmee een middenmoter met bovendien een groot besparingspotentieel (RIGO,2009). Dat maakt 'huis 1938' geschikt om als onderwerp in deze case study te fungeren, veel jaren dertig woningen – en andere woningen – zullen wat duurzaamheid betreft immers goed vergelijkbaar zijn.

Huis 1938 en de karakteristieke details van een jaren 30 woning naar Kingma (2012)

BUITEN

- | | | |
|----|-----|--|
| 1 | V | Baksteen met horizontale geleding en detaillering in metsel- en voegwerk |
| 2 | V | Kubistische vlakverdeling |
| 3 | V | Breed dak overstek met aansluitende vensterstrook |
| 4 | V | Vensters met roedeverdeling of glas in lood (hersteld in 2009 en 2013) |
| 5 | X | Bijzondere raamvormen (niet aanwezig) |
| 6 | V | Steile pan gedekte zadeldaken met hoge schoorstenen |
| 7 | (v) | Asymmetrie van twee-onder- een-kap woningen (beperkt) |
| 8 | V | Ambachtelijke details in houtwerk, zoals een voordeur |
| 9 | V | Ruime voor- en achtertuin met vijver, bloembedden, hagen, tuinmuurtjes |
| 10 | V | Hagen als erf afscheiding |

OVERGANG BUITEN-BINNEN

- | | | |
|----|-----|--|
| 11 | V | Erker in voorkamer met bloembakken buiten |
| 12 | V | Serre of tuinkamer met openslaande deuren (hersteld in 2010) |
| 13 | V | Voordeur: stoep, bloembakken en luifel (een luifel ontbreekt) |
| 14 | V | Bordes of terras met bloembakken, trap naar de tuin, tuilmuren |
| 15 | (v) | Balkon als extra buitenruimte (beperkt door lichtkoepels sinds 2009) |

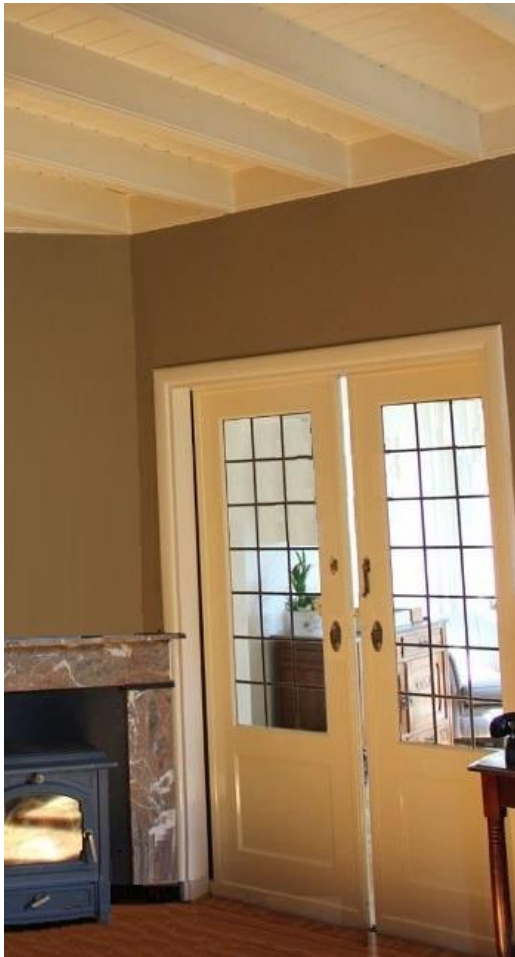
BINNEN

- | | | |
|----|-----|---|
| 16 | X | Kamer-en-suite indeling (is verwijderd in 1984, herstel is niet gepland) |
| 17 | V | Glas in lood ramen (hersteld in 2009) |
| 18 | V | Gedetailleerde afwerking van paneeldeuren en deurlijsten |
| 19 | (v) | Detaillering in plafondafwerking met rozetten en lijsten (alleen lamp kasten) |
| 20 | V | Gesneden trap paal en -leuningen (hersteld in 2014) |
| 21 | V | Keukenschouw |
| 22 | (v) | Diepe, grote kelder (er is een kleine kelderkast) |

De woning werd in 1938 buitenaf gebouwd, met een ligging aan de flanken van de Utrechtse heuvelrug en van een ruime tuin en groen voorzien. Deze hier verder kortweg 'huis 1938' genoemde woning paste zo dus in het architectonisch ideaal van toen. Van de 22 karakteristieke details die een jaren dertig huis binnen en buiten kan hebben (Kingma, 2012) heeft huis 1938 er in oktober 2012 nog 14. Nog eens 4 zijn ten dele aanwezig. Nog 2 zijn tijdens het project hersteld. Tenslotte zijn er 2 kenmerken niet of niet meer.

Het huis heeft sinds de bouw een groot aantal veranderingen ondergaan. De openslaande tuindeuren op de bouwtekening van 1938 zijn al vroeg door een groot raam vervangen. In de jaren zestig zijn er een CV ketel en een reeks radiatoren in aangebracht. De glas in lood bovenlichten zijn rond die tijd vervallen ten gunste van grote ramen. Het kolenhok achter aan de schuur is afgebroken. De voor- en achterkamers en-suite zijn in 1984 samengetrokken. De schuifdeuren en de schouw met schoorsteen in de achter kamer zijn rond diezelfde tijd verwijderd.

In de woonkamer is rond 1995 een gipsblokken voorzetwand tegen de tussenmuur met het buurhuis gezet ter vermindering van de gehorigheid. De achterzijde van het huis is vanaf 1990 in drie fasen uitgebreid: eerst vanuit de bijkeuken naar het schuurtje achter het huis waarin een Nefit HR-CV ketel



De oorspronkelijke kamer en-suite met schouw in de woonkamer



De oorspronkelijke trapleuning met granito vloer in de hal bij de voordeur

staat opgesteld, dan rond 2000 naar een uitbouw verder in de tuin vanuit het schuurtje en tenslotte in 2007 werd een kleine uitbouw van woonkamer en keuken aan de achtergevel toegevoegd. De

oorspronkelijke openslaande tuindeuren zijn daarbij in ere hersteld. Het volume is vanaf dat moment 415 m³. In 2009 zijn nieuwe glas in lood bovenlichten geplaatst.

In de tuin zijn in de loop van de tijd een bordes met een Venetiaanse balustrade, een tuinhuisje in Limburgse vakwerkstijl, een werkplaats met potdeksel betimmering, een veranda op het zuiden en een kleine plantenkas met een glazen punitdak verrezen, allemaal onverwarmd.

Aan enkele kenmerken die in oktober 2012 niet meer aanwezig zijn is herstelwerk voorzien. Dit geldt voor de gesneden trap paal en leuning waarvan de juiste maten en de hang en sluitwerk details nog bekend zijn. Ook voor de rond 1995 verwijderde roedeverdeling in het raam in de hal is herstel goed mogelijk. Herstel van de en-suite deuren in de woonkamer zal worden onderzocht.

De bijzondere raamvormen en een diepe grote kelder zijn al vanaf voor de bouw niet in het ontwerp opgenomen geweest. Het alsnog aanbrengen hiervan is niet voorzien.

Er is wel een gemetselde bloembak bij de voordeur maar een luifel was niet in het oorspronkelijke ontwerp uit 1938 opgenomen. Het aanbrengen van een luifel aan de voorgevel vereist geen omgevingsvergunning volgens een online check bij de gemeente op 11 augustus 2013. Een luifel zou bovendien een praktische nuttige toevoeging aan huis 1938 zijn. Voor een luifel werd in de jaren 30 veelal aansluiting gezocht bij de erker. Ook werd de voordeur wel in een nis in de gevel geplaatst. Een mooi, praktisch en esthetisch passend luifel ontwerp bij huis 1938 is echter niet voorhanden. Er zijn verder in de loop van de tijd enkele typerende details uit de woning verwijderd die niet als stijlkenmerk door [Kingma \(2012\)](#) zijn genoemd. Voorbeelden daarvan zijn: de schouw van marmer en hardsteen platen in de achterkamer, de granito aanrecht met loden afvoerpijp en een beglaasd



aanrechtkastje op poten in de keuken, de zinken hemelwater afvoeren en de ingebouwde kasten op de slaapkamers aan de voor en achterzijde. Ook enkele 4 pans gietijzeren dakraampjes zijn in de loop van de tijd verwijderd wegens tocht en lekkage. Deze zijn door betere, mooiere en meer praktische oplossingen vervangen en zullen niet meer naar de oorspronkelijke vorm worden teruggebracht.

Er zijn verschillende vormen van isolatie aangebracht in de loop van de tijd: dubbel glas in bijna alle ramen en 5 cm polystyreen schuim isolatie onder het dak, onder een deel van de vloer op de begane grond en aan de half steens muren in de uitbouw. Huis 1938 benadert, voor wat het buitenoppervlak en de warmtehuishouding betreft, de situatie van een vrijstaand huis. Eind 2009 is het energielabel van huis 1938 officieel vastgesteld: nog net binnen niveau C, tegen de grens met D. De energie index bedraagt 1,48 ([Zoekuwenergielabel.nl](#)).

Huis 1938 bij aankoop in 1984

IV Ontwerp

Algemene eisen

Het revolutie denken van Rifkin, de technieken toegepast in het 'passive house' en het 'energie neutrale huis' uit het transition denken staan model voor de doelstelling bij de decentrale systeem aanpak van 'huis 1938' in deze case studie. Niet al de technieken die in het kader van deze benaderingen zijn ontwikkeld of bedacht zijn direct toe te passen. Toch kan men een jaren dertig woning met de nu beschikbare technieken veel zuiniger met energie maken, die energie ook ter plaatse opwekken en via een netwerk die energie delen. Technieken voor waterstof opslag en voor brandstofcellen met waterstof voor de toepassing in huizen en auto's zijn nog niet uitontwikkeld en nog niet goed op de markt verkrijgbaar. Waterstof tanken langs de weg is nog niet mogelijk (Tweede Kamer, 2010). Thuis opslaan van energie in bijvoorbeeld accu's in de tussentijd is technisch wel mogelijk maar (nog) niet noodzakelijk. De thuis opgewekte overtollige energie kan nu nog worden afgegeven aan het 220 Volt net. Het volgens Rifkin's visie delen van energie via verbeteringen aan het huidige 220 Volt net als veelzijdig en flexibel 'smart grid' ligt het meest voor de hand (Hatzigiorgiou et al, 2007). Het huis loskoppelen van het 220 Volt net zou toch wenselijk kunnen zijn bij storing of bij veranderingen in de nuts-infrastructuur of in de regelgeving. Een eigen energie opslag met dat doel inzetten zou dus wel in de toekomst handig zijn, net als aankoppelen van een bio-diesel noodaggregaat. Een laad/afgifte punt voor een elektrische auto moet dan ook kunnen worden ingepast. Het gebruiken van een elektrische auto is in deze case studie niet meegenomen.

Voor de dimensionering van het huis 1938 systeem is uitgegaan van de gegevens van de nutsbedrijven over het gas, water en elektriciteit jaarverbruik per 1 oktober 2012.

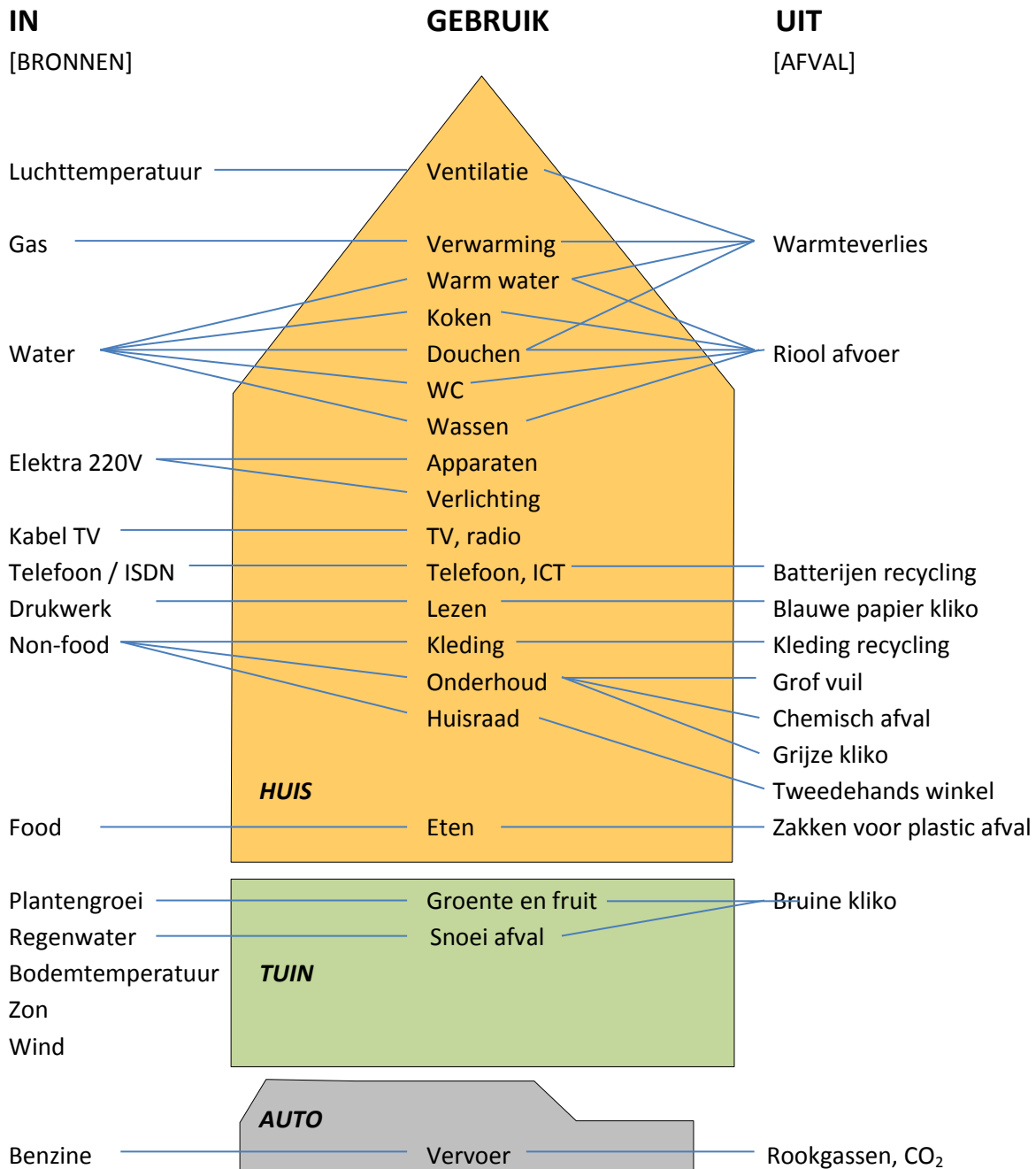
De aanpak volgt in grote lijnen die van de *trias energetica* : 1-beperk de energievraag, 2-kies duurzame energie en 3-pas dan nog noodzakelijke fossiele brandstoffen zo schoon mogelijk toe (Lysen, 1996). Bij stap 2 is bovendien voor opwekking ter plekke gekozen (Witkamp et al, 2011).

De onderdelen van het systeem moeten eenvoudig uit in de handel verkrijgbare materialen te maken zijn of als component verkrijgbaar zijn. De apparatuur moet eenvoudig te bedienen zijn en gezond en veilig in het gebruik. Onderhoud aan delen er van moet mogelijk zijn terwijl de rest blijft werken. Het geheel moet tenslotte aan de regelgeving voldoen. Dat betekent dat ook goedkopere zonnepaneel stroom van een boer een paar kilometer verderop via het 220Volt net betrekken niet is overwogen. Het elektriciteitsnet mag hier immers niet voor worden gebruikt (BoerzoektBuur.nl).

Ook is uitgegaan van behoud van comfort. De doelstelling 'comfortabel' is passief opgevat: bij de realisatie van het gestelde doel mag het wooncomfort niet nadelig worden beïnvloed. Als bijvoorbeeld door betere isolatie de luchtsnelheden in huis afnemen en er minder koude lucht over de vloer stroomt wordt het comfort zelfs beter. Als er andere handelingen nodig zijn, bijvoorbeeld een grijs waterkraan gebruiken, is dat neutraal voor het wooncomfort verondersteld. Als er een week op nieuw schoon water moet worden gewacht om te kunnen wassen of douchen zou dat een onwenselijke vermindering van comfort zijn. Wubbo Ockels zag duurzaamheid en comfort ook als samen te realiseren aspecten bij de ontwikkeling van zijn schip de Ecolution (Wadduurzaam.nl).

Het doel van dit project is de transformatie van huis 1938 tot een duurzame, energie neutrale en comfortabele woning. Daarin tastbaar en decentraal energie op wekken en die te delen via een 'smart grid' maakt het huis toekomst bestendig. Het gedachtengoed rond "stadslandbouw", waarbij in en om het huis ook groente, fruit en (pluim)vee een plaats krijgen en de auto op biobrandstof uit algenkweek op het dak rijdt, lijkt ten tijde van de start van de transitie in huis 1938

nog grotendeels onbereikbaar (Wiskerke, 2014). Op het vlak van eetgewoonten, afvalscheiding, regenwateropvang en de “eetbare tuin” zijn echter wel concrete stappen vooruit te maken. Het begin van het werk is een beeld krijgen wat er allemaal in en uit het huis 1938 huishouden stroomt. Dat blijkt heel wat te zijn als het uiteindelijk in beeld is gebracht. (zie figuur hieronder)



Oktober 2012 - Overzicht van de stromen IN en UIT het huishouden in Huis 1938.

Binnen al deze stromen is het nu zaak om vast te stellen waar de meeste gas, elektriciteit en water aan op gaat. Omdat het verbruik vaak een zeer grillig patroon kent is het verzamelen van gegevens

over een langere periode nodig om inzicht te verkrijgen. Omdat ook seizoenen een sterke invloed hebben op verbruikscijfers is het jaarverbruik een handige maatstaf.

Jaarverbruik

Het inventariseren van alle soorten verbruik in een huishouden is geen kleine opgave. Zoals in een gemiddeld huishouden in Nederland gebruikelijk is valt er 's morgens een krant, post en reclame drukwerk op de mat en worden er boodschappen voor het eten en af en toe voor kleding, schoeisel en de inrichting gedaan. Die zijn minder belangrijk voor het energiegebruik. Wel komen deze spullen na gebruik terecht in het afval en in de lozing op het riool en hebben daarmee een effect op het milieu. Het afval gesorteerd aan de gemeente afleveren is al ver doorgevoerd in de gemeente waar huis 1938 staat. Bio-, papier-, rest-, plastic-, batterij-, grof-, kleding-, glas- en chemisch afval zijn van bijpassende containers, bakken, zakken, brengpunten en ophaaldiensten voorzien. Hergebruik in het doe-het-zelf is er al 30 jaar traditie. In het hier onderzochte huishouden zijn de afvalstromen, behalve afvalwater naar het riool, verder niet in detail beschouwd. Anderen zijn daarin al zeer ver gevorderd en weten de afvalstroom uit hun huishouden tot vrijwel nul te reduceren. Vooral onverpakt voedsel kopen en het boek van Bea Johnson getiteld "Zero waste home" volgen leidt hier tot succes ([Trouw, 30 april 2014](#)) ([Johnson, 2013](#)). Niet dat dat dus geen geschikt onderwerp zou zijn maar het gaat in deze 'case study' om niet minder dan het reduceren van het elektriciteit, gas en water verbruik tot nul.

Elektriciteit is de meest divers toegepaste energiebron in huishoudens. In 'huis 1938' zijn ruim 100 elektrische apparaten voor allerlei toepassing geïdentificeerd. Met 2551 kWh per jaar totaal is het jaarverbruik lager dan gemiddeld (3300 kWh) voor een Nederlands huishouden en ligt tussen dat van een 1 persoons- (2120 kWh) en dat van een 2 persoons- (3400 kWh) huishouden in.

Het verbruik van aardgas voor verwarming, warm water en koken bedraagt 2536 m³ per jaar. Dit is hoger dan het landelijk gemiddelde (1800 m³) voor een huishouden, hoger dan dat van een twee onder een kap (1750 m³) en het is zelfs meer dan dat van een vrijstaand huis (2350 m³).

Het waterverbruik bedraagt 97.3 m³ per jaar. Toilet, douche en keuken zijn de belangrijkste oorzaken voor deze hoeveelheid. Een klein deel van het kostbare drinkwater wordt zelfs buiten in de tuin verbruikt. Het waterverbruik is laag ten opzichte van het gemiddelde per Nederlands huishouden (182 m³) maar niet erg afwijkend van het gemiddelde verbruik per tweepersoons huishouden (91 m³) ([energiewereld.nl](#)) ([energiedirect.nl](#)) ([gemiddeldgezien.nl](#)) ([milieucentraal.nl](#)) ([gaslicht.com](#)) ([nibud.nl](#)). De jaarverbruikscijfers in huis 1938 zijn opgenomen in bijlage 1.

Rekenmodel

Het elektriciteit-, gas- en waterverbruik is eerst per apparaat nauwkeurig bepaald. Hiervoor zijn stroomverbruik metingen gedaan met behulp van een Wattmeter Alecto EM-16 ([Alecto.nl](#)), water volumemetingen met een 1 liter maatbeker, verder waren een stopwatch, aflezingen van gasmeter- en watermeter standen nodig. Ook zijn diverse tijd/verbruik metingen gedaan om apparaten met een duty cycle of onregelmatig, laagfrequent en kortstondig gebruik, nader te onderzoeken. Van belang is bijvoorbeeld hoe lang de lampen branden en dat verschilt sterk per plaats en door het jaar heen. De verzamelde gegevens zijn bijeengebracht in aparte Excel rekenbladen voor gas, water en elektriciteit. Het uiteindelijke verbruikstotaal in de inventarisatie komt binnen 5% nauwkeurig overeen met de werkelijke jaarverbruik cijfers per 1 oktober 2012, aan het begin van deze 'case study'.

	Elektriciteit [kWh]	Gas [m³]	Water [m³]
Verbruiksgegevens	2551	2536	97,25
Inventarisatie in het model	2660	2591	96,63
Verschil	+4.2%	+2.1%	-0.6%

Dit model is voldoende nauwkeurig om er voorspellingen van de effecten van verandering in het gebruik mee te kunnen doen. Er is vervolgens een rangschikking van alle apparatuur op respectievelijk afnemend elektriciteit-, gas- en waterverbruik gemaakt. Dit leidde tot de volgende observaties.

Elektriciteit

Uit de rangorde in het elektriciteitsverbruik komen enkele opvallende zaken naar voren. De pomp van de hoog rendement (HR) centrale verwarming (CV) ketel blijkt de op 1 na grootste verbruiker van elektriciteit te zijn. Koelkast, koffiezet apparaat, fornuis, flat screen LED TV, stofzuiger, strijkijzer en wasmachine eindigen ook in de top 10 op de verbruikslijst. Opladers voor de elektrische fietsen staan hier ook bij. De droogtrommel en de magnetron volgen op 11 en 12. Een aantal plafonnieres en spotjes op schilderijen staat er in verspreid op plaatsen tussen 10 en 20. Onverwacht staat de elektrische deurbel er in op de 19^e plaats. De meest gebruikte computers staan op plaats 20 en 21.

Water

Het waterverbruik wordt grotendeels bepaald door het aandeel van 46% voor douchen en 38% voor het doorspoelen van de wc's. Er na volgen -op afstand- de aanrechtkraan en de wasmachine met elk circa 6%.

Gas

Bij het gasverbruik is het de HR CV "combi" ketel die voor verwarming en warm tapwater maar liefst 92% van het gas verbruik voor zijn rekening neemt. De overige 8% neemt het gasfornuis voor het koken af. Voor warm tapwater in douche en keuken is berekend dat daarvoor binnen de 92% circa 21% van het gas nodig is. Dit laat 71% voor verwarming over zonder duidelijk zicht op de details van dit verbruik. Voor het begrijpen waar dit overgrote merendeel van het gasverbruik heen gaat was nader onderzoek van de warmtehuishouding nodig. Een gemiddeld huis verliest tussen 10% en 20% van de opgewekte warmte via ventilatie. De overige 80% tot 90% van de opgewekte warmte gaat op aan verliezen naar de omgeving via rookgasafvoer, vloer, muren, dak en vensters (reynaertenergieadvies.com) (ab-iso.be) (isolatiecompany.nl) (isolatiewerkenafp.be) (mbmgevelwerken.be) (climaxi.be). Huis 1938 heeft nogal wat kieren die, als het waait, voor flink wat tocht zorgen. In alle kozijnen zitten ventilatie openingen met insectengaas achter een bijna altijd openstaand regelschuifje. Verschillende ramen staan altijd een beetje open op een haakje. De vloer met kruipruimte en het dak zijn van een 5 cm polystyreen schuim isolatielaag voorzien. Toch is het 's winters niet echt comfortabel in de woonkamer, koude voeten en een tochtig gevoel gaan niet weg als de verwarming hoger staat. Meer en betere isolatie lijkt belangrijk en meer inzicht in warmteverliezen lijkt dat ook.

Warmteverliezen

Een verfijning aan het rekenmodel was nodig om de verdeling van de verlieswarmtestromen door de buitenoppervlakken van 'huis 1938' nader te bepalen. Er zijn hiervoor rekenmodellen verkrijgbaar op

internet, met name het Passief Huis Projecterings Pakket PHPP 2012 (200 euro) (passiv.de) en PHVP 2002 (gratis) (ikgapassiefbouwen.be). Ook enkele isolatiemateriaal leveranciers en adviesbureaus hebben een rekenmodel online dat hiervoor toepasbaar is (Kingspaninsulation.nl) (isover.nl) (ekbouwadvies.nl) (wienerberger.be). De opzet van deze rekenmodellen volgt de rekenvoorschriften uit een norm (NEN 1068) maar leveranciers gebruiken niet altijd precies dezelfde materiaal eigenschappen in hun commerciële informatie. In deze studie is daarom bij de voorbereiding voor een eigen rekenmodel op basis van de werkelijke indeling, afmetingen, constructies en een set consistente materiaaleigenschappen en K-waarden in huis 1938 gekozen.

Polystyreenschuim (EPS) is in de jaren tachtig op zolder, in diverse voorzetwanden en onder de vloer in de kruipruimte toegepast omdat het een volledig te recycleren stof is (Synbra.com). De toen gekozen 5 cm dikte blijkt onvoldoende. Hoe dik is wel voldoende? En hoe belangrijk is de keuze van het daarbij gebruikte soort materiaal? Wat te doen met de grote woning scheidende wand naar de burelen?

De laatste vraag blijkt het snelst te beantwoorden. In het door de branche opgestelde Handboek Gevelisolatie (Lgsi.nl, 2013) is daarover advies te vinden. De wand naar de burelen is thermisch te verwaarlozen. De burelen stoken hun huis op ongeveer dezelfde manier en door de scheidingsmuur stroomt dus geen warmte omdat aan de andere kant dezelfde temperatuur heerst. Verder is er in dit LGSi handboek een tabel met warmtegeleidingscoëfficiënten λ voor veel gebruikte bouwmaterialen opgenomen. Isolatie is meestal opgesloten tussen andere materialen en dus spelen ook contactovergangen, vochtgehalte en ingesloten luchtlagen in principe een rol. Hier is hun bijdrage verwaarloosd, behalve bij meerlaags glas en bij vocht in het buitenblad en de spouw. Warmte stroomt van een warme plaats naar een koude plaats. Een stroom ondervindt weerstand in materialen die goed isoleren. Er is aan warmtestroming te rekenen met een rekenmodel dat uit formules bestaat.

De “R-waarde” is de weerstand die een warmtestroom Q ondervindt, als die door een “stroombuis” in materiaal met een doorsnede van 1 m^2 stroomt. R wordt uitgedrukt in $\text{meter}^2 \cdot \text{Kelvin} / \text{Watt}$. In praktijk is er doorgaans een meerlaagse constructie waar de warmte doorheen stroomt, de afzonderlijke R-waarden telt men dan op. Een laag met dikte d van materiaal met warmtegeleidingscoëfficiënt λ draagt bij aan de totale R-waarde van een wandconstructie met een waarde: $R(\text{laag}) = d / \lambda$. Verder wordt dan de totale R-waarde voor de constructie bepaald met $R_c = R(\text{laag1}) + R(\text{laag2}) + R(\text{laag3}) \dots$. De onnauwkeurigheden in de uitvoering worden in de norm met een factor α beschreven, in de meeste gevallen leidt dat tot een 5% hogere R_c waarde (NEN 1068).

Waar een R waarde handig is voor rekenen aan constructies die uit meer lagen bestaan is de U waarde handig bij het rekenen aan combinaties van constructies om een ruimte of om het hele huis heen, de ‘schil’ waardoor het warmteverlies plaatsvindt. De U-waarde voor een vierkante meter constructie type x is te berekenen uit $U_x = 1/R_x$.

De warmtegeleiding C_{totaal} uitgedrukt in Watt/Kelvin, vanuit het huis naar buiten voor alle verschillende constructies en hun oppervlakken $A_1, A_2, \dots, A_n$ samen is dan te berekenen uit:

$$C_{\text{totaal}} = U_1 \cdot A_1 + U_2 \cdot A_2 + \dots + U_n \cdot A_n$$

In praktijk willen verwarmingsbedrijven graag weten hoe het per kamer zit. Dat maakt een inventarisatie van het aantal warmte afgifte punten en hun benodigde capaciteit mogelijk. Waarden voor $C_{\text{kamer},n}$ kunnen op de zelfde manier worden bepaald.

Het temperatuurverschil tussen binnen en buiten is gelijk aan $\Delta T = (T_{\text{binnen}} - T_{\text{buiten}})$. Vaak neemt men hiervoor -om een jaargemiddelde te bepalen- een temperatuur van 20 graden Celsius

binnen en 8 graden Celsius buiten, ΔT is dan 12 graden. Als men de maximale benodigde capaciteit van een verwarming wil bepalen is een extreme buiten temperatuur van -24 graden Celsius belangrijk, dat is af en toe in Nederland het koudste moment in het jaar.

Ook kan met deze formules bijvoorbeeld de invloed van het 'een graadje lager zetten van de thermostaat' worden berekend. Het rekenmodel is opgenomen in bijlage 2.

Kentallen

Kan huis 1938 de vergelijking met een norm zoals een duurzaam en energiezuinig 'earthship', een 'passive house' of een volgens de huidige bouwvoorschriften gemaakt 'energie-neutraal' nieuwbouwhuis doorstaan? Een maatstaf voor de prestaties van het huis zelf moet met verschillende factoren rekening houden. Algemene kenwaarden zoals ecologische voetafdruk en nutskosten bevatten elementen die door gedrag van de bewoners worden bepaald. In de eerste plaats moeten de eigenschappen van de woning dus van het gedrag van de bewoners worden gescheiden. Daaruit ontstaan kentallen die de technische prestaties van de woning aangeven. Om energieverbruik voor warm tapwater te kunnen onderscheiden van verwarming is een nauwkeurige bepaling van warmteverliezen is nodig. Alleen meterstanden aflezen volstaat niet.

De voor de hand liggende methoden hiervoor zijn: berekening via het thermisch rekenmodel, een gemiddelde energiebalans over het stookseizoen en de "warmtehandtekening" die vanwege nauwkeurigheid pas na meerdere seizoenen te bepalen is. Een vergelijkend onderzoek bij dertien woningen laat zien dat deze drie methoden voor continu bewoonde huizen goed vergelijkbare resultaten opleveren (Koene, 2012).

De "warmtehandtekening" beschrijft de relatie tussen buitentemperatuur en benodigde stookwarmte. Bij lagere buitentemperatuur neemt de stookwarmte toe. Over een aantal jaren meet men deze waarden in een woning door bijvoorbeeld weekgemiddelden van warmtevraag en buitentemperatuur te bepalen. In eerste benadering is de steilheid van de 'best fit' rechte lijn, getrokken door de gevonden puntenwolk, een maat voor de warmteweerstand van de woning tussen binnen en buiten. Er is behalve een zeer lange meet tijd ook een aanzienlijke spreiding in de puntenwolk die nauwkeurig en snel meten van het effect van een verbetering aan een woning verhindert. Tenslotte is meten in een verbetertraject van enkele jaren via deze methode ook schieten op een bewegend doel, immers de warmteweerstand wordt steeds groter door extra isolatiemaatregelen. Deze methode is te vergelijken met de "stooklijn" die in een met de buitentemperatuur aangestuurde CV installatie gebruikt. Deze lijn komt wel sneller tot stand: binnen enkele maanden van het stookseizoen is de steilheid van de lijn over een groot deel van het buitentemperatuur bereik bepaald.

De methode via de energiebalans over een stookseizoen is ingewikkeld. Ventilatie, wind en regen, invallend zonlicht, gedissipeerd elektrisch vermogen, aanwezige personen die warmte afgeven, het zijn allemaal verstorende factoren die het zicht op de eigenschappen van de woning zelf belemmeren.

Verreweg de eenvoudigste methode is het thermisch rekenmodel waarin constructiedetails, oppervlakken en U-waarden voor de woning zijn opgenomen.

Dit alles leidt tot acht bruikbare kentallen:

Het *warmteverlies* voor een heel huis is met het rekenmodel te berekenen met : $Q_{\text{verlies}} = \Delta T_{\text{gem}} \cdot C_{\text{totaal}}$

Bij een binnentemperatuur van 20 graden en een buitentemperatuur van 8 graden gemiddeld over het jaar levert deze formule een waarde voor $Q_{\text{verlies}} = 8.3 \text{ kW}$ bij het begin van het project op. Dit is een belangrijk eerste gegeven over de energieprestatie van huis 1938.

Een huis krijgt na het aanbrengen van meer thermische isolatie een betere 'energieprestatie'. Het heeft dan minder energie nodig om op dezelfde binnentemperatuur gehouden te worden. Bij een gelijkblijvende isolatie kan ook zuiniger apparatuur om dezelfde hoeveelheid warmte op te wekken ingezet worden. Ook dan verbetert de energieprestatie. Dit dualistische karakter benadrukt het belang van de trias energetica. Een zuinige warmtepomp plaatsen in een slecht geïsoleerd huis geeft te denken omdat er immers warmte weglekt die nooit opgewekt had hoeven worden als het huis wel goed geïsoleerd zou zijn. (Opvallend hier is de afstand die Urgenda in 2015 neemt van de trias energetica in de overtuiging dat snel verminderen van het fossiele energie gebruik voorrang moet hebben ([Urgenda, 2015](#)).

Een tweede kental is de *globale K-waarde* uitgedrukt in $\text{W/m}^2\text{K}$. In normen stelt men aan de globale K-waarde een eis met behulp van het maximaal toelaatbare *K-peil*. Zo bouwt men bijvoorbeeld nieuwbouw huizen met als norm een K-peil K45. Hiermee wordt bij een gemiddeld huis bedoeld een globale K-waarde van $0.45 \text{ W/m}^2\text{K}$. Een passief huis heeft een K-peil tussen K10 en K20. Deze indicator geeft aan hoeveel warmte er nodig is per m^2 verliesoppervlak om het huis op temperatuur te houden en is niet afhankelijk van installatie of de manier van gebruiken door de bewoners. De K-waarde is de gemiddeld in de woning bereikte U waarde voor alle constructies en oppervlakken samen. Deze ook van het binnen-buiten temperatuurverschil onafhankelijke 'isolatie' waarde is te berekenen met:

$$\text{Globale K-waarde} = C_{\text{totaal}} / A_{\text{verlies}}$$

Hierin is voor huis 1938 bij het begin van het project:

C_{totaal} De totale warmtegeleiding door de buitenschil in W/K (693. W/K)

A_{verlies} Het buitenoppervlak van de woning waarvoor de warmteverliezen gaan ($313. \text{m}^2$)

In het begin van het project was de globale K-waarde $2.21 \text{ W/m}^2\text{K}$, vastgesteld met getallen uit het rekenmodel.

Een hiervan afgeleid derde kental, het *K-peil*, neemt de grootte van de woning mee. Het K-peil is voor verschillende groottes van woningen vervolgens te berekenen uit:

$$\text{K-peil} = F * \text{Globale K-waarde}$$

Hierin is F een correctiefactor voor de grootte van de woning. Voor de verhouding $\text{Volume} / A_{\text{verlies}} \leq 1$ neemt men $F=100$. Tussen 1 en 4 neemt men F variabel van 100 afnemend naar 50, en boven 4 blijft $F=50$. Een handige K-peil rekenhulp is van het internet te downloaden ([Baksteen.be](#)). Voor huis 1938 is met een Volume van 415 m^3 en een verliesoppervlak van $313. \text{m}^2$ de verhouding $\text{Volume} / A_{\text{verlies}} = 1.32$ en dus wordt $F= 95$. Het K-peil aan het begin van het project wordt daarmee vastgesteld op afgerond K210. Een check met de gedownloade rekenhulp en de rekenmodel gegevens levert afgerond K160 als resultaat op.

Voor bestaande huizen is het in Nederland bij wet geregelde *energielabel* een vierde maat voor de prestaties. Energiezuinigheid is met de letters A t/m G aangegeven. A is zuinig, G is zeer onzuinig. Er is veel kritiek op dit label omdat de achterliggende reken methode niet met de Europese regelgeving klopt en er weinig ambitie tot besparing in zit. Een energieneutraal huis komt een stuk lager dan "A" en dus buiten deze schaal terecht. Er is daarom een uitbreiding met A+, A++, enzovoorts, gemaakt ([energieprestatiecertificaat.nl](#)) ([energiesubsidiewijzer.nl](#)). Voor huis 1938 is in 2009 het energielabel

door een adviesbureau vastgesteld als: “C, tegen de grens met D”. Dit label neemt onder de kentallen een bijzondere plaats in omdat het door een onafhankelijke partij wordt bepaald.

Ter onderbouwing van het energielabel van een huis berekent men vanaf 1998 de *energie index* (EI) (kbi.nl), een vijfde kental. Deze gecompliceerde methode die, uitgaand van standaard bewonersgedrag, houdt met de constructie van het gebouw en de aard van de installatie rekening. Deze index bevat een opmerkelijke koppeling tussen installatie en warmteverlies en is daarom onderwerp van kritiek. Er is wel een invloed van de grootte van een woning in verwerkt. Er zijn ook benaderingsformules in gebruik die installatie verschillen niet meenemen. Een voorbeeld is:

$$\text{Energie-Index} = Q_{\text{totaal}} / (155 \times A_{\text{vloer}} + 106 \times A_{\text{verlies}} + 9560) \quad (\text{BouwPlanABC}, 2012),$$

waarin voor huis 1938 bij het begin van het project:

Q_{totaal} = totaal energiegebruik van het gebouw (gas en elektra) (96925 MJ)

Het invullen van de formule vereist bepaling van het totale energiegebruik in Mega Joule. In oktober 2012 bedroeg het gasverbruik 2500 m³ per jaar en het elektra verbruik 2500 kWh per jaar. Voor omzetten naar MJ is uitgegaan van een conversiefactor voor 1 m³ gas van 35,17 MJ (bovenwaarde) en voor 1 kWh elektriciteit van 3,6 MJ (Energieconsultant.nl). Er is aan deze cijfers ook te zien dat besparen van een m³ gas een 10x grotere impact op de EI Energie Index heeft dan besparen van een kWh.

Invullen van de formule leidt tot $Q_{\text{totaal}} = 2500 \times (35,17 + 3,6) = 96925$ MJ.

A_{vloer} Het gebruiksoppervlak in de woning in m² (177. m²)

A_{verlies} Het buitenoppervlak van de woning waarvoor de warmteverliezen gaan (313. m²)

Met deze getallen wordt de Energie index van huis 1938 in oktober 2012 volgens de benadering:

$$EI = 2500 \times (35,17 + 3,6) / (155 \times 177 + 106 \times 313 + 9560) = 96925 / (26815 + 33178 + 9560) = 96925 / 69553 = 1,38.$$

Deze waarde klopt ongeveer met het energielabel C dat in 2009 is afgegeven.

Een zesde kental is de *energie prestatie coëfficiënt* (EPC) voor een nieuwbouwhuis, in gebruik sinds 1995. Deze gecompliceerde berekening volgens norm NEN 7120 levert een dimensieloze waarde op die met een grenswaarde (vanaf 2011 is deze 0,6 en vanaf 2015 wordt het 0,4) als eis in het Bouwbesluit wordt vergeleken. Er zit ook hier een cijfermatige waardering voor zowel het gebouw als de technische installatie in de berekening. Woningen en utiliteitsgebouwen hebben verschillende schalen (NEN 7120) (Bouwbesluit). Er is een software programma (EPCheck v3.0) beschikbaar waarmee deze rekensom te maken is. Met de EPCheck v3.0 en V3.11 software blijkt na downloaden en installeren niet eenvoudig te werken, belangrijk obstakel is dat er een startbestand en XML software ontbreekt. Dit is werkterrein voor adviseurs. Een berekening is daarom niet uitgevoerd.

Schaalwaarden van respectievelijk K-peil, Energielabel, Energie index(woningen) en EPC (België) onderling globaal vergeleken.

zuinig									onzuinig
K10	K20	K45							
A++	A+	A	B	C	D	E	F	G	K-peil
0.5	0.7	1.05	1.30	1.60	2.00	2.40	2.90		Energielabel
0		100	200	300	400	500	600	700	EI
0.4	0.6	1.0	1.30	1.50					EPC(België)
									EPC

De in België gebruikte EPC waarde, uitgedrukt in kWh/m², levert getalswaarden die afwijken van die in Nederland (bouw-energie.be). Als de EPC (Belgie) schaal van 0 tot 700 echter 'op kleur' langs de energielabel code A t/m G en de energie index EI (woningen) rekenwaarden 0.5 t/m 2.90 (energieindex.nl) wordt gelegd is er wel een -grove- relatie met de EPC in Nederland te leggen. Door vergelijking van de schalen is via het in 2009 vastgestelde energielabel C (bijna D) en de berekende Energie Index EI= 1.38 de EPC waarde zo op ongeveer 1.45 te schatten. Een vergelijking met een referentiegebouw, in dit geval een hoekwoning, laat zien dat bij een Rc-waarde van gevels, vloeren en daken van 5.0 m²K/W de EPC waarde ongeveer 0.6 bedraagt, vergelijkbaar met een energielabel op A+ niveau (Agentschap NL, 2012).

Voor de hierboven genoemde EPC (België), bruikbaar als zevende kentel, is via een eenvoudige on-line rekenhulp (bouw-energie.be) een waarde berekend van 252. kWh/m² voor huis 1938 per begin oktober 2012.

Ook is er een E-peil waarde, een achtste kentel. Men hanteert hier als norm E100 waar een woon gebouw aan voldoet als de berekende E-peil waarde er onder blijft.

De formule is: (Vlaanderen.be)

$$E\text{-peil} = 100 * (Q_{\text{totaal}}) / (115 * A_{\text{verlies}} + 70 * \text{Volume} + 105 * V_{\text{ventilatie}})$$

Hierin is:

$V_{\text{ventilatie}}$ = bewust ventilatiedebiet, in huis 1938 is alleen natuurlijke ventilatie (0. m³)

Q_{totaal} = primair energiegebruik in MJ. (96925 MJ)

A_{verlies} = buitenoppervlak van de woning waardoorheen de warmteverliezen gaan (313. m²)

Volume = het 'beschermd' volume in de schil van de woning (415 m³)

Invullen van de formule leidt tot: E-peil=100*96925/(115*313+70*415+105*0)=149.

In het bovenstaande zijn acht kentallen voor de energieprestaties van huis 1938 aan het begin van het project bepaald. In overzicht gebracht zijn dit:

Energieprestatie kentallen op 1 oktober 2012

- | | |
|---|--|
| 1 | Warmteverlies = 8.3 kW gemiddeld over het jaar.(rekenmodel, 20/8 graden bi/bu) |
| 2 | Globale K-waarde = 2.21 W/m ² K (rekenmodel) |
| 3 | K-peil = K210 (formule), K-peil = K160 (on-line rekenhulp) |
| 4 | EI = 1.39 (Energie index benaderingsformule) |
| 5 | EPC = 1.45 (schatting via kleuren schaal bij EI waarde en energielabel) |
| 6 | EPC(België) = 252 kWh/m ² (on-line rekenhulp) |
| 7 | E-peil = E149 (Formule uit België) |
| 8 | Energielabel "C, tegen de grens met D". (Energie advies uit 2009) |

Materiaalgegevens

De formules in het rekenmodel moeten worden ingevuld met nauwkeurig bekende materiaalgegevens. De voor huis 1938 van belang zijnde λ waarden zijn bijeengebracht en in de onderstaande tabel aangegeven. Hierbij zijn conservatieve waarden gebruikt, als er een grote range uit de gegevens naar voren komt is voor de meest voorkomende λ waarde gekozen ([Lgsi.nl](#)) ([Kingspaninsulation.nl](#)) ([isover.nl](#)) ([ekbouwadvies.nl](#)) (Reed, 2004) ([Bouwenergie.be](#)) (Hoogeveen Berg, 2014).

Materiaalkeuze

Bij een huis zijn twee soorten buitenoppervlakken: dichte vlakken (muur, vloer, dak, houtwerk) en transparante vlakken (beglazing). Deze twee soorten vergen een sterk verschillende aanpak. Voor ondoorzichtige dichte vlakken is isolatiemateriaal de aangewezen weg. Voor de beglazing is het toevoegen van extra glaslagen en eventuele bijzondere gas vulling in de tussenruimten de aangewezen weg. Kozijnen en houtwerk omlijsten de beglazing en zijn een aandachtspunt op zich.

Isolatiemateriaal

Welke soorten isolatiematerialen zijn geschikt voor huis 1938? Ideaal zou vacuüm zijn met veel lagen met hoog infra-rood reflecterende binnenoppervlakken. In de ruimtevaart zijn “multilayer insulation blankets” in gebruik die in vacuüm met dit ontwerp principe een isolatiewaarde van circa 100 maal beter dan kunststofschuim op aarde bereiken ([Lindhout, 1977](#)).

Bijna ideaal zou zijn om stilstaande droge lucht als isolator in te zetten. Lucht zelf heeft een waarde voor de warmtegeleidingscoëfficiënt van $\lambda_{\text{lucht}} = 0.023 \text{ W/mK}$ bij 21 graden Celsius ([Bouwcentrum-advies.nl](#)). De ijlste schuim om lucht in stilstand te houden is Aerogel dat met $\lambda = 0.0135 \text{ W/mK}$ de isolatie eigenschappen van lucht overtreft ([bluedec.nl](#)). Maar is de beste isolator ook in praktijk het best toe te passen?

Er is een keuze tussen twee hoofdgroepen: natuurlijke materialen en veel gebruikte bouwmaterialen.

De keuze voor duurzame, uit de natuur beschikbare en lokaal te verkrijgen materiaal leidt tot stoffen zoals houtvezels (0.038), vlas ($\lambda = 0.038$), kurk (ca 0.040), schapenwol (0.035) of hennepvezels (0.040) ([duurzaamthuis.nl](#)) ([deskundig-isoleren.be](#)). In de directe omgeving van huis 1938 zijn deze materialen niet gemakkelijk verkrijgbaar. Houtvezelisolatieplaat is relatief zwaar maar vormvast en goed verwerkbaar ([homatherm.nl](#)). Vlas, wol en hennep zijn niet vormvast en vereisen een houten opsluitframe dat de λ waarde vergroot. Vlas heeft 1 leverancier in Nederland ([Isovlas.nl](#)), wol is driemaal zo duur als de andere materialen ([duurzaamthuis.nl](#)). Kurk is beperkt vormvast en verkrijgbaar in België ([vanavermaet.be](#)). Hennepvezelplaat is niet vormvast maar wel in diverse diktes tot 20 cm te verkrijgen. Deze groep materialen onderscheidt zich verder van veel gebruikte synthetische isolatie materialen door een veel geringe hoeveelheid energie nodig voor hun productie ([groenebouwmaterialen.nl](#)).

In de bouw bestaat het commerciële aanbod voor isolatiediktes rond 10 cm overwegend uit glaswol ($\lambda = 0.030\text{-}0.034 \text{ W/mK}$), steenwol (0.035-0.043), PUR schuim (0.021-0.035) en EPS schuim (0.034-0.038) ([isover.nl](#)) ([Kingspaninsulation.nl](#)) ([Knaufinsulation.be](#)) ([milieuadvieswinkel.be](#)). De milieu effecten van de specifiek per materiaal toegepaste chemische stoffen zijn hier niet in kaart gebracht.

Uit de bovenstaande gegevens blijkt dat voor gangbare bouwmaterialen de Kingspan hardschuim panelen van het type Kooltherm met een λ van 0.021 W/mK de beste prestatie voor

Materiaal	λ	d	R waarde
	[W/mK]	[m]	[m ² K/W]
Cement (binnenmuur)	0,930	0,010	0,011
Cement (buitenmuur, vochtig)	1,160	0,010	0,009
Kalkzandsteen (binnenmuur)	1,200	0,100	0,083
Rode baksteen (binnenmuur)	0,600	0,100	0,167
Rode baksteen (buitenmuur, vochtig)	0,780	0,100	0,128
Beton niet verdicht (vloeren begane grond)	1,400	0,100	0,071
Gipskartonplaat (voorzetwanden)	0,250	0,010	0,040
Gips stucwerk	0,250	0,005	0,020
Wand/vloertegels	1,200	0,005	0,004
Hardhout (deuren, sluitvlakken)	0,170	0,050	0,294
Multiplex	0,130	0,010	0,077
Spaanplaat	0,150	0,020	0,133
Naaldhout (kozijn, dakbeschot, vloerplanken)	0,140	0,022	0,157
EPS Polystyreen schuim (binnen)	0,035	0,050	1,429
PUR schuim (spouwmuuren)	0,035	0,060	1,714
Kingspan Kooltherm	0,021	0,150	7,143
Luchtlaag 4 mm			0,090
Luchtlaag 6 -12 mm	0,025		0,150
Luchtlaag 25 -100mm			0,180
Kingspan Kooltherm	0,021	0,100	4,762
Luchtlaag inc, reflectie20-30mm			0,570
Overgang lucht->wand binnen Rsi			0,130
Overgang lucht->wand buiten Rse			0,040
PE folie 0,2 mm dikte			0,001
Pannen, panlatten			0,060
Dakbedekking / grind			0,060
Glas Enkel			0,170
Glas Dubbel			0,667
Glas 4-6-4-6-4mm (3-laags)			1,500
EPS hoge dichtheid 12 cm	0,12	0,035	3,429
Koper	390,000	0,001	0,000
Aluminium	120,000	0,001	0,000
Roestvast staal	20,000	0,001	0,000
Glas	1,500	0,004	0,003
Water	0,600	0,001	0,002
Polycarbonaat (2 laags lichtkoepel)			0,357
Isolatie schuim / vlokken / wol	0,04	0,1	2,500
Zink	116,000	0,001	0,000
Lood	35,000	0,001	0,000
Aerogel deken	0,014	0,050	3,571

gelijke dikte leveren. Ten opzichte van EPS met een gemiddelde λ van 0.036 W/mK is hiermee 42 % meer op warmteverlies te besparen voor vergelijkbare dikte.

Met Aerogel, geleverd door Bluedec is een nog grotere besparing van wel 62 % te halen. Ook heeft Aerogel de milieubezwaren en brandgevaaren van PUR en EPS niet. Nadeel is dat Aerogel een 5 of 10 mm dikke flexibele deken is en niet verkrijgbaar is als een vormvast en drukvast plaatmateriaal met grotere dikte (bluedec.nl). Een betonvloer over een dikke laag Aerogel gieten blijkt niet mogelijk. Het is ook niet praktisch om 5 tot 10 dekens over elkaar heen aan te brengen om zo aan de “Passive house” norm te komen.

Voor huis 1938 betekent dit dat de aanvullende isolatie het best met het Kingspan PUR Kooltherm plaatmateriaal kan plaatsvinden aan wanden en daken en onder de betonvloeren.

Opmerkingen:

1-De afweging tussen het belangrijke λ voordeel en de eventuele nadelen van Kooltherm PUR materiaal is hier niet gemaakt. Wel past hier de kanttekening dat de aandelen van Kingspan voor een groot deel in handen zijn van Al Gore (Kingspaninsulation.nl) die zijn laatste boek “Onze Keuze” besluit met zijn wens een zo gering mogelijke bijdrage te leveren aan broeikasgassen (Gore,2009).

2-Bij de fabricage van PUR worden een polyol en een isocyanaat samengevoegd en deze reageren met elkaar (Technisol.nl). De vele combinatiemogelijkheden leiden tot een grote verscheidenheid aan massieve, zachte, harde of geschuimde materialen (Reticelinsulation.be).

3-Bij de fabricage van EPS wordt een styreenmonomeer in een waterige omgeving gepolymeriseerd tot polystyreen in aanwezigheid van pentaan. De na droging ontstane korreltjes worden in een vorm of mal door temperatuurverhoging met stoom geëxpandeerd door uitzetting van het pentaan. Er zijn brandvertragende EPS typen waarin de additive hexabroomcyclododecaan is verwerkt (Kemisol.be) (Synbratechnology.nl). De eigenschappen van deze additieve stof zijn nadelig voor het milieu en voor de gezondheid schadelijk. Er zijn vermoedens dat de stof mutageen is maar dit is nog niet formeel vastgesteld (IFA, 2013).

4-Of het zin heeft om milieutechnische of K-waarde redenen het EPS te verwijderen ten gunste van PUR is met Life Cycle Analysis resultaten te beoordelen. Diverse bouwmaterialen waaronder isolatiematerialen zijn op energiegebruik gedurende de levensduur onderzocht. Het verschil valt voor energiegebruik en CO₂ global warming impact licht in het voordeel van PUR uit maar EPS gebruikt veel minder water bij fabricage (Bribian et al, 2011). De voorrang is daarom aan hergebruik van de in huis 1938 al toegepaste EPS gegeven.

Rest de vraag hoe dik de isolatie moet zijn. De minimum streefwaarde voor elke wand constructie ontstaat aan de hand van de “Passive house” norm voor de maximale K-waarde van buitenmuren van 0.15 W/m²K (Feist,2012). Voor het isolatiemateriaal PUR Kooltherm dat hierboven als best geschikt bevonden is, zou een dikte van 15 cm voldoende zijn om de norm te halen. Op een aantal plaatsen is 10 cm extra isoleren nog net genoeg.

Beglazing

De relatief grote bijdrage van de ramen aan het warmteverlies in huis 1938 is de aanleiding om naar alternatieven voor de beglazing te kijken. Onderscheid tussen verschillende typen en lagen in het glas zelf en verschillende uitvoeringen van de kozijnrand er omheen is nodig. In huis 1938 zijn overal houten kozijnen aanwezig. De kozijnbuitenranden zijn circa 20 cm dik en het houten deel direct rond het glas is 6 cm dik. Berekening laat zien dat het hout op die laatste plaatsen minder goed isoleert (K-waarde circa $3 \text{ W/m}^2\text{K}$) dan een eenvoudige 3 laags beglazing ($1. \text{ à } 2. \text{ W/m}^2\text{K}$) zou doen. Om condens problemen op het hout te voorkomen en de isolatie verder te verbeteren is het dus zaak met name de dunste kozijndelen aan de binnenzijde na te isoleren. Met 5 cm van het goed verwerkbaar EPS, bedekt met grenenhout, is zo een grote stap te maken naar een K-waarde van ongeveer $0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$ waarmee het kozijn aan de norm voldoet (Feist,2012).

Het glas zelf heeft K-waarden die afhankelijk zijn van het aantal glaslagen, de er tussen opgesloten luchtlaagdikten, eventuele gasvulling en gebruik van reflecterende coatings. Een enkele glaslaag heeft een K-waarde van $5.7 \text{ W/m}^2\text{K}$. De beste prestaties voor 2 lagen liggen rond de $1.2 \text{ W/m}^2\text{K}$, de beste voor 3 lagen is circa $0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Lucht als beperkende factor kan ook geëlimineerd worden. Er zijn vacuüm glaspanelen waarin geen gasvulling zit maar kleine afstand houdertjes die de twee glasplaten uiteen houden. Het is ontwikkeld voor renovatie en is slechts 6.2 mm dik, terwijl de K-waarde $1.4 \text{ W/m}^2\text{K}$ bedraagt. De elke 30 mm aangebrachte puntjes zijn als een raster zichtbaar. Er is een coating binnen in toegepast om uitwisseling van infrarood warmtestraling te beperken. Bij restauratie van monumenten heeft dit relatief dure type een geringe dikte en gewicht als voordelen (evmglass.com).

In huis 1938 is bijna overal dubbel glas geplaatst in de loop der jaren. Er is daar fors in geïnvesteerd, van de 38 ramen hebben er 35 dubbel glas. De uitzonderingen zijn een zolderraampje, het wc-raampje en het ruitje in de voordeur. De grootste duurzaamheidswinst -met een bescheiden bedrag aan geld maar een grote hoeveelheid werk- is te behalen door het plaatsen van extra voorzetramen die een tweede ingesloten luchtlaag opleveren. Als in de berekeningen rekening met grenslagen wordt gehouden vermindert zo de K-waarde bij dubbel glas van rond de $2.1 \text{ W/m}^2\text{K}$, tot $1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$ na aanbrengen van een voorzetraam op 6-15 mm afstand, een afname van 38%. Het glas zelf haalt de "Passive house" norm van $0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$ voor complete vensters dus niet (Feist,2012).

Er zijn in huis 1938 enkele bijzondere details.

-Het dakraam aan de voorzijde van de woning kan vervallen en door dakbeschot met goede isolatie worden vervangen. De oorspronkelijke situatie van het dak is dan weer hersteld. Het dakraam is er in 1986 in geplaatst.

-Het 4 pans gietijzeren schuurzolderraampje achter aan de noordkant kan vervallen en door isolatie worden vervangen. Vanaf de straat is het raampje niet zichtbaar. Het luik aan de westkant is ook met isolatie aan de binnenzijde te verbeteren.

-Er zijn in de woonkamer/keuken twee grote lichtkoepels in het platte dak. Hoewel deze uit dubbel laags kunststof zijn gemaakt is er ruimte om er onder nog twee glaslagen aan te brengen. De geluidshinder bij regen en hagel neemt dan ook af. De K-waarde van de bestaande dubbelwandige polycarbonaat lichtkoepel is $2.8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Er zijn lichtkoepels met extra HR++ dubbel glas onder de polycarbonaat koepel op de markt waarmee de K-waarde daalt tot ongeveer $0.7 \text{ W/m}^2\text{K}$. Er is dan tegelijk een geluidsvermindering van 37 dB (VanBoven.com) (nbd-online.nl). De K-waarde neemt na

het bijplaatsen van twee extra horizontale glaslagen volgens een berekening af tot minder dan 1.0 W/m²K. De polyester opstand van kunststof is niet geïsoleerd en leent zich voor het aan de binnenzijde aanbrengen van bijvoorbeeld met hout afgedekt extra EPS isolatiemateriaal.

-In de woonkamer en de badkamer zijn aparte binnenramen mogelijk. Door een extra luchtlaag van circa 10 cm, ingesloten tussen de drielaags beglazing en dit extra binnenraam, neemt de K-waarde van het geheel af tot circa 0.9 W/m²K, dicht bij de “Passive house” norm. Er is ook de mogelijkheid om de hele lichtkoepels te vervangen door nieuwe met 3-laags glas en een geïsoleerde opstand. Hiermee wordt 0.86 W/m²K bereikt (Koepellux.nl). Om kosten te besparen is dit niet gekozen.

-Op de zolder staat vrijwel altijd een raam op een kier om de was te drogen. De zolder wordt verder zelden voor iets anders dan opslag gebruikt. Het deel voor was drogen zou, als het is afgescheiden van de rest van de zolder, minder voor warmteverlies zorgen. Aanbrengen van 3 laags glas is hier minder zinvol. Het na-isoleren van het dak op zolder blijft onverminderd van belang voor de warmteverliezen via de rest van de zolder.

-Het enkel glas WC raampje beneden en het geslepen glas ruitje in de voordeur zijn klein en hun bijdrage aan het warmteverlies is gering. Het wc raampje staat altijd open en een extra glaslaag heeft dus geen zin. Een enkel laags voorzetraampje in de voordeur volstaat. Dit komt dan op het K-waarde niveau van dubbel glas, circa 2.1 W/m²K.

-De achterdeur heeft dubbel glas met een spijlenwerk aan beide kanten. Met een groot voorzetraam kan dit beter geïsoleerd worden dan met individuele raampjes. Aan de binnenzijde kan het over het slechts 3 mm dikke spijlenwerk heen geplaatst worden. Een extra spijlenwerk en omlijsting daar weer overheen maakt de verandering nagenoeg onzichtbaar.

-Het langwerpige zijraam in de hal bij de voordeur heeft oorspronkelijk een roedeverdeling gehad maar dit is in 1990 bij de plaatsing van dubbel glas verwijderd. Met een groot voorzetraam kan dit beter geïsoleerd worden dan met herstellende spijlen en individuele raampjes. De roedes kunnen alsnog door lattenwerk aan binnen en buitenzijde in de oorspronkelijke vorm worden hersteld.

-In de erker aan de voorgevel is een deel al 3 laags: de glas in lood bovenlichten.

Jaren dertig woningen hebben oorspronkelijk vaak glas in lood ramen. Ze zijn rond 1900 nog rijk geschakeerd in kleur en figuratief. Later worden ze strak, eenvoudig en met weinig of zelfs geen kleur ontworpen. Laat in de jaren 30 lieten het kubisme en de Bauhaus stroming zich gelden in het ontwerp ([Brown, 1992](#)). In huis 1938 zijn geen gekleurde glassoorten toegepast maar werd met gewoon helder vlakglas een mooie vlakverdeling gezocht.

Glas in lood zelf maken is goed mogelijk. De terugplaatsing van glas in lood in de 4 bovenlichten in de erker en het zijraam in de woonkamer en in plaats van 2 panelen in de deur tussen keuken en hal werd met behulp van eenvoudige instructies door de bewoners gedaan ([Foolen, 1999](#)).

Op de markt zijn glas in lood ramen, geïntegreerd tussen dubbel glas in, te koop. Drie lagen glas dus. Dit is niet alleen een prijzige keuze, het esthetische resultaat is ook niet bevredigend. Vanaf binnen in de woning naar buiten kijkend is de plaatsing van het glas in lood in om het even welke van de drie lagen altijd goed. Het contrast tussen donkere loodstrips en de lichte achtergrond is vrijwel gelijk in alle drie de posities. Vanaf buiten gezien is dat niet het geval. Een glas en lood raam heeft een

typerende spiegeling doordat alle glasplaatjes net een iets andere stand innemen ten opzichte van het vlak van het kozijn waar ze in zitten. Als glas in lood aan de buitenkant zit is die typische brokkelige reflectie onverstoord aanwezig. Als glas in lood als middelste of als binnenste laag geplaatst is ontbreekt deze karakteristieke eigenschap.

Voor huis 1938 is de glas-en-lood laag daarom aan de buitenzijde aangebracht op circa 5 mm van het bestaande dubbelglas.

-De erker is op het zuiden gericht en kan dus optimaal zonnewarmte invangen. Belangrijk is wel dat er in de zomer soms te veel zonnewarmte binnenkomt en dat dan zonwering noodzakelijk is (NOVEM,2002). Er is een reflecterend “low-E” folie op de markt dat zowel de infrarood uitstraling vermindert als het binnenkomend zonlicht tegenhoudt. Verschillende fabrikanten claimen een vermindering in warmte verlies van circa 10% à 60% afhankelijk van het al aanwezige glastype. Deze folie wordt aan de binnenzijde aangebracht. Voor de dubbel glas ramen in de erker geven deze leveranciers een effect dat lijkt op afname van de K-waarde van ergens tussen 2.1 en 3.3 W/m²K naar 1.6 W/m²K aan (Luxasolar.nl). Een Amerikaanse leverancier geeft echter aan dat de transmissie van zichtbaar licht bij hun product 33% is (DeBusk,2013). Dit lijkt op de prestaties van een zonnebril (Tuchinda et al, 2006). De Australische overheid waarschuwt hiertegen omdat met name in een klimaat als dat in Nederland het doel “invangen van zonlicht” het belangrijkste zou moeten zijn en niet het buiten houden er van. De beste toepassing van de low-E folies is het verminderen van airco elektriciteitsgebruik voor koeling in lange hete zomers (Lyons et al, 2010). Voor de erker is dus in het Nederlandse klimaat de beste oplossing: drielaags glas, zonwering (nu luxaflex lamellen) gebruiken op hete dagen in de zomer en gordijnen dicht als het koud is, ’s nachts en in de winter.

Hout

Bij het aanbrengen van isolatie en van voorzetramen is veel hout nodig als dragende constructie. In huis 1938 is bij de bouw in 1938 grenenhout gebruikt. Om zo dicht mogelijk bij de oorspronkelijke jaren dertig stijl te blijven is grenenhout met FSC keurmerk toegepast.

Comfort

De overheidsambitie om woningen energie neutraal te maken gaat tegelijkertijd uit van een goede woonkwaliteit, voor dit doel vertaald naar een ‘comfortabele, gezonde, veilige praktische en betaalbare woning’ (Witkamp et al, 2011).

Behoud van comfort is daarom een randvoorwaarde in dit project. Het “thermisch comfort” in een huis wordt door temperatuurverschillen, ongewenste luchtstromingen en sterk verschil in infra-rood straling beïnvloed (Fanger, 1970). Er is hier ook een grens met “thermische veiligheid” van belang. Thermische veiligheid heeft met erg koude of erg hete oppervlakken te maken. Brand en bevriezing zijn hierbij de belangrijkste gevaren in huis. Waar het in de jaren dertig heel gewoon was dat je ’s winters voor comfort in de buurt van de kachel moest blijven en het veiligheidsrisico dat je er aan kon branden maar accepteerde, is thermische veiligheid bij een centrale verwarming heden ten dage nauwelijks meer aan de orde.

In de bouwkunde heeft het tegengaan van stroming van koude lucht tot het plaatsen van radiatoren onder de ramen geleid. Ook het verschil in infra-rood stralingsniveau tussen een koud glasoppervlak en een verder warm interieur is hinderlijk. Met de komst van thermisch steeds betere beglazing is de noodzaak voor radiatoren onder de ramen minder geworden. De hoogte van het relatief koude glas is maatgevend voor het ontstaan van “koudeval”. Bij dubbel glas kan dit optreden bij raamhoogten

van 1 meter of meer. Bij HR++ of drielaags glas is de kritische hoogte voor het ontstaan van koudeval bij K-waarden rond $1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ al groter dan 2 meter. Ook is de rol bij het comfort van de infrarood straling bij een raam dan verwaarloosbaar (Nelissen, 2011). Dit betekent dat na het plaatsen van voorzetramen het koude tochtige gevoel door het koudeval verschijnsel in huis 1938 tot het verleden behoort. Binnenramen op plaatsen waar comfort van groot belang is maken het geheel compleet. In huis 1938 zijn flinke temperatuurverschillen waargenomen tussen woonkamer en uitbouw achter en tussen de begane grond en de eerste verdieping en tussen eerste verdieping en zolder. Door de haldeur in de woonkamer met een deurdranger dicht te houden vermindert de stroming van warme lucht naar boven. Ook de zolderdeur in de hal op de eerste verdieping is om die reden dicht. Tussen woonkamer/keuken en het halletje achter is aan de deur ook een deurdranger aangebracht. Het ongeïsoleerde halfsteens halletje achter en de er aan grenzende wc beneden vormen het koudste gedeelte in huis 1938. Er ontstaat 's winters van daar uit een koude luchtstroming over de vloer. Isoleren van alle buitenoppervlakken is dus zeer belangrijk.

Besparingskansen

Wat is er verder nog mogelijk naast het isoleren van de "buitenschil"? Behalve warmte wordt er nog meer verbruikt. Om de vraag te beantwoorden is een overzicht van alle verbruikstypen in huis 1938 gemaakt. De volledigheid er van is aan een checklist getoetst (Bouwwijzer.be). Aan de hand van de checklist en het verbruiksoverzicht is op twee manieren naar besparingsmogelijkheden gezocht: ten eerste via besparingskansen op het bestaande verbruik en ten tweede via een duurzamere alternatieve aanpak die het zelfde doel en comfort niveau ook kan realiseren.

Elektriciteitsverbruik

Bij het verminderen van elektriciteitsgebruik is de eerste maatregel het uitschakelen van apparatuur als die niet gebruikt wordt. Hiermee is circa 5% te besparen. Dit blijkt soms moeilijker dan het aanvankelijk lijkt.

De verwarmingsketel is 's zomers in theorie uit te zetten. Als de pomp af en toe maar even wordt aangezet kan dit voor de installatie geen kwaad. Dit is met bijvoorbeeld een tijdklok op vaste tijden per etmaal in te stellen. De warm tapwatervoorziening is dan echter ook uit en dat is heel onpraktisch.

De flat screen LED TV en video/DVD recorder zitten aan elkaar via een antennekabel en softwarematig via de zender kanaal afstemming. Ook de tweede TV in de slaapkamer en de derde TV in het logeerkamertje boven zitten er aan vast. Ze hebben een gemeenschappelijk stekkerblok gekregen met een hoofdschakelaar "0/1" er in. Die kan gedurende het overgrote deel van de tijd op "0" omdat er dan niet naar de TV gekeken wordt. Deze apparaten gebruiken anders samen het hele jaar door 5 Watt in de "uit"-toestand. Het elke dag aan en uit zetten blijkt na verloop van een paar maanden toch vergeten te worden. Een tijdschakelaar lijkt dus beter. Die tijdschakelaar verbruikt niets in de "uit" stand. Als hij tussen 16.00 uur en 23.00 uur "aan" staat vermindert het stand-by verbruik nog steeds met $2/3^e$ deel. Op 7 augustus 2013 wordt de tijdklok geplaatst.

Na de aanschaf van energiezuinige spaarlampen in de tijdsperiode tussen 2000 en 2010 zijn er nog wat lampen overgebleven waarvoor wellicht een nog zuiniger LED alternatief te vinden is. Behalve de lampen zelf blijken soms ook de armaturen dan vervangen te moeten worden wat tot uitstel leidt in afwachting van meer LED lamp uitvoeringen in de handel.

Een snel te realiseren besparing is het opnieuw aanbrengen van een mechanische deurbel in de stijl van de jaren dertig. Weghalen van de altijd aan staande elektrische deurbel en transformator scheelt

direct op het jaarverbruik. Voor het overige is het bij vervangen van oude apparatuur belangrijk om te letten op een lager verbruik van de nieuwe aanschaf.

Ook kunnen apparaten door een andere werkwijze worden vervangen die geen energie verbruikt, afschaffen dus.

Gasverbruik

Het thermisch rekenmodel geeft aan dat enkele stukken ongeïsoleerde vloer op zand, de ongeïsoleerde spouwmuren en vooral de ramen, ondanks het dubbel glas, in oktober 2012 de drie grootste warmteverlies elementen zijn. Bij besparing op gas ligt het om praktische redenen voor de hand om eerst naar spouw isolatie en drielaags beglazing te kijken en daarna naar vloerisolatie. Het vierde verlies element bestaat uit niet geïsoleerde buitenvlakken. De ongeïsoleerde halfsteens muur van de WC beneden heeft bovendien een uitkraging naar een haaks er op staand deel van de bijkeukenmuur. Verder zijn er dun uitgevoerde kozijnranden die slechter isoleren dan het 3 laags glas dat er in aangebracht kan worden. Ook het ongeïsoleerde houten dak van de erker, de houten buitendeuren en de dunne sluitpanelen onder in het kozijnwerk aan de achtergevel en uitbouw horen bij dit vierde verlies element. Het vijfde verlies element bestaat uit het grote oppervlak dat te dun geïsoleerd is met 5 cm EPS, dit zijn de uitbouw en de zolder op het huis. De isolatiedikte blijft op deze grote vlakken ver achter bij de 25 – 40 cm isolatie diktes die in nieuwe energie neutrale huizen, wel worden toegepast.

Ventilatie en koeling

Niet alles uit het 'passive house' concept is hier direct toe te passen. Voor mechanische ventilatie en een luchtdichte constructie is in dit geval vanwege de voorkeur van de bewoners voor open ramen en frisse lucht niet gekozen. Naden kunnen dicht gekit en kieren kunnen met tocht strip gedicht. Verder is de buitenmuur, bestaand uit een met spouwankers gemetseld bakstenen binnen- en buitenblad, niet eenvoudig op de 'passive house' standaard -zonder koudebruggen- te krijgen. De buitenlucht heeft vrij toegang tot de spouw en tot de kruipruimte onder het huis.

In huis 1938 is geen mechanische ventilatie, airconditioning of koeling aanwezig. Of daarvoor na het aanbrengen van extra isolatie aan de buitenschil een noodzaak ontstaat zal proefondervindelijk moeten worden vastgesteld. Het aanbrengen van zonwering buiten aan de op het zuiden gerichte voorgevel is dan de eerste keuze. Hier is geen energieverbruik voor nodig.

Het openen van buitendeuren bij het naar binnen of naar buiten gaan leidt tot een stroom koude lucht in de hal voor of de hal achter. Een mogelijke maatregel is hier het aanbrengen van tochtportalen of "inkomsassen", een aan de buitenkant voor de deur te plaatsen luchtsluis die de koude luchtstroom van buiten naar binnen sterk beperkt. Er is hier om esthetische redenen voornamelijk niet voor gekozen. Bij de achterdeur is het wel mogelijk om later alsnog een extra tochtdeur te plaatsen als daar een kast voor bijvoorbeeld propaantanks en een tank voor een eco-toilet komen en de radiator in het halletje vervalt.

WATERVERBRUIK

De kraan staat in huis 1938 alleen aan als er water nodig is. Voor het koken en afwassen geldt dat de bak of de pan maar een bepaalde hoeveelheid water kan bevatten, spaarperlator of niet. De keukenkraan levert circa 7 liter per minuut tapwater. (Meting op 31 oktober 2012 in de keuken) Er is geen bad aanwezig, wel een douche boven in de badkamer en een weinig gebruikte douche voor logees in de bijkeuken beneden.

Een grote besparing op water is goed mogelijk door het doorgespoelde water volume van de wc's te verkleinen. Dat kan zelfs tot nul toe. Er zijn droge toiletten te koop die, na het afvoeren van de natte bestanddelen naar het riool, met de droge bestanddelen een proces dat tot compost leidt uitvoeren. Nadeel is dat het toilet voor ventilatie elektriciteit gebruikt. De vaste bestanddelen moeten om de 6 weken vanuit de opvangemmer naar de GFT bak of naar een compostbak worden gedaan (ecosave.com). Omdat bij compost ook meer tuinafval moet dan beschikbaar is van eigen grond en er in huis 1938 geen kelder met plaats voor een composteringsbak is, werd niet voor een droog toilet gekozen.

Besparen van water kan minder drastisch maar wel veel eenvoudiger en sneller met gewichtjes aan het doorspoelmechanisme worden bereikt. Ook hergebruik van douche water voor doorspoelen van de wc beneden kan het waterverbruik aanzienlijk verminderen. Bovendien komt de er in opgenomen warmte nog in huis vrij en helpt zo de verwarming in plaats van direct te verdwijnen naar het riool.

Duurzaamheid verbeterkansen

Eigen onderzoek naar duurzamer maken van het huis is een omvangrijke klus. Er zijn manieren voor het duurzaam opwekken en verkrijgen van elektriciteit, van warmte en van combinaties van beide. Ook water kan duurzaam worden verkregen (Bouwwijzer.be).

Er zijn diverse mogelijkheden om bij huis stroom op te wekken. Het meest bekend als bron van elektrische energie bij particuliere woningen zijn zonnecellen op PV zonnepanelen in allerlei uitvoeringen. Er zijn eind 2012 al 100.000 huishoudens die PV zonnepanelen gebruiken ([Natuur & Milieu, 2013](#)). De netbeheerder telt er in juli 2013 totaal 93.233 ([Netbeheer NL, 2013](#)). De hiervoor nodige apparatuur is op de markt tegen steeds gunstigere prijzen verkrijgbaar. Het huis 1938 heeft een aanzienlijk deel van het dak oppervlak op het zuiden gericht. Er is dan ook direct voor de inzet van PV zonnepanelen gekozen. Een toekomstige aanvulling met een windgenerator of andere duurzame stroombronnen is mogelijk. Windmolens zijn er in allerlei maten en soorten.

De warmtehuishouding van een woning kan behalve met isoleren ook met zonnewarmte duurzamer gemaakt worden. Hier valt te denken aan allerlei manieren van opvangen, concentreren en bewaren van invallende warmte uit zonlicht. Zonnecollectoren gebruikt men veel voor tapwater. In het Nederlandse klimaat concurreren zonnecollectoren met PV zonnepanelen om dak oppervlak dat op het zuiden gericht is. De financiële opbrengsten per m² verschillen maar weinig. De hoeveelheid energie uit zonlicht die als warmte met een collector wordt opgevangen is groter dan die uit zonnecellen op een PV paneel. Ook is er een subsidieregeling (greencheck.nl). De PV zonnepanelen hebben desondanks bij huis 1938 de voorrang gekregen omdat elektriciteit flexibeler inzetbaar is dan de uit zonnecollectoren verkregen warmte. Elektrische energie kan financieel gunstig aan een 'smart grid' geleverd worden, warmte niet. Een zonneboiler is wel in samenhang met warm tapwater via de verwarming onderzocht. Warmte terugwinning uit douche water is ook bekeken.

De voorgevel van 'huis 1938' is op het zuiden gericht en ligt aan de rooilijn. Dit biedt geen goede mogelijkheden voor een serre aan de zuidzijde. De zonlicht invang functie van de erker zou nog wat verbeterd kunnen worden. Technisch gezien zijn er ook nog allerlei andere onbenutte kansen zoals bewegende louvre systemen die buitenmuren afdekken of juist openstellen voor warmte uitwisseling. Ook zijn er nog andere 'active surfaces' zowel aan de binnen als buitenzijde van een gebouw mogelijk ([Moe, 2010](#)). Deze technieken stuiten op beperkingen in de praktische uitvoerbaarheid en in de regelgeving en zijn ook esthetisch minder wenselijk aan een jaren dertig woning. Ze zijn daarom hier niet verder onderzocht. Tenslotte zijn er nog 'active surfaces' in ontwikkeling. Er is bijvoorbeeld een organische zonnecel in de laboratoriumfase die op allerlei

oppervlakken ‘geprint’ zou kunnen worden (Riphagen, 2011). Nog een interessante mogelijkheid is het transparante zonnepaneel dat tegelijk als raamoppervlak kan dienen. Met het nu bij de TU Delft in de ontwikkeling beoogde 10% rendement, zou alleen al de voorgevel van huis 1938, met 4.6 m² van die ramen gericht op het zuiden, hier circa 400 kWh per jaar aan zonnestroom kunnen gaan opbrengen (Visscher, 2013). Dicht bij praktische toepassing is de dakpan met zonnecellen erin verwerkt. De bedrijven C1C en Harskamp Daken in Meppel willen ze kort na de start van de transitie in huis 1938 op de markt brengen: zwarte keramische dakpannen met zwarte PV zonnecellen erin die via een elektrische panlat verbonden zijn aan een omvormer. Hiermee wordt een schuin pannendak een ‘active surface’ zonder impact op de esthetische kwaliteit van een pand (houhetwarm.nl, 2014A). In september 2014 worden de eerste zonnepannen te koop aangeboden (houhetwarm.nl, 2014B). Bij een oriënterend bezoek op 29 augustus 2015 aan een pas gebouwde energiezuinige woning liggen daar die zwarte zonnepannen al op het dak. Een prachtige oplossing!

Hoewel, als er maar diep genoeg geboord wordt, de aarde een temperatuur boven de 1000 graden Celsius heeft, is het benutten van hoogcalorische aardwarmte vanaf grote diepte voor een enkele bestaande woning eenvoudigweg niet haalbaar. De kosten zijn veel te hoog en er is fysiek geen ruimte genoeg om het benodigde grootschalige boorwerk in de tuin te doen. Voor een hele stad of voor een woonwijk ligt dat anders (Voorde, 2007). Omdat dit geen direct bereikbare decentrale oplossing biedt is aardwarmte verder niet in deze studie meegenomen.

Een grote duurzaamheidswinst in een bestaande woning met CV ketel, de vermindering met wel 70% van de benodigde energie voor verwarming, is te bereiken met een warmtepomp. Deze haalt warmte uit de omgeving, -lucht, bodem of grondwater- en werkt die op tot een temperatuur geschikt voor circulatie in een verwarmingssysteem. Dit is zeer aantrekkelijk maar niet alle typen warmtepomp zijn eenvoudig inpasbaar in het hier beschouwde jaren dertig huis. In een bestaande woning in een woonwijk een warmtepomp aanbrengen is ook nog niet zo vaak vertoond. Ze zijn er wel in nieuwbouwhuizen waarbij de architect er al op de tekentafel rekening mee hield. Ook op het platteland zijn ze er, daar is de ruimte nog te vinden voor het ingraven van grondbuizen om warmte uit de bodem te winnen. Er wordt daar ook wel dieper geboord voor verticale warmtewisselaars. In de stad zal het aan de lucht onttrekken van warmte vaak eenvoudiger realiseerbaar zijn. Een hybride ‘warmtepomp-ketel’ is, ook voor particuliere woningen, verkrijgbaar op de markt. Deze techniek is wel aanzienlijk duurder dan de nu veel gebruikte HR 107 CV ketels. Het warmtepomp systeem werkt meestal via een vloerverwarming in huis. De opgewerkte temperaturen daarin zijn doorgaans lager dan nu in CV - radiatoren gebruikelijk is (elektrozone.be). Voor warmtepompen moet tussen 7000 en 16000 euro worden uitgetrokken afhankelijk van het gekozen type (Greenchoice.nl). Nader onderzoek is nodig om een geschikt systeem voor het onderhanden jaren dertig huis te vinden.

Drinkwater is in principe in eigen beheer te winnen bij de woning. Grondwater oppompen is eenvoudig mogelijk. Het is helaas niet zonder meer, en niet overal, toegestaan om in de eigen tuin een put te slaan voor het oppompen van water dat -na in eigen beheer filteren- uit de eigen kraan komt. Onttrekken aan het grondwater heeft implicaties voor de bodem en het grondwaterpeil. Er valt in Nederland 600 mm regen gemiddeld over het jaar (KNMI.nl). Dit is op te vangen en te gebruiken. Voor het toepassen als grijs water en voor het zelf filteren tot drinkwater bestaan op de markt goed verkrijgbare en veilige oplossingen. Het vergt voldoende beschikbaar oppervlak en een systeem voor water management met nieuwe filtertechniek en een opvangmethode die al duizenden jaren in gebruik is: de cisterne.

Combinaties van elektriciteit en warmte zijn er ook. Zo is het in principe mogelijk een verwarmingsketel ook stroom te laten opwekken met de ‘micro – WKK ‘ (warmte kracht koppeling)

techniek. De WKK technologie is tot op heden vooral grootschalig, bijvoorbeeld in een hele woonwijk, ingezet en is sinds kort beschikbaar voor gebruik in individuele bestaande woningen: de HR-E ketel met ingebouwde Stirlingmotor. De hoge kosten van de HR-E ketel (circa 11.000 euro) maken dit geen aantrekkelijk alternatief ([Milieucentraal.nl](#)). In dit project is deze techniek ook niet verder beschouwd omdat het rendement uit meer opbrengst van elektriciteit komt bij vrijwel gelijkblijvend gasverbruik en omdat de primaire energiebron dan dus aardgas blijft. Aardgas wordt echter als een eindige bron beschouwd die op termijn door ander, soortgelijk, gas zou moeten worden aangevuld. Vloeibaar aardgas uit schepen kan sinds 2011 na verdampen in het landelijke aardgasnet worden gepompt. Ook zijn de 'groen gas' initiatieven in dit verband interessant ([PNG, 2007](#)). Het aardgasnet wordt wel als transportmiddel voor 'ander gas' op langere termijn in studies van de overheid beschouwd maar waterstofgas wordt daarin niet meegenomen. Ook de toegenomen aardbevingsproblemen in Groningen, de nog in maatschappelijke discussie zijnde winning van schaliegas ([Trouw 22 juni 2013](#)) en gebruiken van methaanhyaat van de zeebodem ([Schmidt, 2013](#)) ontbreken in deze plannen ([rijksoverheid.nl](#)). Met de HR-E ketel zou de 'smart grid' in Rifkin's benadering niet elektriciteit maar gas tussen gebruikers moeten delen. Het is in theorie denkbaar dat aardgas op lange termijn door waterstofgas of methaangas wordt vervangen en dat dit leidt tot decentrale waterstof fabricage via elektrolyse en eventueel synthese van methaan. Beide gassen zijn dat aan een 'smart gas grid' te leveren ([Jepma, 2013](#)). Voor huis 1938 is waterstof op korte en middellange termijn nog niet als inzetbaar beschouwd. Ook het Europees beleid gaat uit van de centrale rol van het elektriciteitsnet in de koolstofarme economie van het jaar 2050 ([EC, 2011](#)). In een recente studie naar het economisch belang van energie in de nabije toekomst in Nederland staat het belang van fossiele brandstof zelfs nog voorop ([Weterings et al, 2013](#)). Alternatieve brandstoffen zoals groene stookolie ([Bouwwijzer.be](#)) en elektrische verwarming vanaf het 220 Volt net zijn niet verder beschouwd omdat ze niet tot vermindering van CO₂ emissie leiden.

Naast alleen foto-voltaïsche zonnepanelen is ook met bepaalde typen zonnecollectors elektriciteit op te wekken: PVT panelen. Op het dak van huis 1938 is dit niet praktisch. Op de schaal van een enkel huishouden is een systeem met heliostaten, mee draaiende zonnespiegels, en een torentje met daarop een stoomgenerator zeer waarschijnlijk niet rendabel. Zonnekrachtcentrales gebaseerd op dit principe worden juist steeds groter ([ivanpahsolar.com](#)).

De beleidslijn ter bevordering van bio-energie vanuit de regering kan moeilijk naar een enkel huishouden worden vertaald. Een huishouden levert bijvoorbeeld bio-, hout- en papier afval op die geschikt is voor verbranding of vergisting. Bij huis 1938 gaat het om circa 6 m³ per jaar. Hiermee kan technisch gesproken een beperkte hoeveelheid elektriciteit en warmte worden opgewekt. Omdat het bij wet verboden is om bij een woning afval te verbranden, vanwege onder andere gezondheidsrisico's, is het "allesbrander" concept niet verder onderzocht. Gezien de aankondiging van subsidie geldt dat verbod niet voor het vergassen van hout of het stoken op houtpellets in een biomassa ketel ([Rijksoverheid.nl, 2015](#)). Er komt echter veel te weinig hout uit de tuin van huis 1938 vrij. Hout inkopen als brandstof is dan het alternatief. Oplossingen voor de particuliere woningbezitter in de vorm van biomassa ketels ofwel "pellet-kachels" zijn hier een mogelijke weg. De uitvoering in huis 1938 zou bestaan uit een opslag, een vacuum aanvoersysteem en een pellet-cv ketel ([ikinvesteerslim.nl](#)). De keerzijde is dat er dan toch rook uit de schoorsteen komt en dat is vanwege de CO₂ problematiek niet wenselijk. Hierbij is het van belang onderscheid te maken tussen CO₂ dat ontstaat uit fossiele brandstoffen die zich in de bodem bevinden enerzijds, en de CO₂ die voortkomt uit verbranden van biomassa die in het bovengrondse eco systeem al circuleert anderzijds. De eerste draagt bij aan verhoging van de ongewenste klimaat effecten, de tweede is klimaatneutraal.

Vermindering van CO₂ is nodig om het klimaat effect om te keren. Zo lang er mogelijkheden zonder vorming van rookgassen zijn is de richting met “pellet-kachels” dus minder wenselijk.

Keuze van het systeem ontwerp

Na de oriëntatie op besparingskansen en mogelijkheden voor een meer duurzame huishouding volgen systeem ontwerp en voorbereidingen van de uitvoering. Daadwerkelijk energie besparen en verbeteren van duurzaamheid kan niet zonder een flinke eigen inspanning, een passend budget voor inkoop van materialen, apparatuur en werkzaamheden en een goed doordacht ontwerp.

Huis 1938 blijkt een relatief hoog gasverbruik te hebben. Uit het rekenmodel komt naar voren dat warmteverliezen via ramen en slecht geïsoleerde vloeren en spouwmuren daar de hoofdoorzaak van zijn. In veel ramen zit al dubbel glas dus dat moet naar 3 lagen om verbetering te bewerkstelligen. Om financiële redenen is hier voor in eigen beheer bijplaatsen van voorzetramen gekozen. Spouwmuur isolatie aanbrengen wordt door gespecialiseerde bedrijven aangeboden en is dus eenvoudig realiseerbaar. In tegenstelling daarmee heeft isoleren van de vloeren wel veel impact. Bovendien raakt het de leidingen van alle bestaande technische installatie delen. Dit werk moet in delen worden opgesplitst omdat het huishouden anders niet kan doordraaien. De isolatie in de uitbouw en aan het dak kan sterk worden verbeterd maar ook hier moet het werk in delen naar plaats en soort worden uitgevoerd. De duurzaamheid is aanzienlijk te verbeteren door een elektrisch warmtepomp systeem toe te passen dat -samen met zonnecollectoren- het warme tapwater levert. Een warmtepomp haalt z'n warmte uit een buitenunit die op zijn beurt warmte uit lucht, grondwater of bodem wint. Gasverbruik wordt zo vrijwel volledig vervangen door elektra verbruik. Koken kan dan naar elektrisch koken of naar koken op propaangas worden omgezet. Loskoppelen van het aardgasnet komt zo binnen bereik.

Bij verminderen van het elektra verbruik is allereerst het volledig buiten gebruik stellen van een apparaat of het minder vaak gebruiken een mogelijkheid. Ook is er vaak zuinigere apparatuur die het zelfde presteert op de markt. De grote duurzaamheidswinst is het zelf stroom opwekken met PV zonnepanelen. Er is hier gekozen voor twee fases: eerst 9 panelen op de gunstige plaatsen op het dak, later nog uit te breiden met nog eens 9 of meer panelen om geheel zelfvoorzienend te worden. Een opslagvoorziening en eventueel een windgenerator completeren -indien haalbaar- het elektrische systeem. Het 220 Volt net blijft gekoppeld voor synchronisatie en om ook terug levering en saldering van in huis 1938 opgewekte stroom mogelijk te houden. Nieuwe uitbreidingen, bijvoorbeeld een laadpunt voor een elektrische auto of innovatieve energie opwekkers zoals 'active surfaces', blijven in principe aan het 220 Volt net te koppelen via omvormers.

Water valt als regen in ruim voldoende mate neer op daken en tuin om alle verbruik in huis 1938 mee af te dekken. Het regenwater verdwijnt nu bij huis 1938 goeddeels onbenut in het riool. Een gemeentelijke overheid verstrekt soms subsidie voor afkoppelen van regenpijpen van het riool (duurzaamthuis.nl). De Gemeente waarin huis 1938 is gelegen heeft geen verbod op via het riool afvoeren van hemelwater, geen gescheiden hemelwaterriool maar voor het merendeel een gemengde afvoer en er is geen subsidieregeling (decentrale.regelgeving.overheid.nl). Wel is er een meerjaren plan waarin afkoppelen van hemelwaterafvoer vanuit schoon verhard oppervlak als streven genoemd wordt. Particulieren worden via voorlichting gestimuleerd. Het regenwater riool wordt 'waar doelmatig' uitgebreid ([Wareco, 2012](#)).

Er kan hergebruik van water worden toegepast door de afstroom van de douche boven voor het doorspoelen van de wc beneden in te zetten. Een regenwater systeem met voldoende opslag

voor het overbruggen van droge periodes en met filters voor de kwaliteit brengen zelfs het uiteindelijk geheel loskoppelen van de waterleiding binnen bereik.

Esthetiek

Het jaren dertig uiterlijk van de buiten- en binnenkant van de woning -de hoofdreden dat Nederlanders er zo graag in wonen- moet natuurlijk behouden blijven. Dit opleggen als harde randvoorwaarde is te zeer beperkend. Opvangen van zon en wind vergt zichtbare middelen aan of bij het huis. Zonnepanelen, zonnecollectoren en windmolens op en aan het huis zijn helaas nogal beeldbepalend. Zo is de Zweedse glazen dakpan van SolTech Energy Sweden AB (SolTechenergy.com) wel bruikbaar als zonnecollector maar afwijkend van de huidige oranje rode pannen. Omdat 'gedroomde' oplossingen, zoals dakpannen die stroom opwekken maar niet van de gewone pannen te onderscheiden zijn, helaas niet bestaan is in dit project gekozen voor 'zo veel mogelijk behouden van de jaren dertig stijl'. De vraag is waar de esthetische norm dan zou moeten liggen.

Zichtbaarheid in verschillende landen

Men zegt dat over smaak niet te twisten valt. Er wordt wel heel verschillend over gedacht. Omdat het bij "eco-energie" om een vrij nieuw verschijnsel gaat zou het interessant kunnen zijn om te zien hoe men in Nederland maar juist ook in andere landen met de zichtbare middelen voor energie bij het huis omgaat. Een omvangrijke taak die eenvoudig te doen is: Google maps/streetview maakt een virtueel bezoek aan het gefotografeerde deel van de wereld mogelijk. Dat de foto's enkele jaren oud zijn is hier niet zo van belang. Helemaal wetenschappelijk verantwoord hoeft ook niet, een indruk volstaat. Een serie virtuele wandelingen door woonwijken in (voor)stedelijk gebied in een aantal landen maakt duidelijk dat er grote verschillen op esthetisch vlak zijn.



Gasflessen en buitenunits aan de straat in Kadena, Okinawa, Japan. (Bron: Google street view)

*In Kadena op Okinawa, een eiland in het zuidelijkste deel van Japan, zijn ook gasflessen en 2 a 3 buitenunits per huis te zien. In het wijkje ten zuiden van de hoek tussen de straten Shin-machi Dori en Mitsumi Dori is dat zelfs aan het kleinste huisje te zien.

*In het in noordelijk Japan gelegen Sapporo in de straten in de wijk Shinkotoni zijn gasflessen aan de gasmeter voor aan de straat te zien. Aan de gevel zit hier en daar een buitenunit. Schotelantennes zijn er ook. In de meeste tuintjes staat voor aan de straat een grote witte doos op poten en soms een drum. Er zit een ontluchtingspijpje op en een spiraal slang aan de onderkant, het zijn olietanks. Men kookt op gas uit flessen en stookt op olie uit de eigen tank. Alles staat direct zichtbaar voor aan de straat. Makkelijk bereikbaar als er nieuwe brandstof nodig is.

*In een paar straten in het in midden Japan gelegen Nagoya-Tokoname bij Ise Bay zijn op veel woningen 1, 2 of 3 buitenunits te zien. Ze zitten meestal ter hoogte van de 1^e verdiepingvloer en sommige zijn met een houten spijlenwerk wat aan het zicht onttrokken. Op een bedrijfshal zijn wel 10 kleinere en grotere buitenunits te zien. Het warmere klimaat maakt airconditioning er gewild.

*Bij Heng Chun op het zuidelijkste puntje van Taiwan zijn op iedere woning, zelfs op appartementen in flatgebouwen, 1 of 2 buitenunits te zien.

Aan de Shouson Hill Road nr 3 op Hong Kong Island, China hangen diverse buitenunits aan de appartement balkons en raamkozijnen, ongeveer elke unit is van een ander merk en afmeting.

*Aan de Whitestreet in Beaumaris, een wijk van Melbourne, Australië, is een enkele buitenunit te zien. De huizen gaan schuil achter veel groen. De kriskras en laaghangende kabels voor elektra en telecom vallen uit de toon bij de keurig verzorgde tuinen.

*In Eilat in het zuiden van Israël is op de meeste huizen een zonnecollector met warmwatertank te vinden. Men blijkt meestal aan een enkel paneel van 2 m² genoeg te hebben. Ook zijn hier enkele airco buitenunits van Toshiba vanaf de straat te zien.

*In Italië op Sicilië is in het centrum van Siracusa op de oude gevels een groot aantal airco buitenunits van plaatselijk fabricaat Misa-Haler te zien. Er is geen plek om ze te verstoppen.

*Op het Spaanse eiland Mallorca is in de buitenwijken slechts hier en daar een airco buitenunit vanaf de straat te zien. Ze zitten aan de muur achter inpandige balkon hekken en in nissen in de gevels verstopt.

*In de Zuid Franse stad Montpellier buitenwijk Juvignac zijn buitenunits aan het oog onttrokken door weelderig groen in de voortuinen en een muur langs de straat. Een enkel dak heeft een PV zonnepaneel of een zonnecollector van het vacuümbuis type.

*In de buurt van het strand van Pompano Beach, Fort Lauderdale, Florida is niets zichtbaar dat op airco buitenunits of op PV zonnepanelen en zonnecollectors wijst. De tuin en oprijlaan zijn perfect verzorgd en er staan fraai geïmmerde en vaak grote auto's op.

*In San Luis Obispo in Californie staat het dak van warenhuis Costco vol met PV zonnepanelen. Ook in de wijk er tegenover zijn PV zonnepanelen op enkele daken te zien. Bewakingscamera's, tuinslangen en schotelantennes zijn zichtbaar, buitenunits niet.

*In Portland, Oregon in de wijk Sunnyside staan schoorstenen op de huizen en hangt er een enkele airco unit uit het raam.

*In Vancouver, Canada is aan de Commercial drive slechts hier en daar op de bovenste verdieping een buitenunit zichtbaar in een uitsparing in een bovenraam. Zonnepanelen zijn er niet.

*In Fairbanks, Alaska aan de Noble street zijn veel schoorstenen te zien maar slechts enkele buitenunits hangen uit het raam.

*Rond Chester Road, Capetown in South Africa zijn buitenunits weinig zichtbaar, ze zijn aan de muur opzij of achter het huis te vinden. Er zijn er hier en daar schoorstenen en schotelantennes te zien. Hoewel er palmen in de tuin staan is er op de veelkleurige daken geen zonnepaneel of collector te bekennen.

*In Santiago, de hoofdstad van Chili, zijn in de wijk Puente Alto geen zonnepanelen of collectors te vinden. Wel is er hier en daar een schoorsteenpijpje of een schotelantenne over de muren en hekken zichtbaar.

*In Salvador, een stad in de streek Bahia in het westen van Brazilië zijn in de wijk Ondina bij de universiteit veel buitenunits te zien. Ze zitten zelfs 12 hoog op flatgebouwen, direct buiten de ramen. Zonnepanelen zijn niet te vinden.



Grote schoorstenen aan de Cappagh Road nr. 8, Galway, Ierland. (Bron: Google street view)

*De bezitters van de huizen in Cappagh Road, Galway, Ierland hebben behalve een buitenlamp en een enkele schotelantenne verder geen technische middelen aan de gevel zitten. De schoorstenen zijn door de architect van de woningen zeer geprononceerd ontworpen.

*In het Finse Oulu is in de wijk Nokela aan de Veturitie straat aan de grote schoorstenen te zien dat stoken er nodig is. Ook heeft men permanente ladders naar het dak aan de gevel zitten om sneeuw van het dak te kunnen ruimen. Behalve buitenlampen en brievenbussen onderbreekt niets de fraaie houten gevels.

*In het centrum van het Russische Sochi, aan de Pirogova weg zijn schotelantennes en veel airco units te zien. Ze hangen aan vrijwel elk huis hoog aan de gevel zodat ze over de muur aan de straat toch te zien zijn. Ook aan lagere en hogere flatgebouwen hangen op elke verdieping airco units, soms wel 3 per appartement. Aan de grote verscheidenheid van typen te zien is dit al lange tijd gebruikelijk.

*In de wijk Nemtsinovka van Moskou in Rusland vallen in de straat naar het gelijknamige station als eerste de grote schotelantennes op. Hier en daar hangt een buitenunit onder het raam op de 1^e verdieping van een woning. Op het loading dock bij de supermarkt staan er vijf vlak bij elkaar op het platte dak. De elektra en telecom komt vanaf palen langs de weg bij grote aansluitkasten in de voortuin binnen hoewel muren, schuttingen, hekken en groen daar weinig zicht op bieden.

*De *transition town* van het eerste uur, Kinsale, Ierland, laat niets zien van maatregelen zoals zonnepanelen of collectoren. Dit klopt met hun 'powerdown-tips' voor energiebesparing: zelf opwekken van duurzame zonen energie blijkt er geen onderwerp te zijn (transitiontownkinsale.org). Schotelantennes, grote schoorstenen, fraaie lantaarns en TV antennes bepalen het straatbeeld in de Main street van Kinsale. Op de daken zijn geen PV panelen of collectors aanwezig. Buitenunits zijn er ook niet te zien.

*De grootste en snel groeiende installateur van zonnepanelen in 15 staten in de USA, SolarCity, meldt dat er op Hawaii 7500 woningen van zonnepaneel installaties zullen worden voorzien, een miljoenenproject. De installaties zijn variërend van 2kWp tot 8 kWp in grootte. Voorbeeld projecten zijn er in o.a. Arbor Gardens, Lancaster, Californië (SolarCity.com). Aan de Elm Avenue daar zijn de zonnepanelen op het hoogbouw deel van de straat af niet zichtbaar. Vanaf de West Kettering street zijn ze wel te zien. Ook is op de laagbouw van dit seniorencomplex te zien dat er een groot aantal buitenunits op het dak is geplaatst. In een vergelijkbaar project bij Abode Communities, Ivy Terrace in Van Nuys, Californië zijn op de daken afwisselend groepen zonnepanelen en buitenunits geplaatst. De zonnepanelen liggen nagenoeg vlak en de buitenunits zijn door een afscherming aan het zicht onttrokken. Komend van de hoek Woodman Avenue en Sherman Way zijn de zonnepanelen echter goed te zien.

*Rondom Alake street in O'ahu, Hawaii is dit ook het geval. Zonnepanelen, PV en collectors, zijn zichtbaar. Schuin opgestelde panelen op schuine daken om ze goed op de zon te richten zijn er ook. Er hangen er bij enkele huizen aan de straatzijde enkele buitenunits in de raamkozijnen op de begane grond en op de eerste verdieping. Ze zijn soms aan de zijgevel zichtbaar maar vaker is er niets te zien.

*In stadstaat Singapore, tegenover het Arts centre aan de Cairnhill Road is een hoog flatgebouw te zien waaraan bij verschillende appartementen groepjes van wel 5 buiten units op een stapel hoog aan de gevel hangen. Andere appartementen hebben er 2, 3 of 4.

*In Macapa, Noord Brazilië, is de elektriciteitsvoorziening ook met palen en draden door de lucht geregeld. Niet alleen de elektriciteitsmeters hangen aan de palen, ook transformatoren en straatverlichting hangen er aan. In een flatgebouw, tegenover het ziekenhuis aan de Avenida Almirante Barroso, staan op de galerijen overal stapels airco units. Ook op daken en aan de zijgevels van de huizen en winkels langs die straat zijn airco's te zien. Sommige daarvan zijn in een grof schuin of gekruist spijlenwerk box wat verdekt opgesteld. Verder staat bij veel huizen in de achtertuin een watertorentje. Er staat bij veel daarvan een blauwe bak bovenop met "FORTLEV" er op. Op een van die watertorens bij nr. 1213 is een schotelantenne te zien.



Watertorentje met schotelantenne in Macapa, Noord Brazilië. (Bron: Google street view)

*Aan de Calle 5 In het plaatsje Garzon in het zuiden van Colombia staat het kamer van Koophandel gebouw. In de straat zijn diverse schotelantennes te zien. Aan de gevels van de huizen zijn overal kleine kastjes te zien waarachter zich de stoppen en een elektriciteitsmeter bevindt, te herkennen aan de draaischijf en het kijkvenstertje in het deurtje. Via een palen en draden systeem in de open lucht is er toevoer naar alle huizen. Hoewel het plaatsje nagenoeg precies op de evenaar ligt zijn er geen airco's te zien.

*In het plaatsje Nanum, hoog in het Noordoosten van Australië is aan de Alstonia drive een enkele zonnecollector op een dak van een bungalow te zien. Ook staat er een enkele schotelantenne op het dak. Tegen de zijgevel op de grond, wat uit het zicht, staan bij een van de huizen 2 airco units. Een

straat verder, aan de Pandanus Parade, hangt er een aan de voorgevel en bij de burens ligt een zonnecollector op het dak. In de zelfde straat zijn er nog een paar.

*In het Noordelijk gelegen plaatsje Husavik op IJsland is hier en daar een schotel antenne te zien. De meeste huizen hebben er een yagi antenne zonder richtmotor. Op het dak staat op ongeveer de helft van de huizen een schoorsteen. Voor elk huis is een metalen kastje aan het hek op de stoep te zien. Hier komt de elektriciteit binnen. Er aan vast zit een geel-zwart geblokte paal van circa 1.5 meter die ook in de winter nog boven de sneeuw uitsteekt. Aan de Gardasbraut, aan de overkant van nr. 34, is een buitenunit tegen de zijgevel op de grond geplaatst. Hoe de huizen worden verwarmd is bij de huizen zonder schoorsteen niet zichtbaar.

*Op het Zuider Eiland van New Zealand in Bluff, een plaatsje op de zuidelijkste punt, staan overal telefoon en elektriciteitspalen met straatverlichting. Veel antennes van verschillende soorten. Geen zichtbare nutsvoorzieningen aan de huizen, wel veel schoorstenen. Geen enkel zonnepaneel of buitenunit, wel brievenbussen aan de straat.

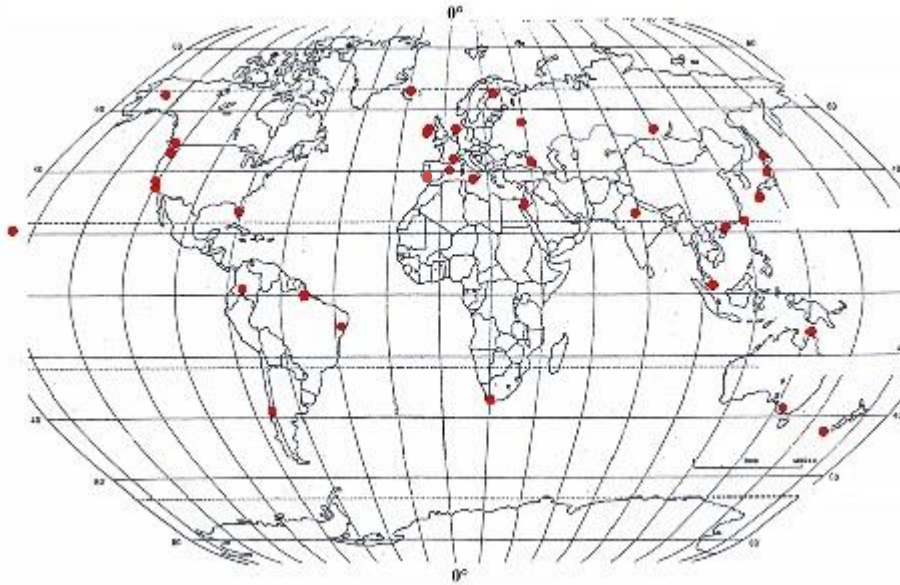
*In de toeristenplaats Cascais ten westen van Lissabon in Portugal wemelt het van de airco units aan de gevels. Op een van de in vrolijke kleuren geschilderde gevels aan de R.Frederico Arouca in het centrum hangt een oud en roestig exemplaar van het merk General Electric. In de buitenwijken is hier en daar op het dak een zonneboiler te zien.



2015 Roestige General Electric airco aan de R Frederico Arouca in Cascais, Portugal

*Aan de zuidrand van Siberië, 100 km van Mongolië aan de M54, in de plaats Kyzyl staan die telefoon en elektriciteitspalen met straatverlichting er ook. Even verderop aan de A162 is een enkel gebouw met wat airco's aan de gevel te zien tussen heel veel houten huizen met golfplaten daken.

*Zonder een kijkje te nemen in de 'stad van de zon' in Heerhugowaard in Nederland zou de wandeling tekort schieten. Google laat ons hier in de steek omdat het project nieuwer dan de Street view foto's is. Wel zijn er allerlei afbeeldingen te vinden en een NOS video filmpje geeft toch een kijkje in het straatbeeld. Opvallend is dat de zonnepanelen haast als een architectonisch vormgevingselement zijn toegepast. Een belangrijke regel in de vormgeving is *"if you can't hide it, feature it"* is hier veelvuldig toegepast. Nergens eerder was nog bij deze virtuele wandeling een verticaal tegen de gevel geplaatste rij zonnepanelen te zien. Ook het over de rand van een plat dak heen steken van schuin op de zon gerichte panelen was nergens anders te zien.



Een wereldwijde virtuele wandeling, op zoek naar de esthetische norm

*In het Indiase New Delhi is de Google camera wagen maar op een paar plekje geweest. Alleen op het nieuw gebouwde complex van de Amity University zijn in sector 125 een paar buitenunits te zien. Die kunnen op geen stukken na ooit het hele gebouwencomplex koelen.

Het lijkt er ondertussen op dat meer virtuele indrukken opdoen het beeld niet verder verandert.

Wat levert deze wereldwijde virtuele wandeling op?

Mensen raken gewend aan dingen aan hun huis. In veel landen is de grote hoeveelheid bovengrondse elektriciteit en telecom kabels aan palen en naar de huizen voor Nederlandse begrippen lelijk.

De rommelige openbare ruimte contrasteert soms met keurig aangeharkte privé tuintjes. In vrijwel alle landen zijn schotelantennes algemeen geaccepteerd. In de landen buiten het Verre Oosten zijn duidelijk voor aan de straatkant zichtbare gas en olietanks ongebruikelijk. In veel landen zijn airco buitenunits zichtbaar aan de gevels.

Minder vaak kiest men er voor om de buitenunits achter het huis of aan een minder opvallende zijkant te plaatsen en met muurtjes of groen aan het zicht te onttrekken. In de USA is dit "wegwerken" in nieuwe wijken tot in de perfectie geregeld, daar toont men nauwelijks iets van de techniek voor de energievoorziening. Grote uitzondering zijn zonnepanelen en warmtepompen, die

worden ook bij de nieuwste projecten duidelijk zichtbaar en onder allerlei hoeken op de daken geplaatst.

Jaren dertig stijl behouden

Omdat een jaren dertig huis esthetische waarde blijkt te hebben (Kingma, 2012) is het zoveel mogelijk behouden van het jaren dertig uiterlijk ook een aspect van toekomstbestendigheid. Voor huis 1938 is dan ook van belang om te nemen maatregelen in het kader van duurzaamheid zo min mogelijk laten opvallen. Bovendien bieden beschadigingen door eerdere installatie van niet duurzame apparatuur of zonder respect 'moderniseren' van het huis een kans voor herstel van esthetisch belangrijke kenmerken.

Uitgangspunten

Energievoorziening en telecom leidingen gaan zoveel mogelijk ondergronds. De noodzakelijke bovengrondse leidingen komen in een mantel langs de gevels en hebben een schutkleur. Tanks kunnen in een speciale voorziening achterom of op een zolder staan zodat ze niet zichtbaar zijn.



Apparatuur die aan de gevel moet hangen kan met een houten spijlenwerk in passende stijl aan het oog worden onttrokken.

Aan het huis aan te brengen nieuwe buitenmuren, binnenwanden en dakdelen worden in de zelfde stijl gehouden. Zo is rode baksteen met de oorspronkelijke gesneden voeg opnieuw toepasbaar.

Ook de 'Tuile de nord' dakpannen met hun kenmerkende rood-oranje kleur zijn nog goed verkrijgbaar. Er zal geen gebruik worden gemaakt van groene dak bedekking zoals sedum. De bestaande dakconstructie is waarschijnlijk niet geschikt voor het gewicht daarvan.

Houten kozijnwerk is ook nieuw volgens de oorspronkelijke vormgeving en specificaties te maken. Het aantal glaslagen zal echter niet om esthetische redenen beperkt worden.

Oktober 2011 - De meterkast is een grote doos van schrootjes en de trapleuning ontbreekt. Overal is CV leidingwerk . . .

Verwijderde details

De jaren dertig details die zijn verwijderd in de loop der jaren kunnen niet allemaal teruggebracht worden in de oorspronkelijke toestand. Dat zou praktische verbeteringen terugdraaien en comfort verminderen.

Zo zijn de inbouwkasten in de slaapkamers opengewerkt om vocht en schimmelproblemen tegen te gaan. Zo is de oorspronkelijke gebarsten aanrecht van terrazzowerk uiteindelijk door een granieten aanrecht met modern leidingwerk vervangen.

De rookkanalen vanuit de woonkamer en vanuit de CV ruimte achter in de voormalige schuur zijn buiten gebruik gesteld en afgesloten.

Herstelwerk

Een deel van de jaren dertig stijl details, die voor 1984 verloren zijn gegaan, is al in ere hersteld voor het begin van de transitie. Dit zijn de glas in lood ramen op de begane grond en de openslaande tuindeuren.

De jaren dertig kenmerken die tijdens de transitie hersteld zouden kunnen worden zijn:

-Zinken hemelwater afvoeren

Er zijn aan de voorgevel nog twee zinken hemelwater afvoeren (hwa's) aanwezig. De overige hwa's zijn van grijze PVC buis gemaakt.

-Trappaal en leuning in de hal bij de voordeur

Het ontwerp en de precieze maatvoering is bij de burens nog te zien. Daar is het spiegelbeeld van het huis 1938 ontwerp van de trapleuning behouden gebleven.

-Roedeverdeling in het zijraam in de hal bij de voordeur

Ook de oorspronkelijke roedeverdeling is behouden gebleven bij de burens.

-En-suite schuifdeuren in de woonkamer

De en-suite deuren zijn in 1984 verwijderd en lang bewaard. Na bijna 20 jaar is een van de twee deuren op een andere plaats ingezet. De andere was zodanig beschadigd dat herstel niet meer mogelijk was. Het originele hang en sluitwerk is wel behouden gebleven en deels elders in huis nog in gebruik. Bij de burens zijn de deuren nog in oorspronkelijke staat te zien.

-Het interieur

Zonder het huis in een museum te veranderen kan in het interieur wel een en ander verfraaid worden door accenten te leggen bij oorspronkelijke details, terugdringen van "vervuiling" door bijvoorbeeld leidingwerk en de keuze van apparatuur en meubilair in de inrichting die meer past bij de jaren dertig stijl. De zeer nadrukkelijk aanwezige centrale verwarming ontsiert het huis . . .

V Planning

Werkplan

Uit het hierboven beschreven keuzeproces ontstaat een werkplan dat uit zeven fasen bestaat. De fases 1 t/m 5 zijn gericht op de 'quick-wins'. De beperking van warmteverliezen en besparing op elektriciteit, en het duurzaam opwekken daarvan, bieden de beste mogelijkheden. Deze fases verdienen zichzelf terug. De prioriteit is vervolgens gegeven aan het verhogen van het thermisch comfort in de meest gebruikte ruimten in het huis: woonkamer en uitbouw. Daarna zijn er twee fases 6 en 7 die op meer principiële gronden de duurzaamheid nog verder vergroten en uiteindelijk moeten leiden tot een toekomstbestendige, loskoppelbare en energie neutrale jaren dertig woning. Tenslotte is er fase 8 die alleen esthetisch van belang is en beoogt de jaren 30 stijl te herstellen waar dat kan.

Make or buy

De uitvoering van het werk begint in oktober 2012 met de een rekenmodel, ontwerpberekeningen en ontwerp tekeningen ten behoeve van offerte aanvragen. De keuze voor zelf doen of uitbesteden is bepaald volgens de overweging "wat je zelf kan doen, doe je zelf". Het gaat om zinvol investeren in de woning en de aangebrachte systemen moeten degelijk en betrouwbaar zijn. Techniek inkopen en voorbereidend werk daar waar mogelijk zelf doen is financieel ook raadzaam. Ingewikkelde installatiewerkzaamheden kunnen het best worden uitbesteed. Leveranciers geven ook een garantie en zijn bij problemen goed toegerust voor snel uitvoeren van reparaties. Voor de realisatie van het plan tot en met fase 7 is vier jaar tijd uitgetrokken.

Projectenlijst

De afwegingen om tot een systeemkeuze te komen maken een zoektocht in een onbekende en sterk veranderende wereld van vernieuwende ideeën en duurzame ontwerp concepten nodig. De beoordeling van de geschiktheid van nu in de markt verkrijgbare componenten hiervoor is niet eenvoudig. Dit is vooral omdat die op traditionele wijze op onderdeelniveau worden gepresenteerd en de interpretatie van de specificaties veel technische kennis vraagt. Inzicht in verschillende systeemconcepten verkrijgen en die onderling op prestaties vergelijken is vrijwel ondoenlijk. Al met al zijn de voorbereidingen en het systeem ontwerp een gecompliceerde zaak. Bovendien is het schieten op een bewegend doel, tijdens het project komen allerlei nieuwe producten op de markt, ontstaan nieuwe inzichten, wordt aan subsidie regelkranen gedraaid en vertonen de prijzen grote veranderingen. Een samenhangende advisering bij ontwerp en uitvoering zoals voor dit huis 1938 'sustainability make-over' project zou prachtige kansen voor een nieuw type bedrijvigheid in de consultancy bieden. In deze studie moet het nog allemaal ontdekt gaan worden vanuit het gezichtspunt van een beginnening. Sommige van de aan de start bedachte deelprojecten haalden het, andere niet. Tussentijds ontstonden er ook nog een paar. De status aan de eindstreep na vier jaar is met kleur aangegeven :  gereed  loopt (of volgt)  gestopt.

De deelprojectenlijst ziet er op dat moment als volgt uit:

(1)-Drie laagse beglazing

(1.1)Voorzetramen begane grond

(1.2)Voorzetramen 1^e verdieping

(1.3)Binnenramen begane grond en badkamer



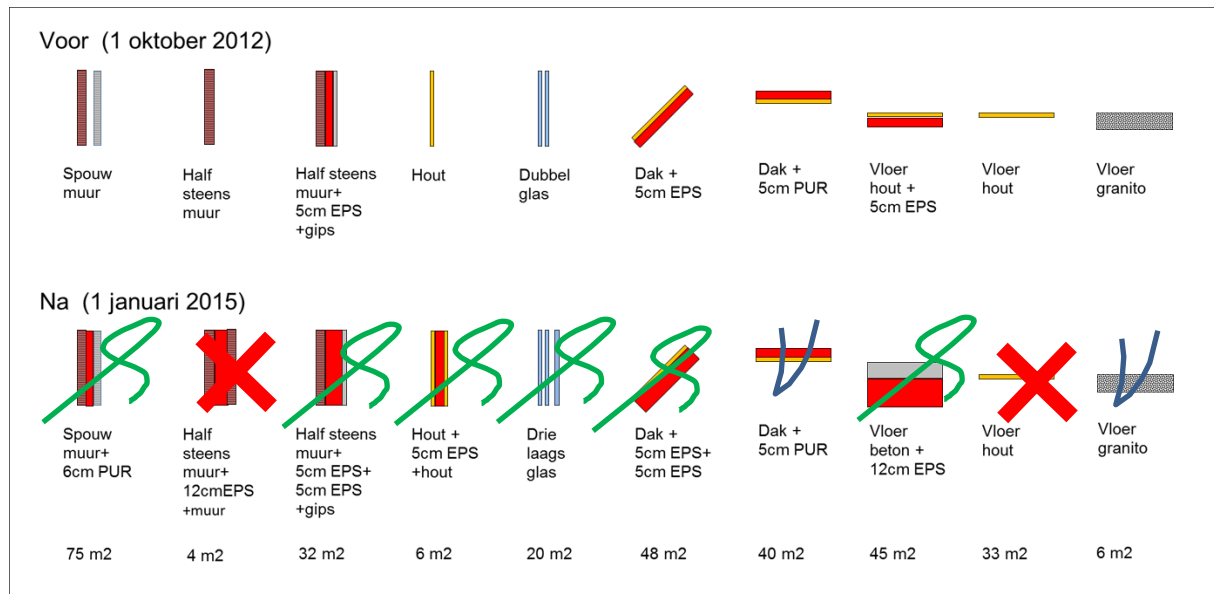


(1.4)Lichtkoepels	x
(2)-Aanbrengen van spouwmuurisolatie	x
(3)-Installeren van een 9 PV-zonnepanelen systeem	x
(4)-Nemen van diverse technische besparingsmaatregelen	
(4.1)Zuiniger wc spoelbak	x
(4.2)Mechanische deurbel	x
(4.3)Gebruik van apparatuur beperken	x
(4.4)LED licht op begane grond	x
(4.5)Aanbrengen isolatie op houten buiten vlakken	x
(4.6)Verbetering isolatie in uitbouw	x
(4.7)WC beneden isoleren	x
(4.8)Verbetering dak isolatie op zolder	x
(4.9)Verbetering vloerisolatie en opvullen kruipruimte	x
(4.10)Aanbrengen vloerisolatie uitbouw	x
(4.11)Tochtwering	x
(4.12)Koudebruggen	x
(5)-Warmtepomp systeem	
(5.1)Warmtepomp systeem uitbouw achter	x
(5.2)Warmtepomp systeem woonkamer en 1 ^e verdieping	x
(5.3)Warm tapwater	x
(5.4)Duurzamer koken	x
(6)-Regenwater systeem	
(6.1)Eco-toilet op de begane grond	x
(6.2)Regentonnen bij de veranda en de kas	x
(6.3)Rioollozing verkleinen	x
(6.4)Cisterne en leidingen voor regenwateropvang	x
(6.5)Filters voor grijs & drinkwater winning uit cisterne	x
(7)-Uitbreidingen en verbeteringen	
(7.1)Zuiniger en duurzamere apparatuur kiezen	x
(7.2)Uitbreiding met PV zonnepanelen	x
(7.3)Windgenerator plaatsen	x
(7.4)Systeem stroomregelaar	x
(7.5)Energieopslag systeem plaatsen	x
(7.6)Autolaadpunt plaatsen	x
(7.7)Gas loskoppelbaar maken	x
(7.8)Water loskoppelbaar maken	x
(7.9)Elektra loskoppelbaar maken	x
(7.10)Open ontwerp voor nieuwe technologie	x
(7.11)Windgedreven ventilatie	x
(7.12)Warmteterugwinning uit ventilatie	x
(7.13)Recycling hok	x
(7.14)Wat te doen bij uitval ?	x
(8)-Herstel van jaren dertig details	
(8.1)Het interieur	x
(8.2)Zinken hemelwater afvoeren	x

- (8.3) Trappaal en leuning in de hal
- (8.4) Roede verdeling in het zijraam in de hal
- (8.5) En-suite schuifdeuren in de woonkamer
- (8.6) Hang en sluitwerk
- (8.7) Kabels en leidingen aan de gevel
- (8.8) Verwijderen verwarmingsinstallatie



Deze deelprojecten indeling is in “VI beschrijving van de uitvoeringsfase” hieronder als hoofdstuk-nummering gebruikt.



De figuur hierboven toont de belangrijkste isolatiemaatregelen in huis 1938 bij de verschillende constructies en hun “schil” oppervlakken in overzicht.

Een groene krul geeft aan dat het klaar is. Een rode **X** geeft aan wat voor onbepaalde tijd is uitgesteld of niet zal worden uitgevoerd. Een blauwe **V** geeft aan dat de situatie volgens plan ongewijzigd blijft.

Kostenraming

Voor de realisatie van dit projectplan is aan het begin van deze studie een snelle afname van de totale gas, water en elektra verbruikskosten van 2600 euro per jaar naar rond 800 euro per jaar als doel gesteld.

Voor de 21 tot dan toe gedefinieerde deelprojecten is eind 2012 een eerste budget opgesteld. Het budget is later opnieuw ingedeeld en opgesplitst in twee delen voor de projecten onder fases 1-6 en die onder fases 7-8.

Om de uitvoering van alle werkzaamheden en de aanschaf van apparatuur te kunnen bekostigen was voor de fases 1 t/m 6, volgens een eerste ruwe kostenschatting, 25595,- euro nodig. Dit is wat meer dan de gemiddelde raming van 20.000 euro aan ‘transitie’ kosten over 20 typen woning uit een recente studie (Rotmans,2012).

Het totaal is echter aanmerkelijk minder dan de door “De Energiesprong” (Energiesprong.nl) geschatte kosten om particuliere oudere woningen energieneutraal te maken. Deze kunnen oplopen tot 60.000 à 90.000 Euro. Wel wordt verwacht dat er 30 a 40% daling kan optreden bij het doorlopen van de learning curve bij bouwbedrijven (Kasteren, 2013). De werkelijke kosten per woning -als de

transitie eenmaal goed op gang is- zullen vermoedelijk dus toch 40.000 à 50.000 Euro bedragen. Wellicht zijn de kosten voor een groep NOM woningen op Texel van 35.000,- Euro per stuk een indicator van nog lagere kosten (Naald en Opzeeland, 2015). Ook Urgenda noemt dit bedrag bij het plan om 100 huizen in Wormerveer klimaat neutraal te maken (NOS.nl, 2015).

In de loop van 2015 ontstaan nieuwe mogelijkheden door financiering van projecten uit verminderde nutskosten en overwaarde in de woning. Een “nul op de meter” upgrade voor een jaren 50-80 woning kost circa 45.000,- Euro. Binnen 10 werkdagen krijgt de woning isolatie en een nieuwe technische installatie, alles afhankelijk van het type woning (onshuisverdiethet.nl).

Voor de particuliere woningbezitter is dit een aanzienlijk bedrag dat niet zo maar beschikbaar is. Hier blijkt de noodzaak van goed financieel en technisch advies. “De Energiesprong” is een initiatief van het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. Het is gericht op stimuleren van innovatie om de ambitie richting energie neutrale gebouwen te realiseren. Een eenmalige uitgave getiteld ‘Huis vol energie’ geeft een invulling van wat ‘energie neutraal’ is en welke doelstellingen een particuliere woningbezitter zich in dat kader kan stellen. Ook zijn er technische berekeningen voor professionals in opgenomen die de haalbaarheid laten zien (Witkamp et al, 2011). Er is een begin gemaakt met advisering over duurzaamheid en renovatiekosten voor leden van het Renda kennisplatform voor de bouw (Renda.nl). De bouwbranche zou zich duidelijk nog meer op de transitie moeten gaan richten, zeker gezien de economische malaise. Enkele plaatselijke initiatieven, gericht op advisering en communicatie komen in 2015 van de grond (onshuisverdiethet.nl). Per 1 januari 2016 komt met de ISDE subsidie ook voor de particulier geld vrij voor warmtepompen (RVO.nl).

De fases 1, 2, 3, 5 en 6 zijn bedoeld om met grote stappen het gas, water en elektragebruik terug te dringen en zo budget voor de vervolgstap 7 vrij te maken. Stap 4 bevat veel zelf uit te voeren doe-het-zelf werk maar brengt relatief weinig kosten met zich mee. Deze stap is over 4 jaar te verspreiden. Stap 8 gaat niet over de duurzaamheid maar over het jaren dertig karakter van huis 1938 en blijft hier dus verder buiten beschouwing.

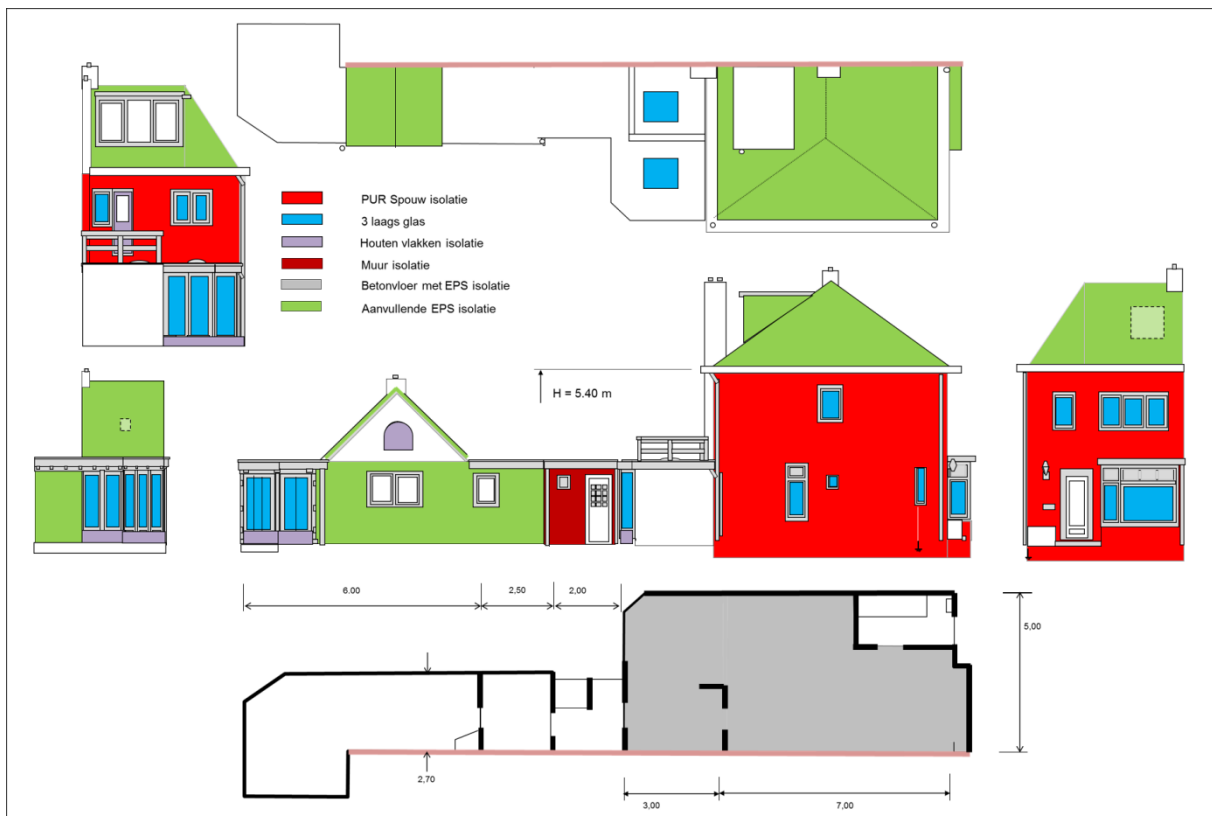
Het bepalen van een terugverdientijd of een rendement op de investering voor de stappen 1 t/m 6 is aan het begin van de transitie nog onzeker. Wanneer de huidige energieprijzen worden gebruikt in de berekening is de terugverdientijd ongeveer 11 jaar. Als de energieprijzen in het zelfde tempo verder stijgen omdat olie schaarser wordt en dus duurder, en de gasprijs naar verwachting meestijgt, net als de verdubbeling in de afgelopen 10 jaar, zal deze terugverdientijd dalen naar minder dan 10 jaar. Deze terugverdientijd is aanmerkelijk korter dan de gemiddelde levensduur van de aan te schaffen apparatuur. Niet alleen voor de duurzaamheid maar ook financieel lijkt het werkplan voor de fases 1 t/m 6 dus zinvol.

De beslissing om deze fases uit te gaan voeren hangt ook af van de financiële situatie van de eigenaren/bewoners. In plaats van weer een hypotheek of een lening bij de bank af te sluiten is - omdat dat kon - bij het huis 1938 project gekozen voor het uit eigen vermogen betalen, gespreid over 4 jaar tijd. Dat betekent gemiddeld 470 euro per maand. Dit is een bedrag dat een gemiddeld huishouden niet zomaar kan vrijmaken. Er blijken eind 2012 ook geen specifiek op dit soort projecten afgestemde financiële diensten in de markt te zijn (Kasteren, 2013). Wel zijn er diverse soorten leningen mogelijk die aan een vorm van hypotheek of aan een persoonlijke lening vast zitten (energiesubsidiewijzer.nl). Er zijn in de loop van het project enkele financieringsvormen bijgekomen, met name hypotheek bedoeld voor “groene”, “duurzame” en energie gerelateerde leningen (verbeteruwhuis.nl).

De beslissingen voor de uitvoering van de fase 7 projecten zijn nog apart te nemen. Ze zijn meer ingegeven door de idealen van duurzaam, zelfvoorzienend en onafhankelijk zijn, en ze zijn duidelijk minder ingegeven door financiële overwegingen.

Tijdens de uitvoering van de projecten ontstaat steeds meer inzicht in de kosten. De opsplitsing in deelprojecten, hun startdatum en hun looptijden kunnen tussentijds aangepast worden als er overschrijding van de eerste kostenraming optreedt.

Over de fase 8 projecten, herstel van jaren dertig stijlkenmerken, is geen nadere toelichting meer nodig. Deze zijn financieel eenvoudigweg niet meegenomen. Ze maken het comfort in het huis misschien beter maar zijn niet echt van invloed op de duurzaamheid. De keuze van de gebruikte materialen is wel een punt. Er is steeds FSC hout gebruikt en verf op waterbasis.



Huis 1938 en de vanaf 1 oktober 2012 geplande thermische isolatie projecten.

Medio 2014 bleek het 1^e budget niet langer bruikbaar als sturingsmiddel. Het budget werd bijgesteld omdat er een aanzienlijk verschil tussen de geplande en gerealiseerde deelprojecten was ontstaan. Het 2^e budget viel aanmerkelijk hoger uit door het er bij betrekken van fase 7 deelprojecten en door enerzijds uitbreiding van deelprojecten en anderzijds wegvallen van deelprojecten.

Het eerste budget aan het begin van de transitie in 2012 en het tweede budget van halverwege de transitie in 2014 zien er als volgt uit. De gestopte deelprojecten zijn met -x- aangegeven.

Onder de gestopte deelprojecten zijn ook de cisterne met waterfilters en de laadpaal voor een elektrische auto die op langere termijn wellicht nog gerealiseerd zullen worden. Dat valt dan buiten de kaders van de 'case study' benadering die voor deze transitie zijn vastgesteld.

Vergelijking van het eerste (2012) en het tweede (2014) budget

Hfst Nr	2012 Nr	Deelproject	2012 1 ^e Budget Euro	2014 2 ^e budget Euro	Categorie
1.1-4	3	3laags glas/lichtkoepels	2560	1392	gas
2.	2	Isoleren Spouwmuren	2400	2491	gas
3.	17,18	Zonnepanelen fase 1	7000	3982	elektra
4.1	19,20	Doorspoelblok/perlatoren	10	12	water
4.2	15	Mechanische deurbel	20	50	elektra
4.3	9,14,16	Gebruik beperken	5	5	elektra
4.4	8	Zuiniger verlichting	100	114	elektra
4.5		Isoleren houten vlakken	0	186	gas
4.6	5	Na-isoleren uitbouw	1000	569	gas
4.7	1	Isoleren WC beneden	200	-x-	gas
4.8	5	Na-isoleren zolder	1000	1000	gas
4.9	4	Na-isoleren vloer woonk.	800	10427	gas
4.10	4	Na isoleren vloer uitbouw	0	-x-	gas
4.11		Tochtwering	0	5	gas
4.12		Koudebruggen	0	0	gas
5.1	6	Warmtepomp achter	4000	5572	gas
5.2	6	Warmtepomp woonkamer	4000	5000	gas
5.2	6	Warmtepomp 1 ^e verd.	2000	2000	gas
5.3		Elektrische zonneboiler	0	2400	gas
5.4	12,13	Elektrisch koken	0	368	gas
6.1	21	Grijs eco-toilet	500	58	water
6.2		Regentonnen	0	115	water
6.3		Rioollozing verkleinen	0	0	water
6.4,6.5,7.8		Cisterne en Water filters	0	-x-	water
7.1	10,11	Zuiniger apparatuur	0	1478	elektra
7.2		Zonnepanelen fase 2	0	3982	elektra
7.2		Zonnepanelen fase 3	0	1300	elektra
7.3		Windgenerator	0	-x-	elektra
7.4,7.5,7.9-10		Accubatterij en regelaar	0	-x-	elektra
7.6		Oplaadpaal tbv auto	0	-x-	elektra
7.7	7	CV en gas weg	0	0	gas
7.11-12		Wind ventilatie en wtw	0	-x-	elektra
			_____+	_____+	
Totaal			25595	42506	

VI Uitvoering

(1) Drie laagse beglazing

Vanaf de jaren tachtig is, op twee kleine raampjes na, overal dubbel glas geplaatst in huis 1938. Het gevelaanzicht is er niet door aangetast, het interieur ook niet.

Er zijn voor vervanging van enkel glas en voor nieuwe ramen verschillende lichten dubbel glas geleverd door verschillende bedrijven.

De woonkamer is bij de vervanging van enkel glas eerst aangepakt in 1987, pas 10 jaar daarna, in 2007, is dat ook op de 1^e verdieping gedaan.

Op de dubbel glas ramen in de woonkamer staat "THE KMU VERRE 2 87". Hieraan is 1987 wel, maar de kwaliteit niet te herkennen en dus moet aangenomen worden dat het een Ug waarde van ongeveer 2.0 W/m²K heeft. Dit glas is door een plaatselijke glaszetter aangebracht en de herkomst is niet bekend.

Na het ombouwen tot studeerkamer van de schuur waar de CV ketel staat is in de zijramen dubbel glas met codering "Isolide S 22 10 2001 0000003811" aangebracht. Ook hiervan kon niet meer de leverancier worden achterhaald. De Ug waarde is op 2.0 W/m²K gesteld.

Op de 1^e verdieping is in de spouw van het dubbel glas de belettering "407625/8 HR++ UniTop Premium 1.3.5+4 12 15.10.2007 JRB CE EN 1279" te zien. In deze codering is 2007 en "HR++" te herkennen. Dit betekent een Ug waarde van 1.2 W/m²K. Dit glas is betrokken van Brandsma Glas, een inmiddels niet meer bestaand bedrijf.

De uitbreidingen aan het huis zijn elk meteen van dubbel glas voorzien. Het begon in 1986 met een Ubbink dakraam voor (dit is i.v.m. plaatsing van PV zonnepanelen begin 2013 weer verwijderd), in 1990 de dakkapel, in 2002 bij de uitbouw aan de studeerkamer achter en in 2006 bij de uitbouw aan de keuken en woonkamer.

De ramen van de dakkapel hebben code "FTG 1/90", het jaartal 1990 is wel herkenbaar maar de kwaliteit niet. Een Ug waarde van 2.0 is ook hiervoor aangenomen.

Bij de uitbouw aan de keuken en woonkamer is dubbel glas toegepast met een codering "340449/1 HR++ UniTop 1 3 6 4+5mm 12 13.3.2006 JRB". Het jaar 2006 en de kwaliteit "HR++" zijn herkenbaar. De glas leverancier was eveneens Brandsma.

Voor de studeerkamer uitbouw achter, gedaan in 2006, is door de kozijnen fabriek dubbel glas meegeleverd in een uitvoering "Thermobel AM 4008". Dit lijkt van Glaverbel te zijn, immers die fabrikant voert nu deze merknaam. Een vraag aan hun Nederlandse verkoopmaatschappij AGC Flat Glass Nederland in Tiel op 20 augustus 2013 over de Ug waarde, levert op 21 augustus 2013 als antwoord op: voor jaren negentig dubbel glas is een indicatie Ug= 1.6 – 2.8 W/m²K. De AM 4008 codering wordt echter niet (meer) herkend door AGC.

Hedendaags drielaags "HR3" glas kan een U-waarde van 0.4 - 0.7 W/m²K halen afhankelijk van vulling en coatings (Groothoff, 2012). Er is, mede gezien de kosten, besloten het bestaande dubbel glas te behouden. Hiermee is nog een grote stap in de richting van de "Passive house" norm te maken. Voor een compleet venster, kozijn en glas, schrijft die norm een K waarde minder dan 0.85 W/m²K voor (Feist, 2012). Voor 3 laagse glas bestaand uit dubbel glas met een voorzetraam op circa 10 mm afstand bereikt de berekende K-waarde in het slechtste geval 1.3 W/m²K maar is bij de HR++ ramen naar schatting rond 0.85 W/m²K en haalt dus de norm, zeker als er een goed isolerend kozijn meegerekend wordt.

(1.1)Voorzetramen begane grond



Detail de 3^e laag zit aan de binnenkant voor het dubbel glas.



September 2015 - Een schoonmaakbeurt waarbij de 3e glaslaag er even af moet.

Naar drielaags glas gaan betekent dus een voorzetraam plaatsen. Er is hier afgezien van speciale coatings en voor gewoon 4 mm glas gekozen. Het aanbrengen van voorzetramen aan de binnenzijde van het bestaande dubbel glas is een secuur werkje dat bij elk raam weer anders is. Van Dijk, een glasbedrijf gevestigd in de buurt van huis 1938, snijdt de 4 mm glas platen voor de voorzetramen op maat. In eigen beheer worden bij de doe-het-zelf winkels in de buurt kit, glasband, verf, latjes, spijkertjes en schroefjes gekocht. Het glas kan het best in eigen beheer worden geplaatst. Goed schoonmaken met spiritus voorkomt onbereikbare maar decennia lang zichtbare vingerafdrukken. Bij een paar ramen in de woonkamer moet het schoonmaken in mei 2014 nogmaals gebeuren. In september 2015 is het nodig in de uitbouw achter.

Het plaatsen van de voorzetramen, stuk voor stuk, kamer voor kamer, verdieping voor verdieping, duurt een paar maanden. Om condens te voorkomen wordt dit in de koude winterperiode, en dus met droge verwarmingslucht in huis, gedaan. De totale kosten voor alle voorzetramen zijn naar schatting 1100 euro. Niet bij alle ramen is een derde laag zinvol. Omdat de zolder als onverwarmde wasdroogruimte met een permanent open raam in gebruik is heeft plaatsen van voorzetramen over het bestaande dubbel glas daar weinig zin. Op de achterdeur is het te kwetsbaar en door het spijlenwerk thermisch ook minder zinvol.

Niet overal ging het plaatsen van een extra glaslaag probleemloos. Het voorzetruitje over het enkellaags geslepen glas in de voordeur leidt 's winters tot wat condens vorming. Op 20 april 2013 waren er 22 voorzetramen op de begane grond geplaatst. De roedeverdeling op het zijraam in de hal, een ontbrekend origineel detail, werd op 16 augustus 2013 opnieuw over het 3 laags glas aangebracht.

(1.2)Voorzetramen 1^e verdieping

Met name in de badkamer is het 's winters te koud. Daar zijn twee buitenmuren en twee grote ramen die extra isolatie nodig hebben. De muren kunnen via spouw isolatie worden aangepakt maar de ramen hebben een voorzetraam nodig om tot 3 laags beglazing te komen. In de twee slaapkamers en het halletje is het plaatsen van voorzetramen eveneens mogelijk en zinvol tegen warmteverliezen.

Op de kamer naast de douche op de 1^e verdieping stond aan het begin van het project een droogrekje bij het open raam. Dit is, net als de waslijnen op zolder, een gevolg van het buiten gebruik stellen van de wasdroger. De was droog plaats op zolder wordt per 21 maart 2013 uitgebreid zodat het raam in de slaapkamer achter op de 1^e verdieping dicht kan. Dit betekent dat op de 1^e verdieping toch nog een interessante winst mogelijk is door een 3^e glaslaag aan te brengen. Eind april 2014 wordt begonnen met de glaslaten op de 1^e verdieping. Alleen de oude balkondeur in de slaapkamer achter blijft - ook vanwege de kwetsbaarheid – zoals hij is met dubbel glas. Op 27 mei 2014 is het glas voor de 8 voorzetramen op de 1^e verdieping door VanDijk afgeleverd. Op 30 mei 2014 zit het er in.



1 mei 2014 Fabricage van glaslatjes voor de ramen op de 1^e verdieping

(1.3) Binnenramen woonkamer en badkamer

In huizen van honderden jaren geleden werden ze ook al toegepast: binnenramen of vitrines. Ze bestaan uit enkel glas in een slank uitgevoerd extra raamkozijn dat naar binnen opendraait met een afstand van circa 10 cm tot de gewone beglazing in de buitenmuur van het huis. Het open kunnen doen is nodig voor schoonmaken. Het aanbrengen er van voor een 3-laags venster leidt tot 4-laags beglazing en het halen van de passive house norm.

Binnenramen zijn goed toe te passen bij ramen die vrijwel altijd gesloten zijn. In de 10 cm lucht in de tussenruimte is - in theorie in elk geval - zelfs plaats voor siervoorwerpen.

In de woonkamer is een geschikte plaats voor een binnenraam midden in de zijgevel. Dit verhoogt het comfort in de zithoek. In de badkamer op de 1^e verdieping zitten twee openslaande ramen die op het Noorden gericht zijn. Het comfort in de badkamer is -ook in theorie- met het plaatsen van binnenramen te verbeteren. In praktijk staat er echter altijd een raam open in de badkamer, uitzonderingen zijn er alleen bij strenge vorst in de wintermaanden.

Omdat de hierboven genoemde 'kandidaat' ramen ook al van 3 laags glas zullen worden voorzien is de energiebesparing door een 4^e laag glas en een luchtsponw van 10 cm relatief klein terwijl de hoeveelheid werk relatief groot is. Dit project is daarom voorlopig voor onbepaalde tijd uitgesteld. Wel zijn er in de woonkamer op 25 augustus 2015 shutters binnen voor het zijraam geplaatst.

(1.4) Lichtkoepels

Het zo dicht mogelijk bij de transparante polycarbonaat koepel dagmaat aansluiten houdt de aan te brengen extra beglazing kleiner van afmeting en dus lichter in gewicht. Er is hier om praktische redenen voor inkopen van dubbel glas gekozen. Een houten steunframe met een brede sponning is hierbij nodig. EPS isolatieschuim is toegepast om de dunne kunststof opstanden na te isoleren. Dit

materiaal is met lijm en multiplex plaat aan het houten steunframe te bevestigen. Een damp remmende laag is bij EPS niet noodzakelijk, dampdicht afkitten langs de omtrek wel. De K-waarde van de lichtkoepels zakt hierdoor volgens berekeningen van 2.80 W/m²K naar 1.00 W/m²K. Glasleverancier Van Dijk attendeert op de mogelijkheid om ook een geluiddempend folie aan te brengen. Na enig zoeken blijkt dit kant en klaar leverbaar. De Phonibel asymmetrische dubbele beglazing met gelaagd glas haalt een Rw van 50 dB terwijl normaal dubbel glas 29 dB haalt. Het is een product van Glaverbel. Het pakket bestaat uit een laag glas van 6 mm, een spouw van 12 mm, een sandwich van twee 4 mm glaslagen met een 1mm PVB folie er tussen, en is in totaal dus 27 mm dik (Intermaat.nl, 2013).

Dit gewichtige glaspakket vereist een stevige ondersteuningsconstructie. Het glas vergt een goede oplegging langs de omtrek. Met 10 mm oplegging moet de afmeting van het glas 92x 92 cm of meer zijn om de 'dagmaat' van de lichtkoepel, en dus de hoeveelheid binnenvallend licht, te behouden. Een lichtere constructie die toch veilig is kan misschien ook.

Als het glas breekt boven de eetkamertafel of boven de keukenvloer kan het de bewoners eronder raken. Dit risico is met veiligheidsglas te vermijden. Een folie die aan het glas zit gelijmd houdt dan de stukken bijeen en het raam valt niet naar beneden.

Op 22 augustus 2013 gaat een vraag naar Glaverbel verkoopmaatschappij AGC Flat Glass Nederland in Tiel over een geschikt type voor onder de polycarbonaat lichtkoepels. Daags er na volgt een advies: een samenstelling van twee heldere veiligheidsglas lagen van 4 mm en 16 mm lucht er tussen levert 30 dB(A) geluidsreductie op. De Ug waarde is 2.7 W/m²K (yourglass.com). Deze komt in serie met de Ug waarde van de bestaande koepel en samen levert dit voldoende thermische isolatie op. AGC verstrekt verder nog informatie over gelaagd enkel glas, geluidsisolatie van dubbel glas en speciaal geluidwerend dubbel glas met geluidsreductie waarden tot 50 dB(A). De bijdrage van de folie is tot circa 2 dB(A) beperkt. De glasdikte en luchtlaag blijken het meest bepalend te zijn. Voor prijs en levertijd moet een plaatselijke glas leverancier benaderd worden.



23 juli 2014 Montage van de draagframes



25 augustus 2015 Shutters voor het zijraam

In mei 2014 wordt dit vraagstuk voorgelegd aan glasleverancier VanDijk. Zij adviseren 'gelaagd glas' dat bestaat uit 2 lagen van 4 mm glas en daartussen een folie. Het belangrijkste daarbij is de

veiligheid. Gelaagd glas valt bij breuk niet in kleinere stukken uit elkaar en, in het geval van een lichtkoepel, naar beneden. In de afvalbak bij VanDijk liggen een paar stukken kapot gelaagd glas en die laten dat inderdaad zien. Met een laag gelaagd glas zijn, via het gewicht en de luchtlaag, de belangrijkste factoren voor geluidswering te realiseren. Dit gaat dus het ontwerp bepalen. De FSC houten rand waar het gelaagd glas op rust moet de licht opening niet kleiner maken. Verder is de glasplaat zwaar en dat gewicht moet stevig aan de plafondbalken bevestigd zijn. Verder is de kunststof opzetrand ook een bron van geluid en van koude lucht in de woonkamer. De rand zal het isolatiemateriaal daarvoor eveneens moeten ondersteunen. Met 12 mm multiplex en 50 mm EPS en randen uit grenen latten is dit uit te voeren. Op 5 juli 2014 begint het timmerwerk aan de twee draagframes. Op 23 juli 2014 zitten die op hun plaats. Op 3 oktober 2014 is het glas op maat geleverd: twee lagen van 3 mm met 0.2 mm folie er tussen. Het glas gaat er op 2 december 2014 in.

(2)Spouwmuur isolatie

Huis 1938 is uitgevoerd met spouwmuren, rond 1930 in Nederland en omliggende landen ingevoerd om vochtdoorslag naar binnen door regen op de buitenmuur te voorkomen (Meeusen, 2006). De tussenruimte tussen binnen- en buitenblad, de spouw, blijkt circa 6 cm te zijn en goed afgewerkt. Risico van koudebruggen, vochtdoorslag en schimmelvorming via in de spouw achtergebleven puin of cement is dan ook niet aan de orde. Ook zijn er geen damp remmende stenen of een glazuurlaag toegepast. Wel ventileert de kruipruimte via de spouw. Er is dus toegang nodig naar de kruipruimte in verband met de keuze van de plaats voor nieuwe ventilatie openingen naar de buitenlucht. Onder het gasfornuis in de keuken zit een toegangsluik. Vanuit die plek is elke plaats in de kruipruimte -met enige moeite- bereikbaar.



26 januari 2013 Spouwmuurisolatie aanbrengen

De keuze van het juiste type materiaal is snel gemaakt: polyurethaan schuim (Meeusen, 2006). De kieren rondom alle kozijnen binnen en buiten moeten dicht gekit worden omdat anders het dun vloeibare polyol en isocyaan mengsel er uit kan lopen voor ze samen tot schuim expanderen. Kit wordt in december 2012 in eigen beheer aangebracht, ruim van tevoren zodat het op tijd uitgehard is. Op basis van de van tevoren onderzochte prijsniveaus blijkt de aanbieder van Pluimers, van 2462 euro voor het totaal van 67 m² spouwmuur prijstechnisch goed bruikbaar. Op 25 januari, laat in de middag en 26 januari 2013 's morgens vroeg is het zeer rumoerig rond het huis maar het boren en vol schuimen komt binnen een halve werkdag af. Er is wel een probleem met de kou. De gaten in de voegen op snee moeten nog gedicht worden maar cement hardt niet uit bij vorst. Ook het veilig aanbrengen van nieuwe ventilatieopeningen naar de kruipruimte zonder al borend een leiding te raken kan niet meteen. Pluimers stuurt een specialist die na een inspectie met een diamantboor drie ventilatiegaten van 50 mm boort en er buizen in- en roosters voor plaatst. Omdat het net niet meer vriest kunnen later in de ochtend twee metselaars die dag ook de circa 70 boorgaten in de voegen dichten. Hoewel de voeg op snee niet minutieus met een voegspijker wordt hersteld is de reparatie desondanks vrijwel onzichtbaar. Op 14 februari 2013 is de spouwmuurisolatie klaar. De spouw isolatie loopt tot ongeveer 60 cm onder het maaiveld door, daar rusten binnen- en buitenblad op een gemetselde fundering.

Het bereikte resultaat is te vinden uit de vergelijking van de K-waarden voor een geïsoleerde en een ongeïsoleerde spouwmuur. Op de aflever bon staat dat de Rd-waarde voor 6 cm schuim dikte 1.71 m²K/W is, de K waarde bedraagt daarmee $1/1.71 = 0.58 \text{ W/m}^2\text{K}$, overeenkomend met waarden uit praktijk onderzoek van 1.52 W/m²K vóór en 0.588 W/m²K na aanbrengen van 6 cm PUR schuim (Meeusen, 2006). De warmtestroom door de spouwmuren is dankzij de nieuw aangebrachte PUR laag met 62% afgenomen.

Het vigerende bouwbesluit schrijft voor dat een buitenmuur een K waarde van 0.4 W/m²K of minder moet hebben. De norm voor het 'passive house' ligt nog lager en is 0.15 W/m²K (Feist, 2012). Deze waarde is pas bij een grotere isolatie schuim dikte en de afwezigheid van koudebruggen te bereiken. In de woonkamer is in 1986 tegen de spouwmuur van de zijgevel bij de zithoek een voorzetwandje geplaatst met 5 cm EPS er in. Op die plaats haalt de K-waarde 0.29 W/m²K.

(3)PV-zonnepanelen

Het huis ligt met de voorgevel naar het zuiden. In het schuine pannendak aan de voorzijde zit aan het begin van het project een dakraam dat de mogelijke plaatsing van zonnepanelen belemmert. Het verwijderen van dit dakraam is mogelijk omdat aan de achterzijde een grote dakkapel voor voldoende licht op de zolderverdieping zorgt. Achter het huis heeft het in de uitbouw opgenomen schuurtje ook een schuin dak op het zuiden. Bij de lage zonnestand in de winter komt het niet of nauwelijks in de zon en daarom is het niet geschikt. Achterin de tuin is een werkplaats met een schuin dak op het zuiden dat veel plaats biedt aan zonnepanelen. Een grote berkenboom die hoog boven het huis uit torent neemt de zon hier echter voor meer dan de helft van de tijd weg. Deze boom mag volgens de gemeentelijke verordening zonder kapvergunning worden omgehakt. In het begin van de winter, voor het eind van 2012 verdwijnt het dakraam en valt de boom.

Een verkenning van de markt leert dat er zonnepanelen aanbod in maten en soorten is. Ook zijn er voorbeelden van systeemontwerpen op het internet te vinden. De losse componenten zijn allemaal te koop (solarnrg.nl). Een elektrisch schakelschema tekenen en de componenten trefzeker kiezen blijkt zonder specialistische kennis niet eenvoudig te zijn. Ook zijn er grote prijsverschillen. Een

via internet te bestellen, als kit leverbaar, systeem met 6 Yingli panelen kost 4030 euro. De huisleverancier van elektriciteit Eneco biedt een vergelijkbare set van 6 panelen, gemonteerd en al, voor 4358 euro aan. In de landelijke actie “zon zoekt dak” zijn 10 panelen met toebehoren voor 4250 euro te koop (Zonzoektdak.nl).

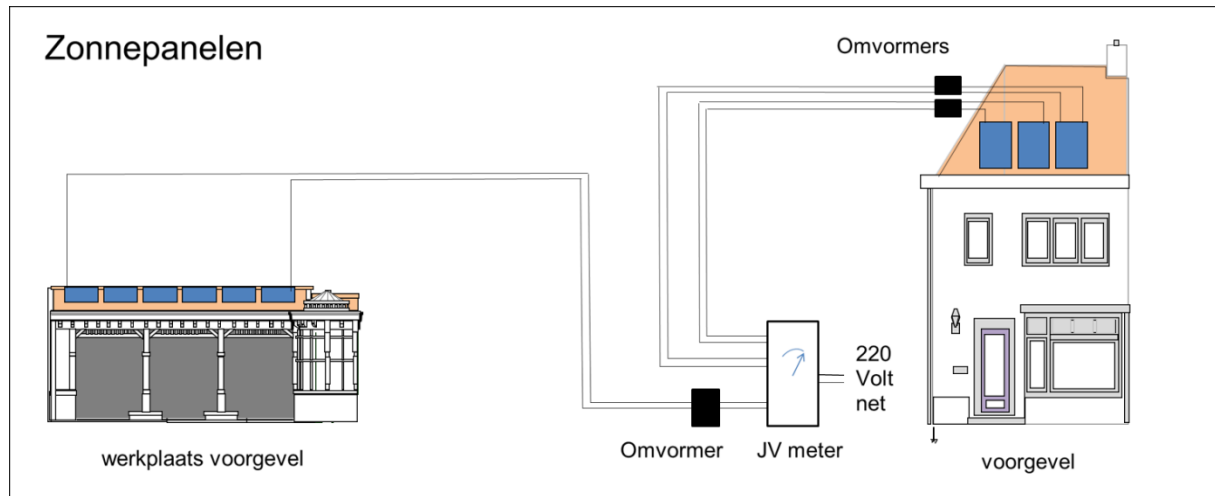
Het blijkt uiteindelijk handig om 9 in de handel verkrijgbare Canadian zonnepanelen met elk een afmeting van 1 x 1.65 m² te plaatsen, 6 stuks op de werkplaats en 3 op het huis. Omdat ze een verschillende hellingshoek hebben is een aparte omvormer nodig voor elk van de twee plaatsen. In de toekomst is een flinke uitbreiding van het aantal panelen op de werkplaats en het platte dak van de veranda nog mogelijk.

De gewenste 9 PV panelen met omvormers en toebehoren blijken uiteindelijk voor 4500 euro geïnstalleerd en wel bij JVBouw te verkrijgen (JVBouw.nl). Die krijgt dan ook de opdracht. Er zijn uiteindelijk 3 omvormers nodig die tot een 6+2+1 panelen configuratie leiden. Net als bij de andere aanbieders moeten de meegeleverde kabels door de tuin wel zelf aangelegd worden, een forse doe het zelf klus want de afstand van werkplaats dak naar de meterkast bij de voordeur is ruim 40 meter. Op 30 januari 2013 ligt die kabel er. Op 15 februari 2013 plaatst specialist JVBouw met drie man de 6+2+1 zonnepanelen, twee kleine Enecsys D240 en D480 omvormers op het dak en de nodige bekabeling naar de meterkast. De winterzon schijnt even op de zes in serie geschakelde panelen bovenop de werkplaats en er wordt aan het eind van de kabel in de meterkast 215 Volt DC onbelast gemeten. De daar nog ontbrekende derde, grotere, Omnik 1,5k-TL omvormer plaatst JVBouw op 18 februari 2013 en een elektricien sluit alles in de meterkast op het 220 Volt net aan. Eind van de ochtend breekt de zon door en loopt er voor het eerst stroom naar het net toe !

De oude meterkast was al jaren aan vervanging toe. Een ingewikkeld nieuw timmerwerkje is nodig om de contouren van de geplaatste nieuwe meters te volgen. Op 30 maart 2013 is de nieuwe meterkast geschilderd en wel klaar. De betimmering is met een paar schroefjes los te nemen. Materiaalkosten voor zonnepanelen zijn voor 15%, maximaal 650 euro per adres, subsidiabel. De aanvraag is 17 februari 2013 op internet ingediend en twee weken later staat het bedrag van 570 euro op de rekening (agentschapnl.nl). De netbeheerder zou verder voor circa 100 euro een, in verband met het salderen van terug geleverde stroom aan het net, geschikte elektriciteitsmeter moeten plaatsen maar in huis 1938 lijkt de oude draaischijf meter aanvankelijk voldoende. De elektriciteit leverancier Eneco krijgt over het aansluiten de zelfde dag nog bericht (ref 130218-001042). JVBouw wordt nog verzocht om een kWh tellertje na te leveren dat alle door zonnepanelen geleverde stroom registreert. Op 20 februari volgt de installatie daarvan en betalen we 50 euro. Het aanmelden voor terugleveren bij Eneco op 18 februari leidt er toe dat er op 27 februari een e-mail van Eneco binnenkomt waarin staat dat dit moet worden opgegeven bij energieleveren.nl (energieleveren.nl). Dat gebeurt diezelfde dag nog. Van Stedin wordt op 7 maart een brief ontvangen waarin staat dat ze een nieuwe meter komen plaatsen en de aanwezigheid van zonnepanelen a 1800 kWp per 28 februari 2013 is geregistreerd (EAN code 871687400010542528). De oude meter is niet voor teruglevering geijkt en heeft geen apart telwerk voor registratie van teruggeleverde stroom. Het salderen kan zo niet goed genoeg gebeuren. Op 20 maart 2013 wordt -naast een nieuwe digitale gasmeter- ook een nieuwe digitale ‘slimme’ stroom verbruiksmeter met 4 telwerken gratis door Stedin geplaatst. De meter geeft de standen zelf door aan Eneco. Als consument is dat een (kleine) zorg minder. Nadeel voor de consument is dat het niet zo direct duidelijk zichtbaar is hoeveel zonne energie er opgewekt is. Daarvoor is het met regelmaat registreren van gegevens nodig of het aanschaffen van nieuwe digitale monitoring hulpmiddelen waarvoor op TV reclame wordt gemaakt.

Ook verschaft Eneco zelf na enige tijd automatisch registreren inzicht in verbruikscijfers via “Mijn Eneco” op de site (Eneco.nl).

De zonnepanelen zien er uiteindelijk als volgt uit:



Nieuwe verbruikscijfers

De oude gas- en elektriciteitsmeters zijn op 20 maart 2013 door de Stedin monteur afgelezen om hun eindstand vast te leggen maar daarvan is geen notitie in Huis 1938 gemaakt. Op de website van Eneco wordt op 1 mei 2013 bij toeval ontdekt dat de ‘smart meter geactiveerd moet worden’ om de details over standen en het gas en elektriciteitsverbruik te kunnen zien. Kennelijk is dit eerder aan de aandacht ontsnapt.

Op 1 mei 2013 worden daarom direct alle meterstanden afgelezen. De vier aparte Eneco elektriciteitsverbruik telwerken staan op 78, 88, 73 en 109 kWh. Het door JV-Bouw geplaatste zonnestroom telwerkje staat op 372,96 kWh. Deze getallen spreken niet voor zich.

Een gebruiksinstructie bij de Landis+Gyr E350 DSMR 2.2+ elektriciteitsmeter, een registratietabel voor meterstanden en een grafiek van het verbruik zouden meer inzicht moeten verschaffen.

Gebruiksaanwijzing elektriciteitsmeter

Een gebruiksaanwijzing voor de geplaatste E350 meter is niet op het internet te vinden. Noch met de mondelinge instructie, van de monteur die hem plaatste, noch met ervaringsgegevens van bloggers over soortgelijke meters is te reconstrueren hoe het precies zit. Kennelijk is er ook software in het spel bij het instellen van de telwerken.

Een vraag aan de Eneco klantenservice is dus op z'n plaats. Op 7 mei 2013 wordt antwoord op de vraag over de 4 telwerken ontvangen. Dit alles levert het volgende inzicht op:

De 4 telwerken meter maakt onderscheid tussen hoog en laag tarief. Vervolgens registreert de meter de import van- en de export naar het net, steeds binnen vastgestelde tijdsintervallen Δt .

Uitgangspunt is dat het opgewekte vermogen uit de zonnepanelen P_{zon} eerst de installatie in gaat. Het netto vermogen is bepalend bij zowel import als export. Dit houdt het volgende in:

Als het momentane vermogen, gebruikt door de installatie, P_{inst} gedurende een tijdsinterval groter is dan P_{zon} gaat de stand van het telwerk voor van het net afgenomen import energie, E_{imp} , omhoog met: $\Delta E_{imp} = \Delta t * (P_{inst} - P_{zon})$. Het vermogen van de zonnepanelen leidt in dit geval niet tot verhogen op het telwerk voor export energie omdat het net netto aan het huis levert.

Het wordt anders als er meer zonne energie wordt opgewekt dan in de huis 1938 installatie wordt gebruikt. Ook hier gaat het opgewekte vermogen Pzon eerst de installatie in. Blijft er dan nog opgewekt vermogen over dan wordt dit naar het net geëxporteerd. Het telwerk voor netto geleverde export energie aan het net, Eexp, gaat dan omhoog met: $\Delta E_{exp} = \Delta t * (P_{zon} - P_{inst})$. In dit geval blijft het telwerk voor import gelijk omdat de zonnepanelen netto aan het net leveren.

Registratietabel meterstanden

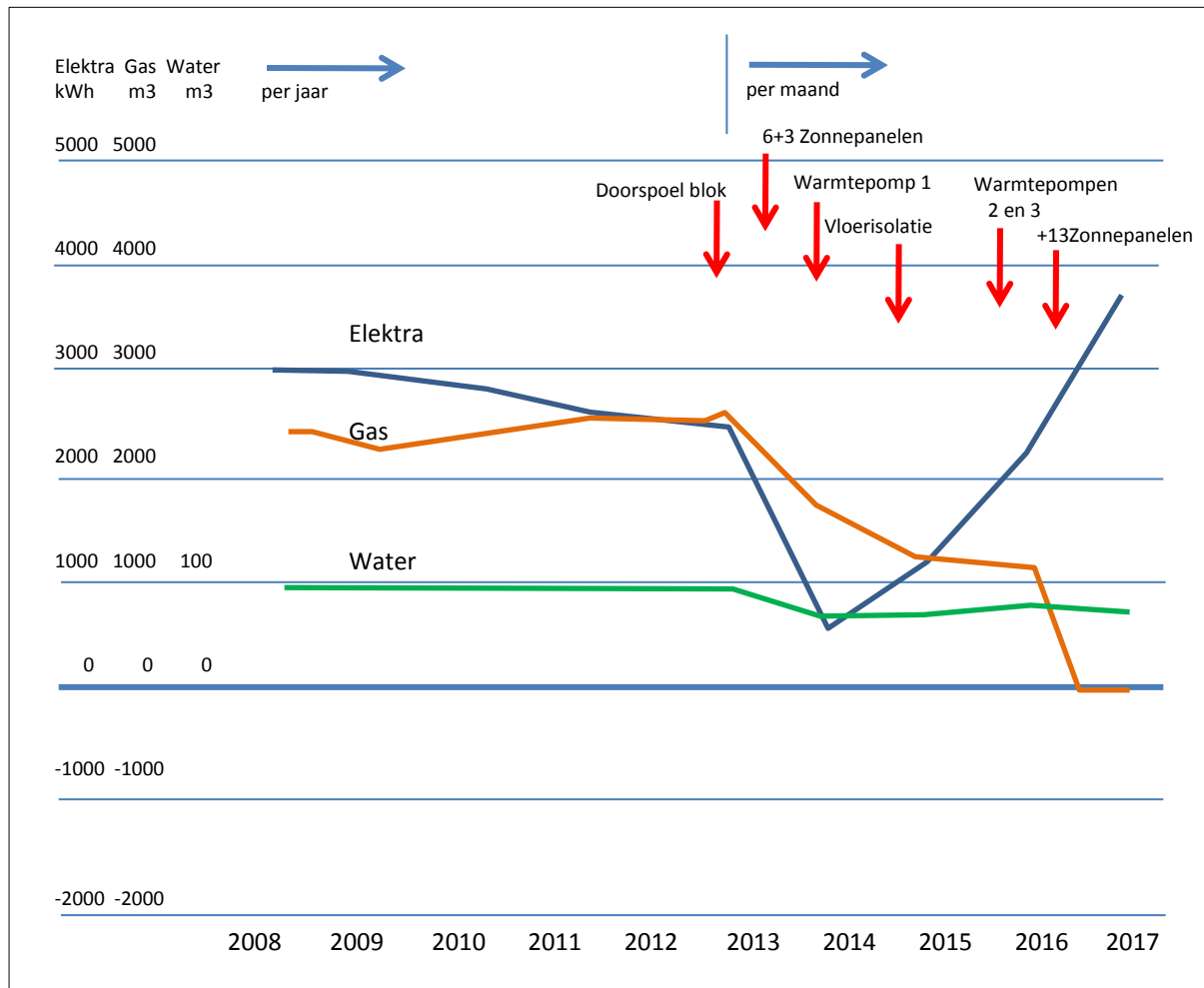
Enkele weken na de eerste aflezing op 1 mei 2013 worden ze op 22 mei 2013 en 1 juni 2013 nogmaals afgelezen. Samen met de bekende historie van oude meterstanden ontstaat een interessante tabel met verbruikscijfers voor elektra, gas en water.

Meterstanden									
Datum	Elektriciteit						Gas		Water
	Zonne-panels	Draaischijf	Smart meter				Tel werk	Smart meter	
	JVBouw	Eneco	Eneco	Eneco	Eneco	Eneco	Eneco	Eneco	Tricijn
	Telwerk	Telwerk	1.8.1	1.8.2	2.8.1	2.8.2			
			(1)	(2)	(3)	(4)		(1)	
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	m3	m3	m3
2007									
18-sep-07		68470					45394		
2008									
16-jan-08									479
22-okt-08		71802					48065		
2009									
1-jan-09		72479					48906		
26-sep-09		74611					50460		
2010									
2-okt-10		77370					53108		
2011									
21-okt-11		80038					55779		
2012									
30-sep-12		82409					58233		
31-okt-12									945
2013									
23-jan-13									963
20-feb-13	0								
20-mrt-13		83609	0	0	-0	-0	60191	0	
1-mei-13	372,96		78	88	-73	-109		364	983
22-mei-13	510,77		111	112	-123	-156		446	986
1-jun-13	594,08		125	128	-134	-194		494	
27-jun-13	810,56		156	148	-188	-298		535	992
27-jul-13	1078,54		192	185	-252	-420		559	999

28-aug-13	1324,64		237	226	-295	-538		578	1005
27-sep-13	1490,00		280	277	-318	-621		637	1011
4-nov-13	1624,43		383	409	-343	-670		777	1019
1-dec-2013	1665,88		505	567	-346	-675		934	1024
31-dec-2013	1702,06		661	741	-347	-676		1147	1031
2014									
2-feb-2014	1752,75		811	931	-352	-681		1392	1037
3-mrt-2014	1830,90		941	1091	-359	-694		1592	1044
31-mrt-2014	2002,52		1029	1185	-384	-756		1719	1049
29-apr-2014	2212,00		1097	1242	-418	-846		1791	1054
31-mei-2014	2451,95		1167	1303	-468	-931		1866	1061
30-jun-2014	2703,59		1204	1342	-521	-1042		1884	1067
31-jul-2014	2955,22		1241	1381	-573	-1152		1901	1072
30-aug-2014	3171,34		1285	1435	-611	-1241		1929	1078
30-sep-14	3358,04		1337	1492	-646	-1325		1954	1085
29-okt-14	3446.43		1403	1602	-658	-1353		2024	1091
30-nov-14	3498.50		1522	1790	-665	-1358		2184	1097
27-dec-14	3525.05		1663	1929	-668	-1360		2333	1101
2015									
1-feb-2015	3561		1884	2190	-670	-1363		2612	1109
6-mrt-2015	3666.67		2050	2416	-675	-1374		2849	1115
1-apr-2015	3845.6		2151	2508	-700	-1434		2961	1120
26-apr-2015	4024.55		2252	2605	-726	-1493		3072	1125
30-mei-2015	4323.63		2328	2664	-793	-1606		3154	1133
1-jul-2015	4614.10		2384	2706	-840	-1760		3187	1139
29-jul-2015	4837.83		2426	2746	-878	-1859		3211	1148
29-aug-2015	5084.23		2467	2812	-934	-1963		3241	1157
30-sep-2015	5259.74		2532	2896	-963	-2037		3306	1165
30-okt-2015	5357.70		2712	3160	-973	-2053		3350	1170
30-nov-2015	5404.52		3059	3516	-975	-2056		3351	1177
31-dec-2015	5439		3406	3973	-975	-2056		3352	1184
2016									
1-feb-2016	5476		3958	4647	-976	-2057		3352	1190
28-feb-2016	5609.20		4388	5201	-979	-2068		3352	1197
31-mar-2016	5976.02		4814	5672	-1013	-2133		3352	1204
1-mei-2016	6377.74		5091	5905	-1089	-2295		3352	1212
31-mei-2016	6981.20		5199	5984	-1243	-2573		3352	1219
30-jun-2016	7514.30		5265	6055	-1352	-2859		3352	1225
31-jul-2016	7575.40		5354	6195	-1381	-2872		3352	1232
31-aug-2016	8070.40		5421	6261	-1472	-3155		3352	1240
30-sep-2016	8468.60		5491	6332	-1546	-3386		3352	1245
4-nov-2016	8698.75		5754	6645	-1578	-3431		3352	1253
30-nov-2016	8770.30		6164	7099	-1580	-3433		3352	1260
28-dec-2016	8841.84		6594	7552	-1581	-3435		3352	1267

Grafiek van het verbruik

Met de gegevens uit de registratietabel is het mogelijk om een grafiek (zie hieronder) van de verbruikshistorie van gas, water en elektriciteit in huis 1938 te maken. De tijdsperiode loopt vanaf 2007, via de interventie eind 2012 en ruim een jaar daarop aansluitend, tot en met 2016. Een duidelijke respons op de interventie verschijnt vanaf begin 2013 in deze grafiek.



Deze gegevens moeten met de nodige voorzichtigheid worden bekeken. Om te onderzoeken hoe de registratiegegevens geïnterpreteerd kunnen worden is naar vergelijkingsmateriaal van andere woningen gezocht. Op het internet zijn veel bloggers actief bezig met het over langere periodes registreren van verbruiksgegevens van de eigen woning.

Elektriciteitsverbruik

Het elektriciteitsgebruik laat in het algemeen een op maandniveau weinig fluctuerend patroon zien. Een kleine dip in de zomervakantie en een kleine verhoging in de donkere wintertijd zijn niet of nauwelijks van de fluctuaties te onderscheiden. Zonnepaneelgebruikers onderscheiden zich door in de zomerperiode netto een veel lager elektriciteitsverbruik vanaf het 220 Volt net te laten zien. De nieuwe Eneco elektriciteit verbruiksmeter is op 20 maart 2013 in bedrijf gegaan. Op 1(22) mei is het nieuwe verbruik bekeken. Over een periode van 41(62) dagen is het net verbruik, hoog en laag tarief samen, dus $78(111) + 88(112) = 166(223)$ kWh geweest. Dat is 4,05(3,59) kWh per dag. Over diezelfde periode geeft de Eneco meter echter ook aan dat er $73(123) + 109(156) = 182(279)$ kWh

gesaldeerd zou moeten worden. Dat is met 4,44 (4,50)kWh per dag gemiddeld dus meer dan er van het net verbruikt is. Het JVBouw telwerk geeft aan dat er tussen 20 februari en 1(22)mei in totaal 373 (510)kWh zonne energie is opgewekt. Dit is 5,32 (8,23)kWh zonne energie per dag gemiddeld. Over de laatst daaraan voorafgaande gemeten periode zonder zonnepanelen van 345 dagen, vanaf 21 oktober 2011 tot en met 30 september 2012, werd nog 2371 kWh verbruikt, ofwel gemiddeld 6,87 kWh per dag. Dit zijn de eerste harde aanwijzingen dat huis 1938 in de buurt van een gemiddeld netto elektriciteitsgebruik van 0,0 kWh per jaar kan gaan belanden.

Op 1 juni 2013 geeft "Mijn Eneco" de eerste gegevens over het verbruik weer: in mei 2013 is 44 kWh laag tarief en 37 kWh normaal tarief geregistreerd, samen 81 kWh. Er is ook een verschil berekend met het ingestelde "streef" verbruik van 116 kWh dat op -35.06 kWh over de maand mei uitkomt.

Eneco - verdeling elektriciteit "streef" verbruik per maand in kWh (Eneco.nl).

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
156	128	130	118	116	110	114	118	121	135	143	164

Op het eerste gezicht betekenen de 1 juni 2013 en de 1 mei 2013 telwerk standen in de meterkast echter dat er netto $(125-78)+(128-88)-(134-73)-(194-109) = -59$ kWh is verbruikt. De JVBouw meter geeft verder nog aan dat er in totaal 222 kWh zonnestroom in de maand mei is opgewekt. Er is volgens de telwerken (3) en (4) in de meterkast in totaal $85+61 = 146$ kWh terug geleverd. Er is dus $222-146=76$ kWh zonnestroom door de installatie gebruikt. De Landis+Gyr smart meter heeft $47+40=87$ kWh aan netstroom verbruik gemeten met telwerken (1) en (2). De "mijn eneco" verbruikswaarde van 81 kWh wijkt daar iets van af. Over de teruggeleverde zonnestroom is niets op de "mijn eneco" site terug te vinden.

Opnieuw is er dus reden om met Eneco contact op te nemen. Op 2 juni 2013 gaat er een bericht naar de Eneco klantenservice met de vraag of saldering online wordt aangegeven. Op 11 juni komt het antwoord: *"de 'tussenstand slim' functie op webpagina 'mijn eneco' geeft het elektriciteitsgebruik niet realistisch aan en de terug levering is er niet op zichtbaar. Hieraan wordt 'hard gewerkt'. Wel zal aan het eind van het jaar de saldering plaatsvinden volgens de meterstanden op de slimme meter."* Kortweg dus: nee.

Dit antwoord is onbevredigend omdat energiebewust omgaan met de mix van zonnestroom en netstroom zo niet maximaal gefaciliteerd wordt. Ook commercieel lijkt dit niet in te spelen op de groei naar 1 miljoen daken met zonnepanelen zoals die door Natuur& Milieu samen met de ASN bank wordt voorgestaan (1miljoenzonnedaken.nl). Zou de energieleverancier NEM die zo veel ophef maakt in de landelijke pers (nle.nl) over de grenzen tussen grijze en groene energie dat wel doen? Deze leverancier koopt energie met certificaten in en produceert zelf niets. Saldering komt alleen in de jaarrekening voor. Er is op 21 juni 2013 iets met faciliteren van zonnepanelen in voorbereiding (ikzegzon.nl). Ook hier is het antwoord dus: nee. Hetzelfde geldt voor de NUON, de meters houden de saldering bij en 6 a 8 weken na de jaarrekening over netto geleverde kWh's volgt de eventuele verrekening voor saldering van het surplus aan het net teruggeleverde zonnestroom tegen 0.07 Euro per kWh (Nuon.nl). Het zelfde wordt gedaan door E.ON (E.ON.nl). De saldering van Oxxio bedraagt onder 5000 kWh 100% en boven 5000 kWh 70% van het leveringstarief. Ook hier vindt betaling per jaar plaats (Oxxio.nl). Bij Essent wordt 0.24 Euro per kWh onbepikt aangegeven, dit lijkt 100% in alle situaties, fantastisch en mogelijk onjuist tegelijk (Essent.nl).



November 2013 Een nieuw getimmerde meterkast siert de hal

In de Elektriciteitswet van 1998 is in de artikelen 31c en 95c het salderen van door particulieren aan het net terug geleverde stroom geregeld. Particulieren kunnen tot 5000 kWh tegen de normale leverprijs salderen en daarboven moet de vergoeding “redelijk” zijn (**Electriciteitswet 1998**). Dit alles betekent dat het zelf bijhouden van de registratie tabel raadzaam is om eventuele discussies over verbruik en saldering met Eneco aan te kunnen gaan. Eneco blijkt een middenpositie tussen de nutsbedrijven in te nemen. Door het zelf inschatten van het netto verbruik gemiddeld over het jaar en het daarmee bijstellen van de maandbedragen kan worden vermeden dat er teveel geld wordt ‘voorgeschoten’ dat later door Eneco weer teruggegeven moet worden. Als particulier wil je geen “bank” taken voor zo’n grote energiemaatschappij als Eneco doen. Op eneco.nl kan je zelf het termijnbedrag bijstellen. Dit is echter tot maximaal 10% verlaging beperkt. Eneco beschermt haar financiële belangen zelf dus ook. Het termijnbedrag stellen we van 188 euro naar 170 euro per maand bij. En op 5 juli 2013 wordt een bevestiging ontvangen. Niet echt bevredigend want als het verbruik naar ongeveer 0 gemiddeld over het jaar daalt schieten we zo toch een fors bedrag aan Eneco voor. Misschien dat het maandbedrag wel drastisch naar beneden kan ter gelegenheid van de jaarrekening.

Gasverbruik

Anders is het met het gasverbruik. Dit heeft een kleine constante waarde over het jaar heen en daar bovenop een grote piek die wel het tienvoudige kan halen midden in het stookseizoen. De verschillen tussen opeenvolgende jaren zijn betrekkelijk gering. Gebruik van zonneboilers is optimaal in de periode april t/m september, samenvallend met de periode waarin de gasvraag het laagst is. Individuele huishoudens en hun sterk seizoen afhankelijke verbruik leiden tot een nationaal gasverbruik met het zelfde beeld.

Op 20 maart 2013 wordt een nieuwe digitale gasmeter door Stedin geplaatst. De oude gasmeter is op die datum door de Stedin monteur afgelezen om de eindstand vast te leggen maar daarvan is geen notitie in Huis 1938 gemaakt. De nieuwe meter geeft de standen zelf door aan Eneco. Deze nieuwe gasmeter, type Uniflow G4SRV staat op 1 mei 2013 op 00364,0936 m³, af te lezen op het display. Het verbruik over de korte en ongewoon winterse periode van 20 maart 2013 tot 1 mei 2013 is dus maar liefst 364 m³, ofwel 3160 m³ per jaar. Dit benadrukt opnieuw dat de warmtevraag van huis 1938 nog steeds hoog is. Over de weken daarna, tussen 1 en 22 mei 2013, nog steeds erg koud ten opzichte van normaal. Op 22 mei is de gasmeterstand 00446,1098 m³. Daarmee is het verbruik 446-364=82 m³ over 21 dagen ofwel 1425 m³ per jaar. Dat is aanmerkelijk lager dan het oude jaargemiddelde, maar het is dan ook voorjaar.

De grafiek van het gasverbruik in huis 1938 over de jaren voor de interventie verloopt vrij vlak omdat jaargemiddelden worden vergeleken. Bij de registratie over de laatste maanden na de interventie schiet de grafiek omhoog en omlaag omdat er een stukje uit de piek van het stookseizoen 'bemonsterd' is en verbruik over steeds kortere perioden steeds sterker fluctueert. Een uit diverse registraties van bloggers samengestelde model jaarcurve voor het gasverbruik zou hier -in theorie- meer inzicht kunnen bieden. Van vier bloggers is de meerjarenregistratie over elkaar heen gelegd om een gemiddelde jaarcurve te vinden. De spreiding in het maandverbruik in de voor- en najaar maanden blijkt echter zo groot dat hier geen houvast te vinden is (Kleinman, 2013) (Voorst, 2013) (Reinieren, 2013) (Beek, 2013).

Ook Eneco hanteert een over het jaar per maand verdeeld verbruik. Op 1 juni 2013, als de eerste gasverbruikcijfers van de nieuwe digitale gasmeter beschikbaar zijn over de maand mei 2013, wordt dit zichtbaar. Mei staat in dit Eneco model voor 74 m³ terwijl er 124 m³ in werkelijkheid is verbruikt.

Eneco - verdeling gas verbruik per maand in m³ (Eneco.nl).

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
500	408	315	146	74	47	45	49	79	207	376	488

Ongetwijfeld hangt dit duidelijk hogere gasverbruik samen met de erg koude maand mei van 3 graden Celsius kouder dan normaal (NOS.nl). Dit klopt al aardig met de gemiddelde temperaturen per maand, zonder met windsterkte rekening te houden.

KNMI - Gemiddelde "normale" temperatuur per maand in graden Celsius (Weerstatistieken.nl).

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
3.1	3.3	6.2	9.2	13.1	15.6	17.9	17.5	14.5	10.7	6.7	3.7

Spouwisolatie en drielaags glas op de begane grond waren al aangebracht voor deze periode maar hebben nog geen duidelijk meetbaar effect op het jaar verbruik. Wegens gebrek aan gegevens over het gasverbruik kan dus nog niet worden bepaald hoe groot de te verwachten vermindering van gasverbruik in werkelijkheid is.

De vraag is ook of de gebruiker daar precies achter kan komen. Er zijn twijfels over de nieuwe digitale meettechniek via smart meters en de bereidheid van energiemaatschappijen om informatie te verstrekken (Solarwebsite.nl).

Eerste jaarrekening in de nieuwe situatie

Op 4 november 2013 wordt de eerste Eneco jaarrekening ontvangen. De eerste indruk is dat ze wel heel zuinig met salderen lijken te zijn. We moeten kennelijk na al onze investeringen toch 35,74 euro bij betalen ! Gelukkig heeft Eneco nu wel zelf het termijnbedrag nog verder verlaagd naar 133,00 euro per maand. We kwamen van meer dan 200 Euro per maand !

De uitgebreide bijlage bij de jaarrekening bevat in elk geval veel cijfermateriaal zodat het misschien te achterhalen is hoe dat komt en of dat te begrijpen is.

Dus, wat valt er uit die cijfers te concluderen?

-Ten eerste bevat deze rekening enkele vreemde elementen. Er worden “transportkosten” voor Stedin in rekening gebracht in verband met een wetswijziging (435,00 euro). De hierin gespecificeerde kostenposten zijn volstrekt ondoorgrondelijk. Ze zijn in twee delen gesplitst: elektriciteit transport à 260,18 euro en gas transport à 174,93 euro. (Het afkoppelen van de aardgasleiding bespaart dus in theorie 174,93 euro per jaar aan gastransportkosten)

-Ten tweede bedragen de in rekening gebrachte kosten voor levering van gas en elektra zelf 1350,10 euro over de periode 19 november 2012 – 19 november 2013. Hierin is een splitsing gemaakt tussen gas en elektra kosten. Er is 1200 kWh stroom verbruikt en 284 kWh terug geleverd. Met een vastrecht van 27,82 euro leidt dat tot 104,63 euro voor elektriciteit. Het resterende deel van het totaal, een bedrag van 1245,47 euro is voor het gasverbruik van 2700 m³, inclusief 27,82 vastrecht. (Het afkoppelen van de aardgasleiding bespaart dus 1245,47 euro per jaar door geen gas meer te gebruiken)

-Ten derde is er een post “energiebelasting” van netto 347,53 euro in rekening gebracht.

Hieronder staan interessante gegevens.

Energiebelasting op gas (0-5000 m ³)	2700 m ³	588,18 euro
Opslag duurzame energie gas	1847 m ³	5,14 euro
Energiebelasting ecostroom (0-10.000kWh)	1200 kWh	167,22 euro
Vermindering Energiebelasting		-181,39 euro
Opslag duurzame energie elektriciteit (idem)	563 kWh	0,75 euro
Vermindering Energiebelasting		-232,37 euro

Van de 761,29 euro in rekening gebrachte belasting is dus een vermindering van 413,76 afgehaald om tot het netto bedrag van 347,53 te komen.

(Afkoppelen van de gasleiding levert dus een jaarlijkse besparing van circa 550,00 euro energiebelasting op.)

-Ten vierde is er 374,65 euro BTW over de totale som van 2132,74 euro geheven. (Met het afkoppelen van de aardgasleiding is dus ook nog een aandeel van 24,5 % BTW van het totaal van de bedragen die toe te wijzen zijn aan gas gemoeid. Met de hiervoor genoemde bedragen is dat nog eens circa 480,00 euro per jaar vermindering van BTW.)

-Ten vijfde is ook al het eerstvolgende termijnbedrag in rekening gebracht. De te veel in rekening gebrachte 97,00 euro daarvan afgetrokken levert het bedrag van 35,74 als restant te betalen bedrag

op. Het aanvankelijk nogal teleurstellende “bijbetalen” komt daarmee in een heel ander daglicht te staan.

-Ten zesde is in de specificatie van het nieuwe termijnbedrag voor elektriciteit een bijdrage van -0,79 euro per maand opgenomen. Dit geeft aan dat Eneco voorspelt dat de elektriciteit opgewekt met de zonnepanelen in huis 1938 en de elektriciteit afgenomen van Eneco in balans met elkaar zijn. Nog een bewijs dat de elektra rond de 0 kWh per jaar is beland.

In de komende periode van 1 jaar is in ieder geval een positief resultaat van de eerste warmtepomp te verwachten. Die is in werking sinds 18 oktober 2013. De website van Eneco biedt nog steeds de mogelijkheid om het maandbedrag zelf naar beneden bij te stellen tot een maximum van 10% vermindering. Omdat de warmtepomp het elektriciteitsverbruik wat verhoogt maar het gasverbruik naar schatting met het vier- of vijfvoudige daarvan verlaagt is dat een verantwoorde beslissing. Het maandbedrag wordt daarom bijgesteld naar 120 euro. Dit kan via MijnEneco.nl. Op 7 november 2013 is dit voor elkaar.

-Ten zevende zijn bij vergelijking van de Eneco verbruikscijfers met de eigen registratie slechts kleine verschillen bij de stand van de telwerken geconstateerd zoals blijkt uit de volgende tabel:

Datum	Huis 1938 Elektra kWh	Gas m ³	Eneco Elektra kWh	Gas m ³
30/09/2012			82409	58233
21/10/2012	82409	58233		
20/03/2013	83609	60191		
21/03/2013	0	0	83609	60191
27/10/2013			345/377/341/665	743
04/11/2013	383/409/343/670	777		

De kleine verschillen zijn eenvoudig te verklaren uit het verschil in afleesmoment.

-Ten achtste ontstaat bij de saldering een vraag bij de cijfers. Dat wordt veroorzaakt door splitsing tussen voor en na de plaatsing van zonnepanelen. Volgens de telwerken (3) en (4) zou 1013 kWh over het volle zomerseizoen gesaldeerd moeten worden. Uit de gespecificeerde rekening is een totaal van 1006 kWh te herleiden. Er is vanaf 21 maart 2013 in totaal 341+665=1006 terug geleverd en in de installatie is daarvan 377+345=722 verbruikt en niet in rekening gebracht. Blijft over 284 kWh voor aparte saldering.

-Ten negende bedraagt, kijkend naar het besparingspotentieel in het gasverbruik, de optelsom van de hierboven gevonden bedragen voor gas op de jaarrekening een totaal van circa 2450,00 euro per jaar. Zonder gas gebruik zou dat vervallen. Bij het in de toekomst afkoppelen van het gas komt er daarmee dus een aanzienlijk budget vrij om in warmtepompen te investeren.

Het vaste deel hierin is 174,93 (transport) + 27,82 (vastrecht) + 5,14 (opslag duurzame energie gas) + 50,00 (een tiende van de 24.5%BTW) = 257,89 Euro, dus circa 10 % van de totale gas leveringskosten van 2450,00 euro per jaar.

Het variabele deel is $1245,47$ (verbruik) – $27,82$ (vastrecht) + $588,18$ (energiebelasting $0-5000\text{m}^3$) + $430,00$ (negen tiende van de 24.5% BTW) = $2235,83$ Euro, dus circa 90% van de gasleveringskosten.

Warmtepomp: Meer elektra en minder gas

Met het nieuwe bijgestelde maandbedrag gaat het nog niet zonder meer goed. De eerste warmtepomp gebruikt nu stroom in plaats van het aandeel gas dat nodig was voor de verwarming van de uitbouw achter. Hieraan rekenen is niet nauwkeurig te doen maar een schatting is wel mogelijk. Er zijn twee veranderingen tegelijk doorgevoerd:

A) de isolatie in de uitbouw achter is sterk verbeterd en

B) de warmtepomp heeft een COP van ongeveer 4,50.

Voor een bepaalde hoeveelheid warmte kost een elektrische straalkachel bijvoorbeeld 0,45 Euro per uur. Een gaskachel zou voor diezelfde hoeveelheid warmte dan 0,13 Euro per uur kosten

(Consumentenbond.nl - A).

Bij een 50% betere isolatie (de helft van de schil oppervlakken is 100% verbeterd) en een COP voor de warmtepomp van 4,50 wordt dat: $0,45 * 0,50 / 4,50 = 0,05$ Euro per uur. Dat is maar 40% van de oorspronkelijke 0.13 Euro per uur in het rekenvoorbeeld.

Dit rekenvoorbeeld is te gebruiken in de situatie dat als er ongeveer 1/3 deel van het huis (de uitbouw achter) met minder dan 40% van de benodigde kosten verwarmd kan worden dat dan het 90% aandeel variabele gasleveringskosten voor verwarming met ruim $9/10 * 0,40 * 1/3 = 12\%$ zal dalen. Het verlagen van onze kosten via het gebruiken van de door Eneco toegelaten maximale vermindering van 10% van de maandlasten (van 133 naar 120 Euro per maand) is zo gezien dus goed verdedigbaar.

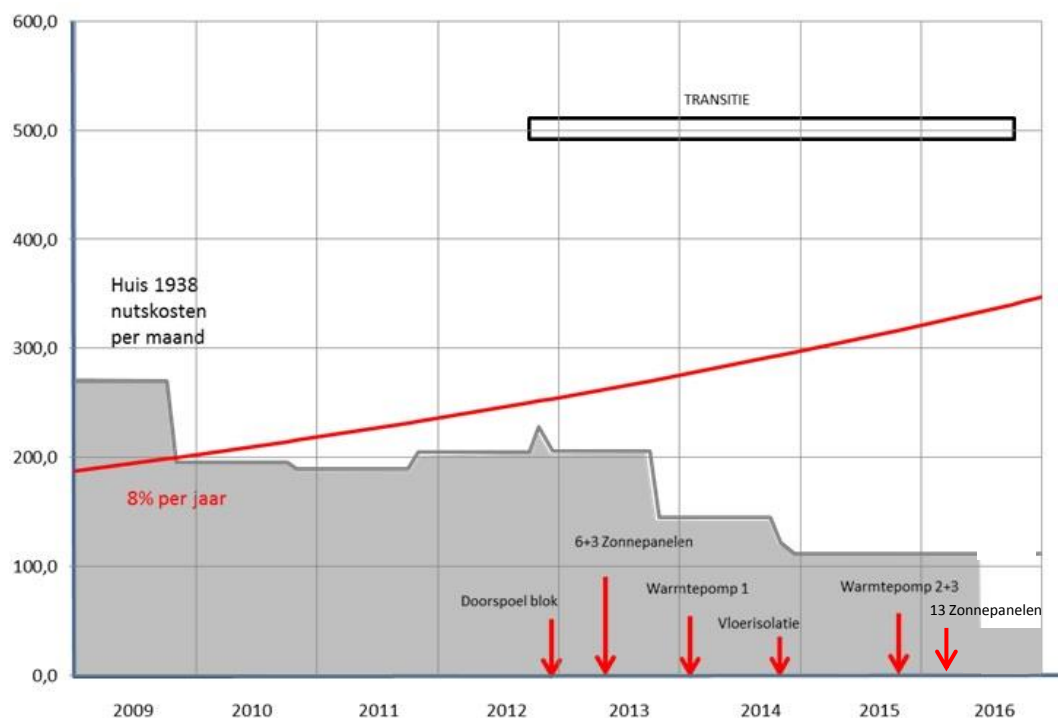
Financieel

De jaarrekeningen van 2009 t/m 2013 geven inzicht in de financiële gang van zaken. De bijstellingen van het maandbedrag elk jaar zijn van de stijgende energietarieven, de stijgende belasting percentages, het fluctuerende weer, de veranderende regelgeving en van de leefwijze in huis 1938 afhankelijk. De ene keer is er een kleine bijbetaling, de andere keer een kleine teruggave.

De effectiviteit van de genomen maatregelen moet uiteindelijk blijken uit de vermindering van het energieverbruik. De meest directe maat hiervoor is, ondanks alle invloeden van buitenaf, het maandbedrag dat Eneco in rekening brengt. De jaarrekeningen vanaf 2009 t/m 2013 verschaffen het nodige inzicht in bijstellingen van de maandlasten als gevolg van tussentijds genomen maatregelen. Een vergelijking met de gemiddelde energiekostenstijging in Nederlandse huishoudens is hier van belang. De cijfers hiervoor verschillen nogal en liggen tussen 5.5% per jaar (16 jaar periode) (compendiumvoordeleefomgeving.nl) 6.2% (15 jaar periode) (Natuurenmilieu.nl) oplopend via 8% à 10% (1 jaar periode) per jaar (energieleveranciers.nl) tot 20% van (1 jaar periode voor alleen de gasprijzen) (ECN, 2012).

Voor de vergelijking met het gemiddelde is hier 8 % per jaar vanaf 2010 genomen. Met inflatie is geen rekening gehouden.

Dit alles leidt eind 2014, en over de helft in de transitie, al tot een zeer bemoedigende grafiek.



Eneco en Tricijn maandkosten t.o.v. 8%/jaar nutskosten stijging trend in huishoudens

Het grijze vlak geeft de hoogte van de totale huis 1938 maandlasten voor gas, water en elektra in Euro aan. Links in de grafiek is er een sterke daling aan het eind van 2009 zichtbaar. Deze is een gevolg van de daling van de olieprijsen die door het begin van de kredietcrisis werd veroorzaakt. In de grafiek is rechts het gevolg van de interventie startend per 1 oktober 2012 duidelijk te zien. Eind 2011 en eind 2012 heeft Eneco de stijgende prijzen trend willen volgen met een ophoging van het maand bedrag. Eind 2012 is van de vrijheid om 10% lager te kiezen gebruik gemaakt. Direct na het plaatsen van zonnepanelen heeft Eneco het maandbedrag naar beneden bijgesteld en toen is opnieuw van de 10% verlagingsmogelijkheid gebruik gemaakt. Tenslotte is na ontvangst van de jaarrekening aan het eind van 2013, in verband met de plaatsing van een nieuwe warmtepomp, nogmaals voor 10% beneden het dan nieuw ingestelde Eneco maandbedrag gekozen. In november 2014 is het maandbedrag van Eneco opnieuw naar beneden bijgesteld : 110,- euro/maand. Bijstellen tot 100,- euro per maand is ook dit keer gerechtvaardigd omdat Eneco op de jaarafrekening een flink bedrag teveel betaalde gas en elektra meldt. Zonder interventie vanaf 1 oktober 2012 zou de verwachting voor de energiekosten meer dan 2 x zo hoog liggen als eind 2014 de werkelijke kosten zijn. Van de 110,- euro/maand vanaf november 2014 hangt ongeveer 72,- euro/maand samen met gaslevering, de rest , ongeveer 38 euro, met elektriciteitslevering. Begin januari 2016 gaat de gasprijs 8 % omhoog en de elektriciteitsprijs 11 % naar beneden . . .

Waterverbruik

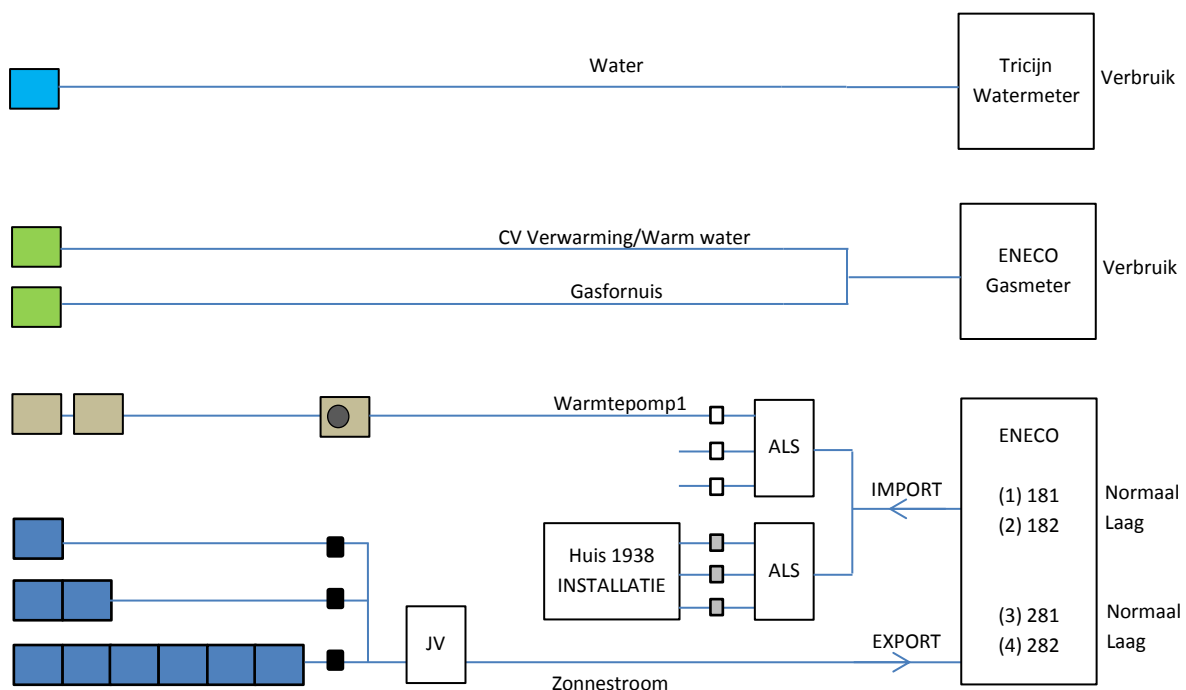
Enkele voorbeelden van Nederlandse verbruiksgegevens over een periode van enkele jaren laten zien dat het waterverbruik grillig fluctueert rond een gemiddelde per jaar. Er is –mits er geen zwembad of excessief de tuin sproeien aan de orde zijn– behalve een vakantiedip geen seizoen patroon te herkennen. De watervoorziening van huis 1938 is in beheer bij Tricijn. De sinds jaren onveranderd werkende watermeter staat op 00983,00936 m³. Het waterverbruik geeft na de interventie een duidelijke daling te zien. Was over de periode tussen 16 januari 2008 en 31 oktober 2012 het verbruik nog 97 m3 per jaar, vanaf 23 jan 2013 tot 1 mei 2013 is dat 74 m3 per jaar. Als de berekening tussen 22 mei 2013 en 4 november 2013 nogmaals wordt gedaan ligt het jaarverbruik ruwweg op $12/5 \cdot (1019-986) = 79 \text{ m}^3$ per jaar.

De vermindering van het waterverbruik is dus van blijvende aard.

Opmerking: In huis 1938 draait een tweepersoonshuishouden. In juli en augustus 2015 was het een drie persoonshuishouden. Met name het waterverbruik laat een duidelijke piek zien.

Schema

Met al deze inzichten lukt het op 12 november 2013 om in een schema aan te geven hoe de zonne-energie, het verbruik in huis, de meterstanden en de rekeningen van Eneco en Tricijn samenhangen.



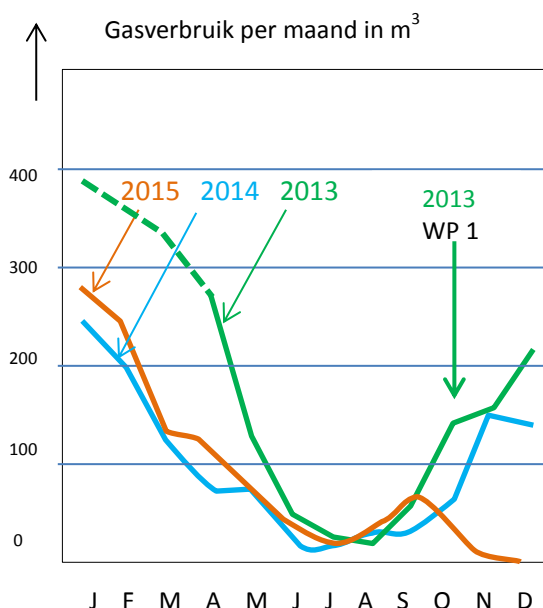
November 2013 – Schema van huis 1938 nutsvoorzieningen

[Toelichting: JV = zonne stroom kWh teller; ALS = Aardlekschakelaar]

Gasverbruik

In mei 2014 is er een jaar verstreken waarin nauwkeurig per maand het gasverbruik is bijgehouden. In de loop van deze 12 maanden is de eerste warmtepomp in werking gezet: eind oktober 2013. Een ruwe indicatie van de vermindering van het gasverbruik doordat de uitbouw achter niet meer met gas maar met de warmtepomp van warmte wordt voorzien moet daarmee te vinden zijn.

Maand	Maand Verbruik 2013	Maand Verbruik 2014	Maand Verbruik 2015
Januari	(392)	245	279
Februari	(359)	200	237
Maart	(326)	127	112
April	273	72	112
Mei	130	75	82
Juni	41	18	34
Juli	24	18	23
Augustus	19	28	30
September	59	25	65
Oktober	140	70	44
November	157	160	1
December	213	149	1



Uit de grafiek blijkt dat er al binnen een jaar twee indicaties zijn dat de warmtepomp een aanzienlijke vermindering van het gasverbruik heeft opgeleverd.

De eerste indicatie is de knik in de grafiek direct na de ingebruikname. Ruwweg zou de toename tussen september en oktober van $140 - 59 = 81 \text{ m}^3/\text{maand}$ ook tussen oktober en november te verwachten zijn. In plaats daarvan is de toename slechts $17 \text{ m}^3/\text{maand}$. Dat wil zeggen dat de eerste warmtepomp een gasverbruik van $81 - 17 = 64 \text{ m}^3/\text{maand}$ vervangt. Van het te verwachten verbruik zonder warmtepomp van $140 + 81 = 221 \text{ m}^3/\text{maand}$ neemt de warmtepomp dus naar schatting $64/221 = 29\%$ voor zijn rekening.

De tweede indicatie is de vergelijking tussen de verbruikscijfers in de eerste maanden van 2013 en van 2014. Hier is de onzekerheid aanmerkelijk groter. Pas vanaf april 2013 zijn nauwkeurige maandcijfers geregistreerd, daarvoor zijn alleen onregelmatige registraties of jaarcijfers bekend. De temperatuur en het in de lente in bloei gaan in de natuur was in 2014 ongeveer een maand vroeger dan in 2013. Een vergelijking tussen het verwachte gasverbruik van april-mei 2013 ($273 + 130 = 403$) en de werkelijkheid in maart-april 2014 ($127 + 72 = 199$) zou daarmee een zinvolle indicatie opleveren. Netto zou de warmtepomp zo bekeken dus een aandeel van $(403 - 199)/2 = 102 \text{ m}^3/\text{maand}$ voor zijn rekening nemen. In procenten uitgedrukt zou dat $102/403 = 25\%$ zijn.

Uit deze twee cijfers blijkt met een redelijke zekerheid dat de warmtepomp een vermindering van het gasverbruik van ongeveer 27% heeft opgeleverd.

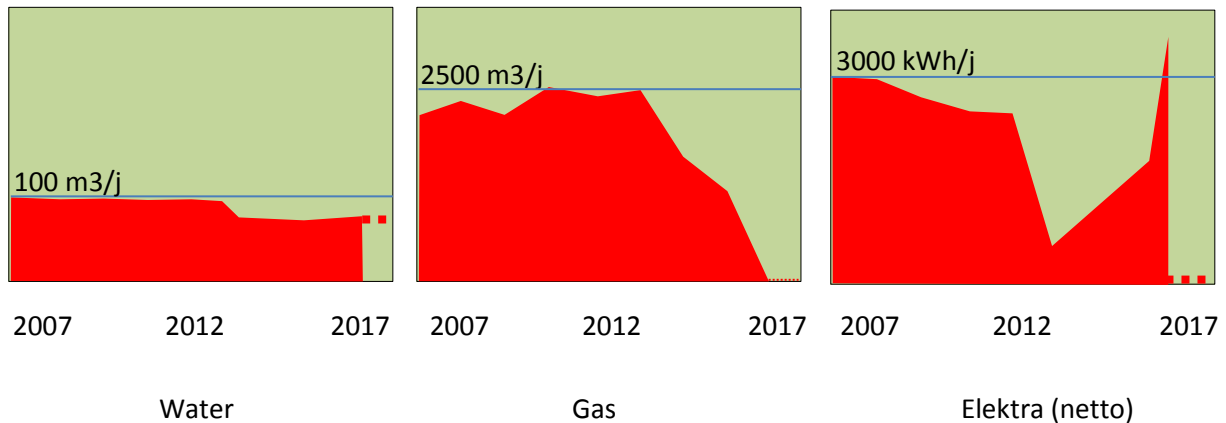
In plaats van al dat gas is wel meer elektriciteit door warmtepomp WP-1 verbruikt. Uit de meterstanden van Eneco van april-mei 2013 en van maart-april 2014 blijkt dat het stroomverbruik met $19.5 \text{ kWh}/\text{maand}$ is toegenomen. Een goede ruil want de vervallen $102 \text{ m}^3/\text{maand}$ gas kost ongeveer 45 euro en de daarvoor nu in de plaats gekomen $19.5 \text{ kWh}/\text{maand}$ kost 20 Euro. Op basis van slechts een enkel mild voorjaar ontstaat de verwachting dat de besparing dus meer dan 250 euro/jaar zal worden. Na de installatie van warmtepompen 2 en 3 in het najaar van 2015 stijgt het elektriciteitsgebruik fors terwijl het gasverbruik sterk daalt.

Met de komst van WP-2 en WP-3 en het uitzetten van de CV ketel gaat het gasverbruik terug naar naar ongeveer 1 m^3 per maand voor het gasfornuis. Zodra ook dat, in december 2015, is vervangen

voor een “all electric” inductiefornuis zakt het gasverbruik verder naar nul maar stijgt het elektriciteitsverbruik nog iets verder.

Hoe nu verder ?

Aan het einde van 2015 zien de verbruikscijfers van water, gas en elektra er als volgt uit:



Eind 2015 is als tussenresultaat van de transitie bereikt:

- Het gasverbruik is 100% gedaald en teruggedrongen naar nul.
- Er voor in de plaats gekomen is een gestegen elektriciteitsverbruik.
- Het waterverbruik is ongeveer met 30% gedaald.

Van de geplande transitieprojecten resten er nog drie:

- De zolder van het huis moet nog worden nageïsoleerd. Dit isoleren zal de warmtevraag, en daarmee nu dus ook het elektriciteitsverbruik, weer wat verder laten afnemen.
- Een eco-toilet zal het resterende waterverbruik met meer dan de helft verder terugdringen.
- Het aantal benodigde extra zonnepanelen om ‘energieneutraal’ te bereiken zal groter moeten zijn dan de eerste 9 stuks: tussen 12 en 15 stuks moeten er vermoedelijk nog bij komen. Gelukkig is daar plaats genoeg voor.

In het voorjaar van 2016 wordt het duidelijker: in januari 2016 heeft het momentane elektriciteitsgebruik een piek gehad van 13961 kWh/jaar (1163 kWh/maand). De drie warmtepompen waren volop in bedrijf en de uitbreiding van de zonnepanelen was nog niet gerealiseerd. In februari 2016, kort na het plaatsen van 13 extra zonnepanelen, is direct te zien dat de hoeveelheid stroom die deze extra panelen opwekken er waarschijnlijk toe zal gaan leiden dat ook het elektriciteitsgebruik gemiddeld over het jaar in de buurt van 0 kWh/jaar zal komen te liggen.

Eind 2016 blijkt dat door een slechte zomer met weinig zon en veel schaduw op de zonnepanelen het saldo rond 3700 kWh/jaar verbruik uitkomt.

Aan bewolking valt weinig te doen maar de schaduw op de zonnepanelen verminderen wordt het volgende project. Een boom gaat om in november en het koepeltje op de kas moet worden verlaagd. Dat is begin 2017 uitgevoerd. De bijdrage van de zonnepanelen is in 2017 iets gunstiger dan in 2016. In het najaar van 2017 wordt bekend dat elektriciteit goedkoper wordt en is de maandlast voor water en elektra rond de 40 euro.

(4)Diverse technische besparingsmaatregelen

Verschillende kleine maar effectieve veranderingen zonder een grote inspanning zijn snel te doen.

(4.1)-WC spoelbak, spaarperlatoeren en zuinige douchekoppen

In huis 1938 zijn direct vanaf het begin van het project op 1 oktober 2012 waterbesparende douchekoppen geplaatst en spaarperlatoeren op de kranen gezet. Dit levert een bescheiden waterbesparing van naar schatting 5% op (5 m³ per jaar).

De wc doorspoelen kan zuiniger. Een andere afstelling van de vlotter, een baksteen of een volle PET fles in de stortbak verminderen de waterhoeveelheid in de bak. Een tweede knop biedt de mogelijkheid te kiezen tussen een grote of een kleine hoeveelheid. Nadeel is dat deze methoden niet altijd het gewenste resultaat, een schone toiletpot, oplevert. Dit moet dus 'smart' aangepakt worden zodat gemakkelijk meer of minder water gebruikt kan worden.

Op 1 november 2012 zijn in beide wc doorspoelbakken gewichtjes geplaatst zodat doorspoelen alleen nog tijdens indrukken van de knop plaatsvindt. Loslaten stopt de waterstroom. Dit werkt direct en uit de vergelijking van de meterstanden van 31 oktober 2012 (945 m³) en van 23 januari 2013 (963 m³) blijkt dan ook dat het meteen 19% van het totale waterverbruik (In de drie voorafgaande jaren 97.3 m³/jaar) bespaart. Kosten: 12 euro.

(4.2)-Mechanische deurbel

De deurbel met transformator die 24 uur per dag stroom afnam is door een in de jaren dertig veel gebruikte mechanische bel vervangen. Deze is via internet gekocht voor 50 euro. Hiermee is direct vanaf 1 oktober 2012 circa 1.7% van het totale jaarverbruik aan elektriciteit bespaard.

(4.3)-Gebruik van apparatuur beperken

Het niet gebruiken van apparatuur kan op verschillende manieren. Ten eerste is een apparaat af te schaffen. Dat gaat gepaard met wegvallen van het energiegebruik. Ten tweede is het apparaat spaarzamer te gebruiken, bijvoorbeeld korter de haren met de föhn drogen. Ten derde is de stand-by stand, gepaard gaand met energiegebruik bij veel apparaten, een besparingsmogelijkheid.

Een grootgebruiker onder de apparatuur is de elektrische wasdroger. Een elektrisch verwarmde en geventileerde Zweedse droogkast ([Asko.be](http://www.asksa.be)) gebruikt minder energie. Een passief geventileerde, maar wel door de omgeving enigszins verwarmde, was droog ruimte biedt een alternatief dat helemaal geen energie verbruikt. Het koelen van woonruimte met airconditioning is tot op zekere hoogte te vervangen door zonwering die ook zonder energie kan werken ([Jelsma, 2011](#)). In huis 1938 is geen koeling aanwezig. Samen met een inventarisatie van stroom verbruikende apparaten leidt dit tot een snel te realiseren besparing.

De al weinig meer gebruikte wasdroger is op 1 november 2012 definitief buiten bedrijf gesteld, de besparing op het totale elektriciteitsgebruik is circa 3%. Samen met de vervanging van de elektrische deurbel à 2% en met bewuster stroomgebruik, dat circa 5% bespaart, is daarmee al rond 10% vermindering van het elektriciteit gebruik bereikt per 31 december 2012.

Stand-by stroomgebruik is interessant als besparingsmogelijkheid. Op 13 april 2013 blijkt dat ELRO een "SK2 Standby-off" apparaat op de markt heeft waaraan een infra rood sensor zit die met de afstandsbediening van de TV meekijkt. Het verbruikt 0.25 Watt en dat is aanmerkelijk minder dan de af te schakelen 5 Watt die LED TV en DVD recorder in de "uit" stand nog blijven gebruiken. Dit

apparaat ter waarde van 4.99 Euro bespaart dus circa 40 kWh per jaar ofwel 18 Euro per jaar. Opmerkelijk genoeg is de bediening van de aan-uit schakelaar in het stekkerblok gratis en bespaart bovendien ook die laatste 0.25 Watt. Het ELRO apparaat verliest daarmee z'n glans . . . In de zomer zetten we er een tijd klok voor zodat we het uitschakelen 's avonds niet kunnen vergeten. Het energiegebruik daarvan is lager dan we met de meter kunnen vaststellen.

(4.4)-LED licht op begane grond

In huis 1938 was al enige tijd voor het begin van het transitie project de elektrische verlichting grotendeels op spaarlampen overgezet. Uit de verbruiksmetingen en de berekeningen met het rekenmodel kwamen desondanks nog twee plafonnieres en vier spots als grootverbruikers, samen 326 kWh/jaar, naar voren. In de vier spots zitten halogeenlampen, de belangrijkste stroomverbruikers. Bij gelijke lichtopbrengst in Lumen verbruiken LED lampen tussen 25% en 60% procent minder dan spaarlampen (nl.wikipedia.org/wiki/Ledlamp) en bijna 90% minder dan gloeilampen en halogeenlampen.

Een zoektocht langs diverse doe-het-zelf warenhuizen levert in 2012 niet de gewenste spot lampen met grote fitting en daglicht kwaliteit op. Wel is er een Philips 'warm white' LED spot met bajonet bevestiging te krijgen die 4 Watt gebruikt in plaats van 35 Watt bij een halogeen lamp. Op de verpakking staat dat ze maar liefst 89% energie besparen. Hij kost 15 Euro maar er moet ook een nieuwe spot armatuur – helaas inclusief een oud type 50 Watt spotlamp – voor 10 Euro bij gekocht worden. Om te proberen of dit een schilderij goed genoeg uitlicht is op 29 juli 2013 de eerste LED spot geplaatst. Het resultaat stemt tot tevredenheid en dus volgen de dag er op, 30 juli 2013, nog drie spots, samen goed voor een besparing van 192 kWh/jaar, 7.5% van het jaarverbruik bij het begin van het project.

Een potentiële besparing van nog eens 30 kWh per jaar zit nog in het vervangen van spaarlampen door LED lampen in de twee plafonnieres. De dure spaarlampen die er in zitten gaan echter nog jaren mee, dus dit gebeurt binnen de looptijd van het project niet meer. Omdat spaarlampen bij breken kwikdamp kunnen verspreiden zijn ze wel een op termijn te verwijderen bron van giftige stoffen ([Witkamp et al, 2011, p47](#)).

Op 12 september 2013 blijken er geschikte LED lampen te koop te zijn die in de diverse armaturen aan het woonkamerplafond passen. Door twee 11 Watt spaarlampen te vervangen door twee 4 Watt (320 lumen) LED lampen is weer een volgende stap gezet. Op 17 september 2013 volgt nog een stap met nog eens 4 nieuwe LED lampen die de plaats innemen van 4 spaarlampen van elk 11 Watt. Elk van deze LED lampen kost 3,50 euro. Samen besparen deze zes LED lampen volgens het rekenmodel door een vermindering van het verbruik van 42 Watt gedurende 1350 brand uren per jaar, samen 57 kWh per jaar. Op 28 oktober 2013 vervangen twee nieuwe 10 Watt (800 lumen) LED lampen nog twee spaarlampen om wat meer licht opbrengst in de woonkamer te verkrijgen, nauwelijks iets besparend maar goed voor het lichtniveau.

In de werkplaats is de verlichting nog met TL buizen uitgevoerd. Er hangen in 2012 vier armaturen met samen 8 TL lampen van 36 Watt per stuk. Hier blijken pas eind 2015 de Massive Victory line 12W LED armaturen van 54.95 Euro per stuk een geschikte vervangingsmogelijkheid ([Karwei.nl](#)). Met 950 lumen opbrengst per stuk zijn 4 stuks aan het plafond genoeg. Daarmee zou de 8x36=288 Watt TL door 4x12=48 Watt LED worden vervangen. Vanwege de kosten en moeilijk verkrijgbaar zijn is dit plan voor onbepaalde tijd uitgesteld.

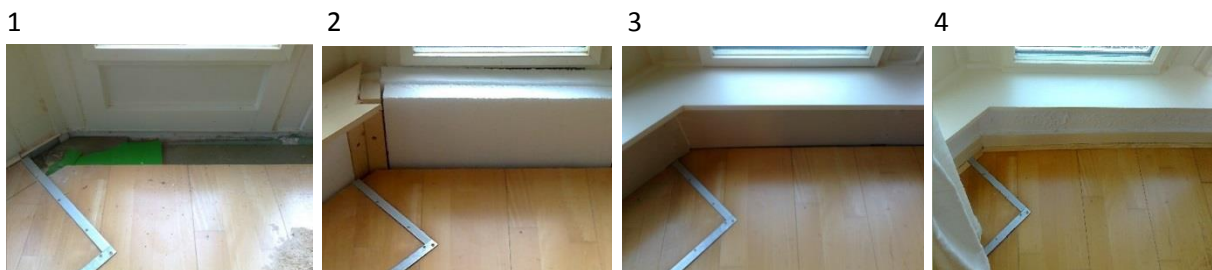
(4.5)-Isolatie op houten buiten vlakken

Hier gaat het om houten kozijn sluitpanelen, deurvlakken, dunne kozijnranden en het zolder luik. Ze vormen een scheiding tussen binnen en buiten met een hoge warmtegeleiding. Net als in het Rotterdamse Sleephelling project aan 9 historische panden uit 1903 (kennishuisgo.nl) is het bij huis 1938 ook zaak het authentieke gevelbeeld te behouden. Isolatie met een thermisch ontkoppelde afdekking moet dus aan de binnenzijde komen.

Bij de kozijnranden is het in theorie mogelijk op de begane grond en 1^e verdieping en te overwegen omdat daar de meeste ramen zijn en het comfort het belangrijkste is daar waar gewoond en gewerkt wordt. Omdat dit zeer veel werk oplevert en maar weinig warmte bespaart is besloten de kozijnranden niet te isoleren.

Voor een isolerende afdekking is als basis ontwerp gekozen voor een laag EPS isolatiemateriaal. Dit is afgedekt door verlijmd grenen hout of multiplex, gemodelleerd in een vorm en geverfd in een kleur die bij het interieur ter plaatse past. Voor sluitpanelen en deurvlakken is dit op alle plaatsen zinvol. Het “passive house” kent voor deurvlakken ook een norm: K-waarde minder dan 0.80 W/m²K ([Feist,2012](#)). Voor de houten kozijnranden is het zaak om de K-waarde ongeveer gelijk aan de bereikte K-waarde voor de 3-laags beglazing te houden. Veel kleiner is onnodig duur, veel groter geeft een onnodig warmteverlies en leidt mogelijk tot “cold-spot” condens problemen op het hout. Na toevoeging van 5 cm EPS wordt een K-waarde van 0.56 W/m²K bereikt en dit voldoet aan de norm. Op enkele plaatsen is het om esthetische redenen meer gewenst om 10 cm EPS aan te brengen en dat met gipsplaten af te dekken.

Er zijn in totaal 14 houten vlakken die voor deze behandeling in aanmerking komen waarvan 12 vlakken op de begane grond en 2 vlakken op de 1^e verdieping. De voordeur is minder geschikt voor een extra isolatiepaneel omdat dat het fraaie timmerwerk aan het oog zou onttrekken. De dikke houten voordeur is ook minder van belang als besparingsmogelijkheid dan de dunne sluitpanelen elders in het huis. Ook op de achterdeur is een isolatiepaneel niet esthetisch verantwoord aan te brengen. Tenslotte is een extra isolatie op het luik in het onverwarmde schuurboldertje wat minder effectief en zal later worden gedaan. Van de 14 mogelijke isolatievlakken blijven er zo dus 11 over. De eerste 5 houten vlakken waarbij afdekken haalbaar is zijn die onder de vaste ramen in de uitbouw achter. Op 1 oktober 2013 wordt er een begin mee gemaakt door materiaal te bestellen bij vdBrink, een bouwbenodigdheden handel in de buurt. Op 19 oktober 2013 is er aan de binnenzijde 10 cm EPS overheen aangebracht.



Oktober 2013: isolatie met 10 cm EPS aan de binnenzijde van de uitbouw achter.

Kort daarna is het timmerwerk rond de eerste 5 panelen klaar en geverfd. De plinten en de structuurpleister zijn op 10 november 2013 in de uitbouw achter aangebracht. Daarna vloerplintjes en eind november is het af. Op andere plaatsen in huis 1938 is vooral om esthetische redenen geen ruimte

voor 10 cm EPS maar moet een dunnere laag toegepast worden of moet er zelfs helemaal van worden afgezien.

Wel zinvol is het aanbrengen van isolatiepanelen over de 2 dunne houten oppervlakken onderaan de openslaande deuren achter in de uitbouw. Daar is 5 cm EPS mogelijk. Dergelijke isolatie paneeltjes zijn met 3 cm EPS isolatie in de woonkamer / keuken op de openslaande deuren en het paneel onder het vaste raam er naast toe te passen. Op 31 maart 2014 is deze tweede groep van 5 panelen klaar en op de plek gemonteerd.

De isolatiepaneelconstructie is eenvoudig: een vuren omlijsting, een enkele cm dikke EPS isolatielaag en een triplex afdekplaat onderling verlijmd. Door driehoekige versterkingsblokjes in de hoeken heen worden ze met schroeven aan de houten ondergrond vastgezet. Een houten afwerkrandje rondom onttrekt de naden aan het zicht. Door te schilderen en de kieren rondom met kit te dichten worden condensatie problemen vermeden. Esthetisch gezien past dit alles goed tussen de paneeldeuren in jaren dertig stijl.



Op 20 maart 2014 zijn nog 6 isolatiepanelen In productie.



Op 17 januari 2015 komt in het plafond van de erker 10 cm EPS isolatieschuim.

Tenslotte is er nog 1 paneel over om aan te brengen. Dit komt op de deur op de 1^e verdieping naar het dak op de keuken. Na plamuren en schilderen is op 4 april 2014 het houten vlakken project klaar.

Erker

Er is nog een bijzonder geval: de erker aan de voorzijde van het huis. Die bestaat voor een groot deel uit ramen en een klein deel uit spouw muur. Het houten plafond in de erker voelt 's winters koud aan. Bij het wegbreken van de triplex sluitpanelen komen er drie kleine wespennesten en een heleboel zand en vuil naar beneden vallen. Het platte dak van circa 2 m² grootte is niet geïsoleerd. Hier is dichtkitten van kieren en aanbrengen van een laag van 5 cm EPS plaat de eenvoudigste oplossing. Ook een paar nieuwe stukken triplex zijn nodig. Op 17 januari 2015 is het klaar.

(4.6)-Verbetering isolatie in uitbouw

Om dichterbij de 'passive house' norm van 0.15 W/m²K (Feist, 2012) te komen is in de uitbouw extra isolatie dikte nodig de wanden en -in mindere mate- aan de zoldering. Hoe extra isolatie het best kan worden aangebracht is voor passive house ontwerpen in Finland onderzocht. Een meerlaagse constructie met een tussen twee deklagen aangebrachte damp remmende folie onder de gipsplaat

afdekking aan de binnenzijde, blijkt het beste. Dit blijkt bij gelijke isolatiewaarde de beste financiële prestaties op te leveren, hoewel de verschillen klein zijn (Krylov, 2010).

Begane grond

Over de bestaande, aan de binnenzijde al met 5 cm EPS geïsoleerde, wanden heen kan dus het best een extra isolatielaag, een damp remmende folie en gipsplaat worden bevestigd. Het geheel moet worden ondersteund door een vuren of grenen latwerk. Om praktische redenen is voor een extra 5 cm EPS laag en een 5 mm luchtsponw gekozen.

Op 1 oktober 2013 is het zo ver: de op handen zijnde plaatsing van de eerste warmtepomp voor de uitbouw achter maakt het aanbrengen van extra isolatie nodig. Daar een zuiniger verwarmings-systeem plaatsen heeft zo meer effect. Ook praktisch gezien is het noodzakelijk om het lattenwerk rond de isolatie snel aan te brengen omdat bij elk van de twee binnen units, dwars door de isolatie heen, een nieuw stevig ophangpunt moet steken. Op 1 oktober 2013 begint het werk met de materiaal inkoop voor nieuw siertimmerwerk om de openslaande deuren en voor de bredere vensterbanken. Op 2 oktober 2013 arriveert de materiaalbestelling van bouwmaterialenhandel vdBrink: houten staanders en liggers, 5 cm EPS isolatieplaten en gipsplaat. We ruimen de uitbouw zoveel mogelijk leeg maar het kantoor moet blijven functioneren.

De staanders en de EPS zitten er op 18 oktober 2013 in. De dag er na zijn de gipsplaten aan de beurt. De houten vensterbanken en koven om de leidingen voor de warmtepomp zijn op 26 oktober 2013 klaar. Rest nog het aanbrengen van nieuwe plinten, pleisteren van de gipsplaten en het schilderwerk. Tenslotte volgt het weer inruimen van de meubeltjes en de spullen.

Op 20 december 2013 is de uitbouw achter op de begane grond weer bruikbaar zoals voorheen.



December 2013 - De sneeuw laat zien dat de schuurzolder een belangrijk warmtelek vormt.

Schuurzoldertje

De isolatie op het oude schuurzoldertje is grotendeels 5 cm EPS. Bij een raampje, een luik en een rookkanaal ontbreekt nog isolatie. De remedie is eenvoudig : ook die delen met 5 cm EPS isolatie materiaal bedekken. Het kleine dakraampje kan vervallen en door 4 dakpannen met EPS er onder worden vervangen. Het houten luik in de gevel wordt gerestaureerd en isolatie wordt tegelijk aangebracht. Ook krijgt het luik tochtband langs de omtrek. Op 27 januari 2015 begint dit werk. Op 29 januari 2015 is het na-isoleren van het zoldertje op de uitbouw klaar.

(4.7)-WC beneden isoleren

Omdat de wc beneden een ongeïsoleerde halfsteens buitenmuur heeft is het 's winters de koudste plek in het huis. Aan de buitenzijde bijvoorbeeld 15 cm PUR Kooltherm isolatie of 20 cm EPS aanbrengen kan dit verhelpen. De buitenmuur loopt echter haaks er op verder en veroorzaakt zo een thermisch lek via warmtegeleiding. Op 5 juni 2013 komt dit onderwerp ter sprake in een gesprek met bouwbedrijf BvdMeijden. Het probleem met deze “koudebrug” via geleiding naar de haaks erop verder lopende muur is met inslijpen van een luchtspleet effectief te bestrijden.

Als afdekking van de isolatie komt als eerste een betimmering in aanmerking. Aan huis 1938 komt dit echter nergens als oorspronkelijk jaren dertig detail voor. Het oorspronkelijke beeld zou dus minder verstoord worden door er een gemetselde muur met knipvoeg voor te zetten. Een nieuw buitenblad met een nieuwe eigen fundering dus. Als in de zo ontstane spouw voldoende isolatie (20 cm EPS schuim) wordt aangebracht kan een K-waarde van $0.14 \text{ W/m}^2\text{K}$ worden bereikt en die voldoet aan de “Passive house” norm (Feist, 2012).

De entree en de nis bij de achterdeur verliezen daarmee de jaren dertig sfeer en maken dit alternatief dus onaantrekkelijk. In de constructie moet verder rekening worden gehouden met leidingwerk en een doorvoer voor het eco-toilet. Aanpassingen van de regenpijp en de dakrand betimmering zijn noodzakelijk. Verder is er ter plaatse een buitenkraan aanwezig met een afvoer naar het riool. Omdat het isoleren maar een kleine bijdrage aan de beperking van warmteverliezen oplevert en er geen eenvoudige oplossing werd gevonden, is dit voor onbepaalde tijd uitgesteld.

(4.8)-Verbetering dak isolatie op zolder

De zolder is in de zomer soms erg warm en in de winter soms erg koud. Voor de zolder is extra isolatie dus niet alleen van belang voor energiebesparing maar ook nuttig voor verbetering van het comfort in huis 1938.

Het gebruik van de zolder is wat warmteverlies betreft niet optimaal. De daar aanwezige CV radiator staat altijd uit. Aan een paar waslijnen en een rekje wordt er het hele jaar bij een raam op een kier was gedroogd. De temperatuur blijft er boven het vriespunt dankzij de warmte uit de verdieping er onder. Een beter geïsoleerd dak en een kleinere kier bij het raam maken het warmteverlies uit het huis kleiner. De vraag is of er voldoende ventilatie voor het drogen blijft en er geen schimmelvorming optreedt. Besloten is om de was die aanvankelijk op de 1^e verdieping werd gedroogd er op de zolder ook nog bij te zetten. In de winter van 2012-2013 is zonder wasdroger alle was op deze manier gedroogd. Bij de gegeven kier met een haakje aan het raam is geen schimmelvorming geconstateerd. In plaats van de hele zolder als droogruimte te gebruiken is het in principe mogelijk om een gedeelte af te scheiden met bijvoorbeeld een wand, gordijn of een folie-scherp. Dit vermindert het

warmteverlies nog verder. Voor afscheiding is echter niet gekozen omdat er een donkere ruimte aan de voorkant van de zolder zou ontstaan.

De bestaande isolatie op zolder is 5 cm dik EPS. Een laag nieuwe 10 cm extra PUR Kooltherm isolatie is daaroverheen te bevestigen met behulp van een vuren of grenen lattenwerk. Het geheel kan dan weer met gipsplaat worden afgewerkt en met muurverf wit gemaakt. Er zijn ook doe-het-zelf systemen met kunststof strip bevestiging op de markt. Met een K-waarde van $0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$ voldoet het dak dan aan de "Passive house" norm voor renovatie woningen. De "Passive house" norm geeft voor dakisolatie $0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$ aan, maar staat in renovatiewoningen een minder strenge K-waarde van $0.35 \text{ W/m}^2\text{K}$ toe (Feist, 2012). Dat rijmt beter met de dakisolatie met 10 cm XPS (thermisch equivalent met EPS) die geadviseerd wordt bij een portiekwoning uit 1933 in Den Haag (Raaij, 2013). Het kan –in theorie- ook anders. Tussen de pannen en het dakbeschot van huis 1938 zit een luchtspouw die in dikte varieert van ongeveer 3 cm tot 7 cm. Hier past het equivalent van een 5 cm dikke isolatie laag tussen. Dit wordt aangeboden door bedrijven die er aan elkaar plakkende "HR++ Termoparels" tussen injecteren. Met een elastisch blijvende lijm ontstaat zo een brandvertragende EPS isolatielaag met $\lambda=0.0337 \text{ W/mK}$ (termokomfort.nl). Dit maakt onderhoud echter moeilijker. Het aanbrengen van een extra 5 cm EPS laag aan de binnenzijde is een meer praktische oplossing omdat het dakbeschot dan voor inspectie en reparatie van buitenaf gemakkelijker bereikbaar blijft.

De eerste 5 cm EPS laag is in de jaren 90 aangebracht door middel van spijkers met een grote ring onder de kop. Daaroverheen is behang geplakt en de kieren zijn dicht gekit. Vervolgens is het geheel meerdere keren met muurverf geschilderd. Dit alles is niet voldoende brandwerend. Een nieuwe isolatielaag laag eroverheen zal vanwege brandveiligheid met gipsplaat bedekt moeten worden (houhetwarm.nl). Het nieuwe dragende lattenwerk mag dus niet te dun zijn vanwege het gewicht en de benodigde houvast voor de gipsplaten. In de loop van de winter en het begin van de lente in 2016 wordt deze extra dakisolatie aangebracht.

(4.9)-Verbetering vloerisolatie kruipruimte

In de entree hal bij de voordeur ligt een authentieke granito vloer op beton en zand. Die is in goede staat en typerend voor een jaren dertig huis. Voor deze bouwkundige erfenis is geen handige oplossing voor het isoleren voorhanden. Dit originele detail blijft daarom ongeschonden en -met warmteverlies en al- behouden.

De constructie met houten vloer en kruipruimte wordt al tientallen jaren niet meer nieuw vergund door de gemeentelijke afdeling voor bouw- en woning toezicht. De redenen zijn vrijkomend radioactief radon- en thorongas uit de bodem, vochtproblematiek en gezondheidsrisico door schimmel sporen die via de kierende en werkende houten vloer boven de kruipruimte de woonkamer en keukens bereiken (CBS et al, 2011).

Door een dichte vloer, bijvoorbeeld van gegoten beton, te kiezen worden de gevaren deels vermeden. Vocht en schimmel worden tegengehouden. Ook het aandeel radon en thorongas uit de kruipruimte vervalst (Van den Ham et al, 1992). Het deel uit bouwmaterialen blijft echter bestaan en neemt - door toepassen van meer beton - mogelijk zelfs toe. Door beton met een lage radon emissie en voldoende ventilatie in huis te werken wordt dit gevaar teruggedrongen (Van der Wal, 1992). Meer luchtdicht construeren van een woning verhoogt in het algemeen de radonconcentratie. Houtbouw heeft een verlagend effect en zandgrond is ook gunstiger voor de radonconcentratie (Stoop et al, 1998). Huis 1938 staat op zandgrond en is voor een belangrijk deel uit hout geconstrueerd. Er is, al met al, zo dus geen overwegend bezwaar tegen het aanbrengen van nieuwe

betonvloeren. De gezondheidswinst in verband met vocht en schimmels is hier, samen met de extra aan te brengen isolatie, dus de drijfveer.

Alternatieven

Wat zijn hier de mogelijkheden? De begane grond boven de kruipruimte is nu van hout geconstrueerd. Deze vloer is beter te dichten en beter te isoleren dan met de nu aanwezige 5 cm EPS schuimplaten aan de onderkant en plasticfolie en kitranden aan de bovenkant. Dit kan bijvoorbeeld met betonnen draagbalken en van polystyreen schuim gemaakte inlegblokken, in de bouw wel ‘broodjes’ genoemd. Ook voor een daar overheen te storten afwerkvloer -al of niet met ingegoten vloerverwarming- zijn op de markt de benodigde materialen goed verkrijgbaar.

Er is ook nog een mogelijkheid om te volstaan met de kruipruimte op te vullen met isolatiemateriaal. Op de markt zijn hiervoor diverse materialen te verkrijgen. Belangrijke randvoorwaarde is dat de bestaande leidingen bereikbaar moeten blijven. Dit betekent dat volschuimen tot een massief blok, bijvoorbeeld met kunststofschuim of schuimbeton, niet wenselijk is. Het materiaal moet verder ook kunnen worden aangebracht zonder de bestaande vloer op te breken. Via een slang door een toegangsluik aanbrengen is het best. Bij de materiaalkeuze is verder belangrijk dat er geen schimmel, vocht, ongedierte, uitgassing, corrosie of rotting ontstaat die tot ongewenste effecten zoals reparaties, stank of kosten leidt. Ook moet er een minimale ventilatie aanwezig blijven omdat er een gasleiding door de kruipruimte loopt. Een verkenning van de mogelijkheden levert al snel op dat de volgende materialen het meest in zwang zijn: schelpen (hydraschelp.nl), recyclebare EPS isoparels (Isotechniek.nl) (Pluimers.nl), EPS schelpen (“thermochips”) (Drowa.nl), en meer voor vochtbestrijding dan voor warmtehuishouding bedoelde lagen grof zand of kleikorrels (waterbewust.nl). Omdat de diepte in de kruipruimte varieert is een gedeeltelijk ophogen met zand mogelijk bij de uitbouw ter hoogte van de keuken nog wel te overwegen. De isolatielaag zal dan overal in de kruipruimte tot circa 50 cm dik zijn. De kruipruimte opvulling ondersteunt de houten vloer na het opvullen overigens niet. Bij de afweging tussen de verschillende opvulmaterialen is de mogelijkheid tot het uitvoeren van reparaties in de toekomst doorslaggevend. Het betreft leidingwerk dat vrij gegraven moet kunnen worden en waaraan met een gasbrander gesoldeerd moet worden. Ook vervanging van vloerbalken moet nog kunnen. Schelpen zijn hier duidelijk in het voordeel. Kostenindicatie voor EPS korrels: 110 euro per m³ (Maatwerk-isolatie BV), schelpen: 110 euro per m³ (grindenzand.nl), EPS chips 40 euro per m³ (Maatwerk-isolatie BV). Als het gaat om isolatiewaarde van de 50 cm dikke laag is de λ waarde belangrijk. Voor EPS is die 0.038 W/mK, voor schelpen is dat drie maal hoger met 0.106 W/mK. Een laag van 25 cm resulteert in een $R=2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ en er wordt maximaal 35 cm aangebracht (isoschelp.nl). De waarden verschillen nogal, afhankelijk van de vochtigheid en eventueel grondwater in de kruipruimte, waardoor ook R_c waarden van $1.3 \text{ m}^2\text{K/W}$ opgegeven worden voor 25 cm laagdikte (isolatienl.nl). Dit houdt in dat met schelpen niet de passive house norm met een R waarde van $6.7 \text{ m}^2\text{K/W}$ bereikt kan worden, overeenkomend met de K waarde van $0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$ ([Feist, 2012](#)).

Omdat de spouwmuur is geïsoleerd is het koudebrugverschijnsel buitenmuur-vloer niet of nauwelijks aan de orde. De spouwmuur isolatie loopt immers tot circa 60 cm onder het maaiveld door. Dit zou betekenen dat de goedkoopste oplossing, geheel afvullen met EPS chips, ook warmte technisch een gunstige oplossing biedt. Bij een eventuele reparatie aan leidingwerk onder de vloer zullen dan wel speciale maatregelen moeten worden genomen. Er is ook nog een andere bedenking. Zolang er ventilatie blijft zal boven de isolatielaag, die op de bodem van de kruipruimte rust, nog steeds een via ventilatie door de buitentemperatuur beïnvloede bewegende luchtlaag aanwezig zijn.

De vraag is dus of al die EPS chips zo dan wel het gewenste effect hebben. Het hangt af van hoe goed de vulling plaatsvindt. De al aanwezige EPS isolatie plaat tussen de vloerbalken onder tegen de vloerdelen kan dus in elk geval beter blijven zitten omdat dit toch misschien nog in belangrijke mate bijdraagt aan de R-waarde. De chips zijn -in theorie- goed voor een R_c waarde van $3.7 \text{ m}^2\text{K/W}$ bij een gemiddelde laagdikte van 50 cm (Drowa.nl). De vloerplanken en 5 cm EPS isolatieplaat zelf hebben samen een R waarde van $1.5 \text{ m}^2\text{K/W}$. Samengenomen bereikt de vloer zo een R waarde van $5.2 \text{ m}^2\text{K/W}$ en dus een K waarde van $0.19 \text{ W/m}^2\text{K}$. Het is om deze reden dus ook gunstiger om geen zand bij te vullen maar alleen met EPS chips te werken. De hoogte van rond 80 cm in het diepste deel van de kruipruimte leidt er zo toe dat de chipslaag daar dikker is en zo, gemiddeld genomen, de vloer voldoende dicht bij de passief huis norm van $0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$ komt (Feist, 2012). Bij een oppervlak van 40 m^2 en gemiddeld 60 cm laagdikte betekent dit 24 m^3 EPS chips ter waarde van ongeveer 1000 euro.

De kruipruimte kan ook deels volgestort worden met zand en dan met folie en isolatieplaten belegd. Omdat het handhaven van een kruipruimte niet strookt met de nieuwste bouwtechnische inzichten is deze laatste methode aantrekkelijk. Huis 1938 komt zo dus bouwtechnisch meer in overeenstemming met de stand der techniek. De dan opnieuw bovengronds aan te leggen -nu nog ondergrondse- leidingen komen op deze manier om praktische redenen bijvoorbeeld in vloergoten met deksels of in koven langs de plafondranden terecht en zijn dan nog goed bereikbaar voor onderhoud. De 'passive house' norm van $0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$ geldt hier onverkort (Feist, 2012). Berekening toont aan dat PUR Kooltherm isolatie met een dikte van 15cm nodig is om hier aan de norm te voldoen. Alternatief is het in de bouw zeer gebruikelijke EPS van 20 cm dikte. De bereikte K-waarde is in beide gevallen $0.14 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Opdelen in deelprojecten

De vloeren zijn in drie delen te onderscheiden, kruipruimte, bijkeuken en uitbouw achter. Elk deel zou apart ter hand kunnen worden genomen en voor een belangrijk deel in de doe-het-zelf sfeer gebracht om kosten te besparen en over de tijd uit te kunnen spreiden.

De verwikkelingen met de installatie moeten echter eerst zijn opgelost zodat er geen leidingwerk onbereikbaar onder het beton verdwijnt.

Er is gas, elektra, water, verwarming en telecom leidingwerk onder de vloer in de kruipruimte.

Het huis verwarmen kan energiegunstig en prijsgunstig met een drietal kleine warmtepompsystemen boven, beneden en achter. Deze hebben nieuwe leidingen nodig die niet via de vloer hoeven te lopen. Elektra leidingen kunnen in plinten en muren worden gewerkt in plaats van onder de houten vloer. Dat geldt ook voor telecom leidingen. De gas- en waterleidingen zijn via koven langs het plafond naar het gasfornuis in de keuken te voeren.

Voor de vloeren op de begane grond kan het ontwerp in principe ook gelijk worden getrokken: alle weggebroken vloeren worden -na opvullen met zand in de kruipruimte- vervangen door bijvoorbeeld 12 cm EPS schuim isolatie met daaroverheen 6 cm beton met een stalen gaas er in. Het afwerkniveau komt op een hoogte van 3 cm onder de granito vloer in de entree hal te liggen. Dat komt overeen met circa 3 cm onder de bestaande plinten. Dat laat ruimte voor ondertapijt en parket. De bereikte K-waarde wordt circa $0.23 \text{ W/m}^2\text{K}$, nog net buiten de "Passive house" norm van $0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Feist, 2012).

Het 'alles in een keer doen' heeft misschien voordelen boven het in twee fases doen. De hoge kosten lijken het hier grote struikelblok te worden. Wel er is maar één verhuis operatie nodig in plaats van twee. In twee fases uitvoeren zou ook nog voorkomen dat het huis op de begane grond

een tijdje onbewoonbaar zou zijn: fase 1 voor bij de kruipruimte, later fase 2 achter bij de vloeren op zand lijkt daarom aantrekkelijk. Het in een keer alle vloeren doen wordt daarom toch verder onderzocht.

Op 3 juni 2013 wordt bouwbedrijf BvdMeijden uitgenodigd om offerte te maken voor sloop van de begane grond vloeren en de aanleg van een geïsoleerde betonvloer. Hierbij is een goot voor leidingen langs de buitenomtrek voorzien. Randisolatie houdt warmte lekkage naar de buitenmuren tegen. Op 5 juni 2013 wordt met twee heren van bouwbedrijf BvdMeijden dit werk plan ter plaatse besproken. Zij maken diverse foto's om de bestaande situatie vast te leggen en hun offerte te kunnen voorbereiden. Er zijn drie delen te onderscheiden. Het eerste is de kruipruimte waarin veel puin en zand te storten is. Veel andere leidingen moeten worden verwijderd. Een ondergrondse keuken gootsteen afvoer blijft wel nodig. Hier is een overmaatse leiding (waardoor een afvoerslang en wellicht een propaangasslang kunnen worden getrokken) handig. Gas, elektra en water moeten omgelegd naar goten en koven. Dit werk aan de kruipruimte is eventueel samen met de vloer in de uitbouw uit te voeren. Voordeel is dat het puin in de kruipruimte gestort kan worden.

Op 6 juni 2013 ontvangen zij een Excel sheet met maten en een doorsnede ontwerpschets. Op 21 juni 2013 wordt gemeld dat aan de offerte wordt gewerkt maar dat er een groot ander project hen veel tijd kost.

Op 8 juli 2013 komt per e-mail de offerte van bouwbedrijf BvdMeijden binnen. Er is een open calculatie opgesteld waarin de drie gedeelten van de vloer en de verschillende werkzaamheden apart zichtbaar zijn. Het totale bedrag is: 15.126,09 Euro inclusief omzetbelasting.

In de calculatie zitten wat posten die vragen oproepen. Voorbeeld: dichtzetten balkgaten met stukjes EPS kost 138 Euro. De goten zijn als 6x100 mm aangeduid terwijl 60x100 bedoeld was. Alleen al de kruipruimte volstorten met zand en isoleren met 20 cm EPS en met een betonvloer afwerken zou 8300 Euro gaan kosten. Het beton zelf neemt daarvan met twee lagen totaal circa 1400 Euro in beslag. Het EPS neemt 1000 Euro in beslag.

Dit werk aan de vloer heeft een ingewikkeld verband met de installatie voor verwarming, gasfornuis, water en elektra. Uitgangspunt bij de offerte was dat verwarming en vloeren tegelijk door installateur en bouwbedrijf zouden worden aangepakt.

Van installateur Schans is ondertussen offerte ontvangen voor een CV ketel vervangend General warmtepomp systeem à 19.480 Euro (zie hoofdstuk 5.1). Financieel betekent dit dat er een beslissing zou moeten worden genomen voor een gecompliceerd samenwerkingsproject van in totaal rond 35.000 Euro in omvang. Dit is veel meer geld dan ooit was voorzien. Zelfs met de spreiding over vier jaar is dit niet zomaar even te financieren. De kosten lijken bovendien erg hoog.

Afweging

Een groot nadeel van de 'alles in een keer' benadering blijkt dus de zeer hoge kosten ineens. Is dit soms de reden dat in Nederland het na isoleren van vloeren achterblijft? Op het internet zijn er indicaties dat dat misschien wel het geval is. Zo is er een jaren dertig huis in St Pancras waarbij de eigenaar ook de vloer ongeïsoleerd gelaten heeft (Leistra, 2012).

Het moet kennelijk dus toch anders. Op 14 juli 2013 valt het besluit: deze kluwen moet eerst worden uiteengehaald voor het project verder kan. De sterke 'verknoping' tussen alle systemen in huis werkt als een belemmering om voortgang te maken met kleine haalbare stappen.

Er zijn kleine onafhankelijke deelprojecten voor vloeren en een warmtepomp systeem nodig. Op 15 juli 2013 gaan berichten naar bouwbedrijf BvdMeijden en naar installateur Schans dat hun offertes niet gehonoreerd worden omdat er in het budget geen ruimte is voor hun twee, onderling

samenhangende en erg duur aangeboden, projecten tegelijk is. Ook staat er in dat voor de vloeren maximaal 8000 Euro werd verwacht.

Uitvoering

Gezien de kosten is gekozen voor het apart van elkaar isoleren van de kruipruimte en de uitbouw achter. Ook is gekozen voor beginnen met de kruipruimte. Dit werk bestaat uit opvullen van de kruipruimte met zand, dan isolatieplaten leggen en dan een betonvloer storten waarop een vloerverwarming aangebracht kan worden die met een warmtepomp samenwerkt. Er tussendoor moeten diverse leidingen verlegd worden. Vanwege de grote hoeveelheid is het zand en beton storten zinvol om uit te besteden. Ook het verleggen van CV leidingen en ander loodgieterswerk is vanwege het vereiste vakmanschap beter om uit te besteden. Elektra kan vanwege het vele benodigde inhakken in de muren handiger in eigen beheer worden uitgevoerd.

In de 2^e week van februari 2014 wordt aannemer Roks hierover benaderd. Op 13 februari is er overleg ter plaatse. De afweging tussen een broodjesvloer en op zand storten wordt nog eens besproken. Broodjes en betonbalken zijn duurder. Op ca. 20 m³ zand storten gaat het dus worden.

Een offerte komt binnen op 1 maart 2014. De totale kosten voor 12 cm EPS isolatie en beton over de kruipruimte bedragen 6948,- Euro voor materiaal, arbeid en inclusief btw.

Op 3 maart 2014 krijgt aannemer Roks de opdrachtbevestiging. Over de levertijd, de verkrijgbaarheid van onderdelen voor de vloerverwarming en over de route voor de drinkwaterleiding bestaat dan nog onzekerheid. Op 6 maart 2014 wordt duidelijk dat er in elk geval 6 weken beschikbaar zijn voor de voorbereiding. Dat op zich is al een flinke klus. De gehele woonkamer en keuken ruimte moet leeg. Onder de vloer moet tijdens het werk een en ander veranderen. Daar zijn verschillende soorten leidingen te vinden die elk een eigen behandeling krijgen.

Huisraad weghalen

Met name het aanrechtblad is kwetsbaar. De kit randen moeten kort tevoren losgesneden worden. Het demonteren van een aan de muur vastgemaakte kast op de plaats van de vroegere serre deuren zal wat reparatiewerk bij herplaatsen vergen. Alle overige huisraad is gemakkelijk verplaatsbaar. Veel doe-het-zelf werk, dat wel.

Voor de opslag van de huisraad is de ruimte onder de veranda achter bij de werkplaats voldoende. Een paar plastic dekzeilen voorkomen inwaaien van vuil en regen. Op camping gas koken kan daar ook. Op het gras een extra opslagruimte maken met een grote partytent met zeilen blijkt niet nodig. Een klein huishouden draaien in de bijkeuken is goed te doen maar de elektra moet wel beschikbaar blijven. Bij de voorbereiding is het dus zaak zoveel mogelijk de elektra leidingen al te verleggen.

Oude CV verwarmingsleidingen

Met Argion is een voorbereidende bespreking gehouden over wat er nodig is om een vloerverwarming op een warmtepomp te realiseren. Hiermee is eenvoudig rekening te houden door T stukken en afsluiters te plaatsen in de hoek van de keuken waar de twee CV hoofd leidingen de kruipruimte nu binnenkomen.

De ondergrondse oude en roestige CV leidingen in de kruipruimte kunnen vervallen. Een tussentijdse oplossing (tot het plaatsen van een 2^e warmtepompsysteem) is mogelijk door de CV in tact te laten en alle radiatoren eenvoudigweg via de T stukken aan een nieuw verdeelblok te verbinden. De bestaande radiatoren kunnen dan aan dit verdeelblok gekoppeld worden. Voor de vloerverwarming zijn 3 extra aansluitparen op het verdeelblok nodig. Als de warmtepomp eenmaal in werking is

kunnen de radiatoren op de begane grond door andere worden vervangen of worden dichtgezet en na verloop van tijd verwijderd. Naar de 1^e verdieping kunnen de stijgleidingen ook aan het verdeelblok voor de radiatoren worden gekoppeld. In totaal 10 aansluitpunt paren en een aftap/vulpunt aan het verdeelblok zijn voldoende. Er blijven zo uiteindelijk geen buiten gebruik gestelde ondergrondse CV leidingen ter plaatse van de vroegere kruipruimte achter.

Elektra leidingen

Al het elektra leidingwerk onder de grond moet er uit voor de betonvloer er in komt. Dat is noodzakelijk om te vermijden dat elektra verbindingen in montagedozen onder de grond in contact met vocht komen. Nu ligt er onder de vloer een stervormige verdeling vanuit een montagedoos die aan een balk hangt. Dit alles zonder aanpassen in beton gieten kan zo niet. In het vochtige zand ingraven kan ook niet. De leidingen moeten naar de afwerkvloer omhoog en via goed bereikbare montagedozen verbonden. Ondanks het ingieten van leidingen in de bovenste afwerkvloer is reparatie of verandering -met enige moeite- nog mogelijk. Er later een stopcontact bijplaatsen vergt sleuven frezen of inhakken in de muur. Elke plaats voor een stopcontact is via een ringvormige leiding onder langs de muren te bereiken. Elektraleidingen kunnen in de afwerk vloer het best naar de bestaande opvoerplaatsen vanuit de kruipruimte worden gelegd. Op elk punt is dan een montagedoos nodig. De elektriciteit is tijdens de uitvoering van het project noodzakelijk om het huishouden draaiende te houden en het gebruik van elektrische apparatuur mogelijk te houden. De werkplaats blijft zo ook operationeel en dat is hard nodig. Zoveel mogelijk vooraf dit doen is dus belangrijk.

Waterleiding

Vanuit de trapkast moet de leiding naar de keuken lopen waar hij omhoog komt bij het aanrecht in de hoek achter. Bij de waterleiding kan dat niet zo zonder meer omdat door de verwarmde vloer een legionella gevaar ontstaat. Voor drinkwater is een doorvoer door een verwarmde vloer niet geschikt. Onder de isolatielaag blijft het koude water wel voldoende koud. Een onder de isolatielaag door in de zandbedding ingegraven pvc pijp (of tylene slang) waardoorheen de metalen waterleiding ligt zou dit gevaar afwenden. Praktisch kan dit het best tussen de folie en de EPS. Dit betekent ook dat het water vrijwel direct na het aanbrengen van zand en folie weer aangesloten kan worden.

Gasleiding

Vanuit de trapkast bij de gasmeter moet een nieuwe gas leiding naar het fornuis en naar de leiding vanuit de hoek van de keuken achter -ondergronds- naar CV in de uitbouw achter. De gasleiding kan mee in de PVC of tylene doorvoer waar ook het water doorheen gaat onder de vloer. Direct na het zand en de folie aanbrengen kan het gas weer aangesloten worden. Dat betekent dat ook het gas slechts korte tijd afgesloten zal hoeven te zijn. Koken en douchen vallen daarmee korte tijd uit. De verwarming valt langere tijd uit omdat eerst weer alle radiatoren op het verdeelblok aangesloten moet worden.

Analoge TV kabel

Op 20 februari 2014 kan de analoge antennekabel worden afgekoppeld. Dat houdt in dat de kabel dicht bij de fysieke plaats van binnenkomst in een montage doosje kan worden geleid en daar met voldoende lengte voor eventueel toekomstig gebruik afgeknipt. Dat betekent dat er in huis 1938 een flink aantal meters TV kabel kan vervallen. Het kiezen van een eventuele plaats voor een einddoos op

de analoge TV kabel is ook pas mogelijk als de ondergrondse plek van binnenkomst van de kabel toegankelijk gemaakt is. De keuze valt op hem direct na de sloop van de huiskamervloer verwijderen. Met TV kabel verwijderen is op 5 april 2014 een begin gemaakt. Een directe besparing op het elektriciteit gebruik is het afkoppelen van een antenneversterker die constant 24/7 ongeveer 2.5 Watt verbruikte. Het apparaatje voelt dan ook warm aan bij het loskoppelen. Aan de andere kant is de nieuw geïnstalleerde Digitenne TV ontvangst apparatuur op de 1^e verdieping goed voor een verbruik van 10 Watt gedurende ongeveer 1 uur per dag. Door het geheel van TV en Digitenne apparatuur op een gemeenschappelijk in/uit schakelbaar stekkerblok aan te sluiten is stand-by verbruik gedurende de overige 23 uur per etmaal goed te voorkomen. Waar de oude antenne versterker $2.5 \times 24 \times 365 / 1000 = 21.9$ kWh/jaar verbruikte is dat nu voor Digitenne: $10 \times 1 \times 365 / 1000 = 3.6$ kWh/jaar, een duidelijke energiebesparing van 19 kWh/jaar. De oude TV bekabeling is op 12 april 2014 weg.

In huis 1938 is daarmee een stap in de richting van een nieuwe Amerikaanse trend gezet: “*cord-cutting*”. Omdat het in de USA erg duur is om alle digitale diensten in een abonnement bij de grote kabelmaatschappijen onder te brengen begonnen mensen vanaf 2008 tijdens de crisis hun contact met de kabelmaatschappijen zoals Comcast te verbreken en in plaats daarvan het internet meer te gebruiken (Moffett, 2013).

Riolering

Het verleggen en vernieuwen van rioleringsbuizen is pas mogelijk als de vloer er uit gebroken is. Een dikkere PVC pijp dan nu in gebruik is moet vanaf de aanrecht gootsteen naar buiten geleid worden via de bestaande route. Een mogelijkheid om op propaangas te koken vereist een extra pvc of tyleen pijp waardoor een koperen propaangasleiding van buiten naar binnen geschoven kan worden.

Vloerverwarmingsleidingen en verdeelblokken

Vloerverwarmingslussen moeten handig gekozen worden. Liefst een flink aantal lussen zodat als er onverhoopt een lus lek raakt de andere lussen het op kunnen vangen. De lengten van elke lus mogen niet te veel verschillen om zo de stromingsweerstand gelijk te houden en de warmte egaal over de vloer te verdelen. Ook zijn er twee belangrijke manieren om de lussen te leggen: ‘meander’ en ‘slakkenhuis’. De eerste heeft een zigzag patroon en geeft meer aan het begin en minder warmte aan het eind af. De tweede is een spiraalvorm die zorgt voor een gemiddeld homogene temperatuurverdeling. De vloerverwarmingsbuizen zijn met ty-raps aan het wapeningsijzer in de afwerklaag te binden (Mijnkluswijzer.nl).

De plaats van het verdeelblok waaraan de lussen vastzitten is belangrijk. Dit moet met een kast of meubel eenvoudig aan het oog te onttrekken zijn, lussen in zoveel mogelijk richtingen kunnen voeden en handig liggen voor de aanvoer van de warmte vanaf de toekomstige warmtepomp. Het verdeelstuk moet bovendien dicht genoeg bij de warmtepomp zitten om een goede warmte overdracht te krijgen. De beste plek is achter in de hoek in de keuken, nabij de achtergevel waar op de 1^e verdieping buiten aan de muur een buitenunit geplaatst kan worden.

Loodgieter

De aanleg van gas, water en verwarmingsleidingen is vakwerk. De hulp van een loodgieter is daarom ingeroepen. De riolering, elektra, stucwerk en schilderwerk konden in eigen beheer gedaan worden.

De klussenlijst komt er als volgt uit te zien: (toelichting: [n] werkdag , *) uitbesteed)

[voorbereiding]

- Opslag plaats voor huisraad maken
- Huisraad weghalen en opslaan
- Muurkast in voorkamer afbreken
- Aanrechtkast en granieten blad loshalen

[1] -Vloer wegbreken *)

- Nieuwe stopcontacten en verbindingsdozen voorbereiden
- Leidingwerk voorbereiden (materiaal verzamelen, sub-assemblages tbv doorvoeren maken)
- Opening t.b.v. leidingdoorvoeren door muur naar trapkast groter hakken
- Steunmuurtjes afbreken tot de juiste hoogte*)**
- Gas, water, elektra, verwarming : oude ondergrondse leidingen en kabels weghalen
- Elektra via tijdelijke leiding opnieuw aansluiten
- CV hoofdleidingen (heen/retour) naar de plaats van het verdeelblok voeren
- Nieuwe hoofd- gas en water leidingen in doorvoer door zand leggen

[2] -Zand in kruipruimte storten *)

- Zand afvlakken, verdichten en aanstampen tot ± 38 cm onder de plint onderzijde *)**
- Riool vanuit gootsteen stijgleiding aanbrengen,
- PVC rioleringsbuis van gootsteen naar buiten leggen

[3] -Folie leggen *)

- EPS isolatieplaten leggen *)**

[4] -Wapening ondervloer op beton blokjes leggen *)

- bekisting rond stijgleidingen onder verdeelblok aanbrengen *)**
- Propaandoorvoer plaatsen

[5] -Ruwe betonvloer gieten en trillen *)

[6] -Folielaag leggen *)

- Elektra leidingen op betonvloer door PVC buis langs randen leggen en vastzetten
- Krimpwapening leggen *)**
- Verdeelblokken plaatsen*)**
- 3 slakkenhuispatroon buizen tbv vloerverwarming leggen en met ty-raps vastzetten *)**
- 7 leidingparen tbv radiatoren en stijgleidingen plaatsen en met ty-raps vastzetten *)**

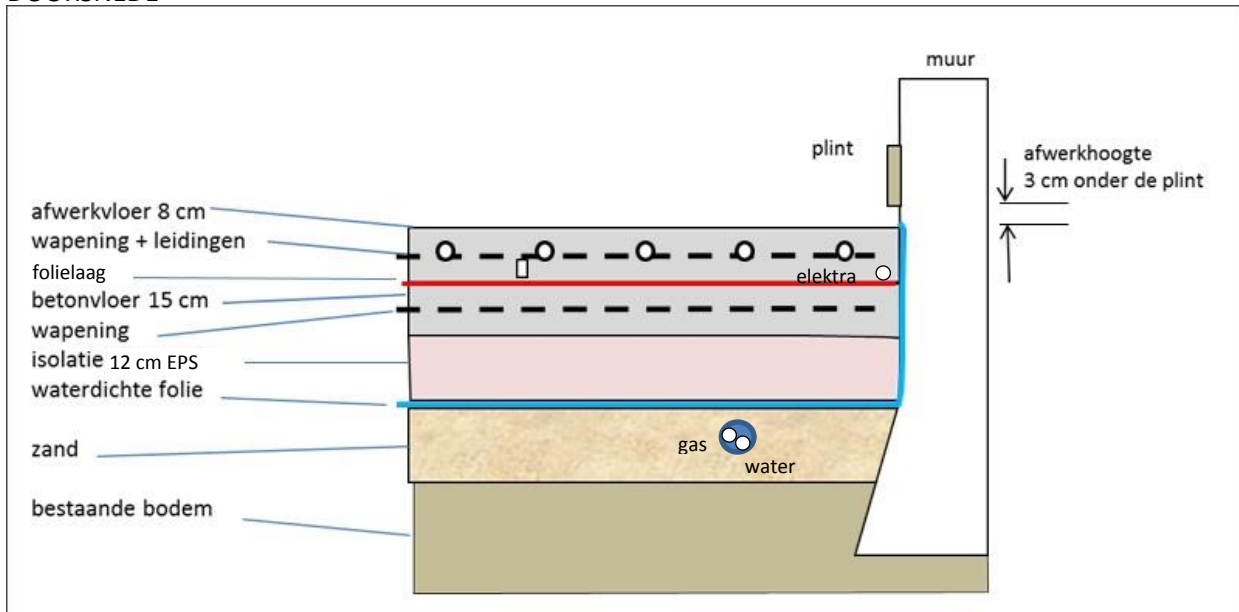
[7] -Vullen van verwarmingsbuizen met water, op lekkage testen*)

- Gasleiding doorverbinden naar fornuis *)**
- Elektra wanddozen en muren afmonteren
- Plinten verwijderen

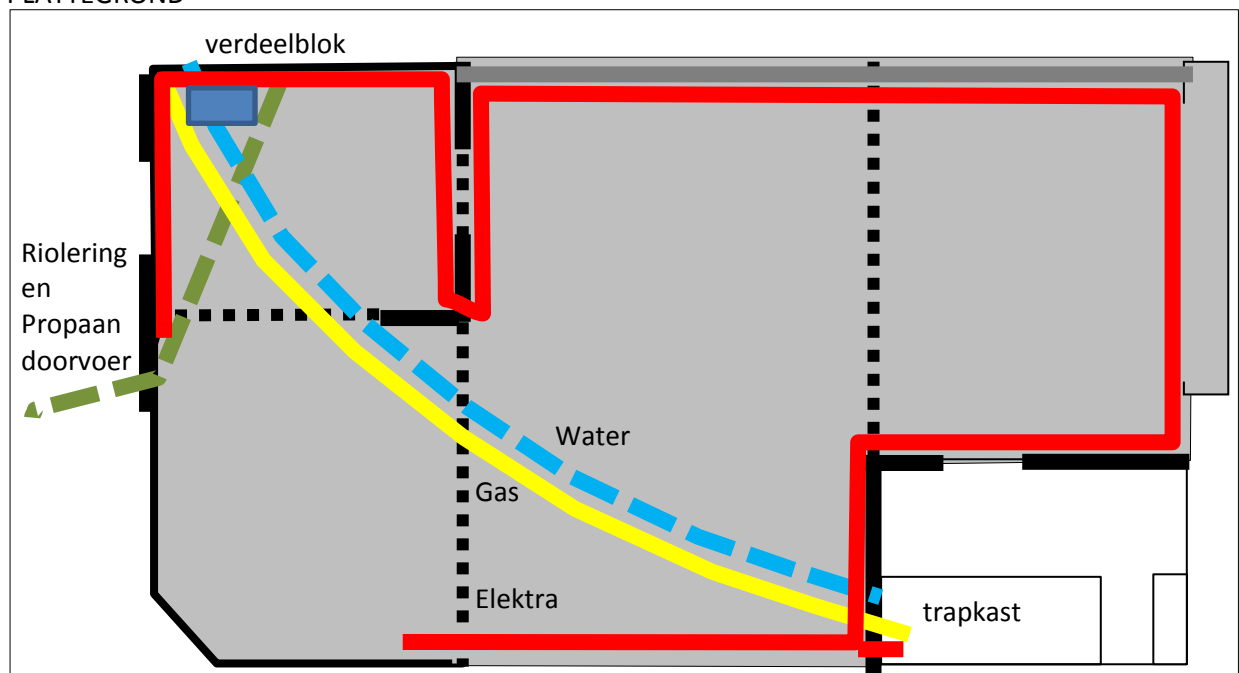
[8] -Afwerkvloer storten en vlinderen tot aan de plint onderzijde *)

- Nieuwe plinten aanbrengen

DOORSNEDE

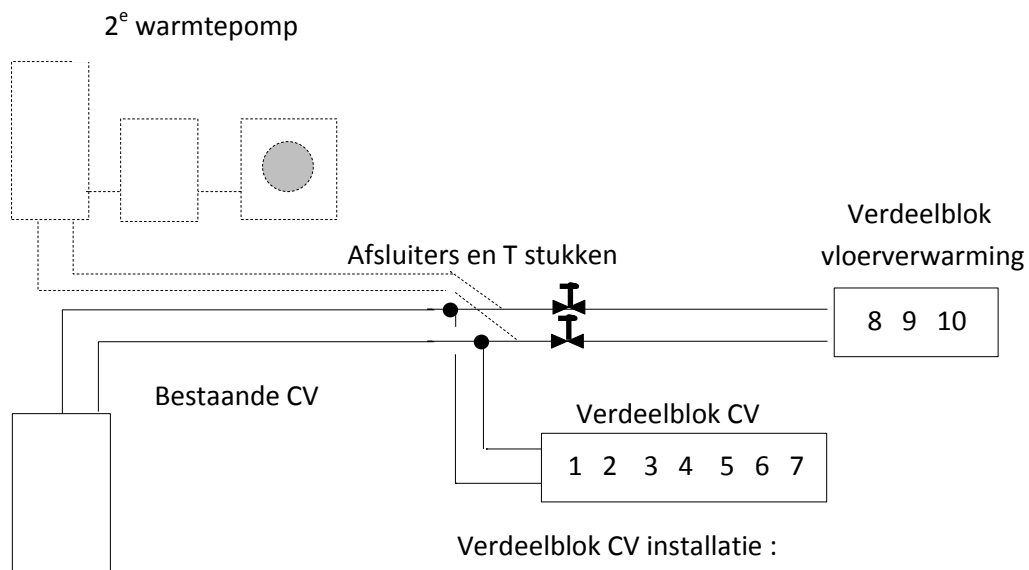


PLATTEGROND



Het principe ontwerp van de woonkamervloer

Het verdeelblokken installatieschema ziet er uiteindelijk zo uit:



Verdeelblok CV installatie :

- 1 radiator bij achterdeur
- 2 radiator eettafel
- 3 radiator woonkamer zijraam
- 4 stijgleiding radiator douche
- 5 radiator hal bij voordeur leiding
- 6 stijgleiding radiator slaapkamer voor
- 7 radiator erker

Verdeelblok vloerverwarming :

- 8 vloerverwarming achterkamer/keuken
- 9 vloerverwarming woonkamer midden
- 10 vloerverwarming voorkamer

Om voldoende plaats aan het verdeelstuk met toebehoren te kunnen bieden en om in de toekomst ook extra leidingen vanuit de trapkast naar achteren mogelijk te maken is een doorvoer met een flinke diameter nodig. Verder construeren van een 2^e warmtepomp vereist een koof tussen verdeelstuk en de huidige CV ruimte in de uitbouw achter. Tenslotte blijkt een put onder het verdeelstuk handig om de vele leidingen door te kunnen voeren en de verbindingen te kunnen maken.

Het leegruimen van de woonkamer en de keuken is een fors karwei. Samen met een paar sterke buurmannen blijkt de klus in een halve dag te klaren. Het huishouden is daarna gereduceerd tot een beweegruimte en een voorzieningenpeil nauwelijks beter dan in een caravan. Losmaken van het keukenblok kost nog eens een halve dag. Dan zijn de kamer en de keuken leeg. Het kan beginnen. Op 10 juli 2014 is de oude houten vloer eruit, steunmuurtjes zijn afgebroken, oud leidingwerk is verwijderd, de hoofdleidingen voor gas en water zijn vernieuwd en er is een laag zand gestort. De stapel EPS platen voor de deur is indrukwekkend. Er zit een sticker op van fabrikant Knauf. De platen van 12 cm dik hebben een warmteweerstandswaarde van 0.0036 W/mk. Ze realiseren $R_D = 3.3$. Het dieptepunt (letterlijk en figuurlijk) wordt bereikt op 11 juli 2014 als de sterke grondlucht het huis doordringt en de oude wirwar van leidingen zichtbaar wordt.



11 juli 2014 Levering EPS platen



15 juli 2014 de constructievloer is gegoten



16 juli 2014 De verdeelblokken worden geplaatst . Links radiator aansluitingen, rechts het vloerverwarming blok.



21 juli 2014 Afwerkvloer in wording.

In huis 1938 zit een bonte verzameling van gedateerde installatie onderdelen. Zo is in de CV hier en daar koper en verder vooral verzinkt staal toegepast. De ondergrondse leidingen zijn op verschillende plekken door roest aangetast. Balken zijn vermolmd en schimmelplekken zijn onder de lekkage plekken te zien. Er blijken nog meer elektradozen in het zand te liggen. De elektrakabels zelf liggen ook in het zand en er is een flink beschadigde kabel bij. In de wirwar van gas en waterleidingen is de historie nog te zien: de keuken is verplaatst en de sporen van oude boilers zijn herkenbaar. Afgedopte loze leidingen hangen aan ijzerdraad en touwtjes onder de verende balken. Stapeltjes bakstenen en stoeptegels ondersteunen de balken en de leidingen hier en daar. Gelukkig kan het allemaal weg.

De nieuwe CV leidingen zijn van metaal afgedekt met flexibele kunststof en hebben een speciaal soort koppelstukken van messing. In het beton zijn ze door een extra geribbelde kunststof mantel

beschermd: rood voor de toevoeren, blauw voor de retours. Deze mantel, met een laagje stilstaande lucht er in omsloten, isoleert de CV leidingen van het beton. Het eerste (CV) verdeelblok is alleen bedoeld om de verbindingen tussen de bestaande CV radiatoren en stijgleidingen te maken. Bij de vloerverwarming is de toegepaste metaal/kunststof leiding het zelfde maar de extra mantel ontbreekt. Hier is het juist de bedoeling om maximaal warmtecontact met het omringende beton te bereiken. Het tweede (vloerverwarming) verdeelblok bevat, behalve aansluitingen voor de drie in "slakkenhuis" vorm gelegde vloerleidingen, een druk sensor, een temperatuursensor, flowmeters per kanaal, een pomp en twee hoofdafsluiters. Deze functionaliteit is in de toekomst van belang. Bij het installeren kan de vloerverwarming op druk gebracht worden om eventuele lekkages op te sporen. Verder is de vloerverwarming niet op de normale wijze via de CV te gebruiken, de ketelthermostaat moet dan op een lagere temperatuur. Door middel van de T-stukken aan dit verdeelblok is de 2^e warmtepomp later eenvoudig aan te sluiten en de CV af te koppelen.



26 juli 2014 Nieuwe plinten en stucwerk



31 juli 2014 Nieuw keukenblok in aanbouw



4 augustus 2014 De keuken is weer in gebruik



5 augustus 2014 Opgeknapt parket terugleggen

De werkzaamheden verlopen volgens plan. Na 2 weken is de afwerkvloer klaar. Een paar weken drogen is nodig voor het opgeknapte oude massief beuken parket er weer veilig op kan worden teruggelegd. Beukenhout en vloerverwarming gaan niet goed samen, dat probleem lossen we later wel op. In de tussentijd moet er een nieuw keukenblok in jaren dertig stijl worden gebouwd om de verdeelblokken en hun 5cm EPS isolatiemantel heen. Stevig, om het zware granieten blad te kunnen dragen, en duurzaam, uit zoveel mogelijk gerecycled- en FSC hout, is het 4 augustus 2014 klaar.

Het helemaal herstellen van de woonkamer en de keuken neemt uiteindelijk nog drie weken in beslag. Op een paar kleine veranderingen na oogt het eind augustus 2014 weer als voorheen . . .

(4.10)-Aanbrengen vloerisolatie uitbouw

Het tweede te isoleren deel van de vloer op de begane grond is de studeerkamer in de uitbouw, het derde deel is de betegelde hal, wc en douche ruimte in de uitbouw waaronder diverse afvoeren zitten die nodig blijven. Om daar de vloer te kunnen isoleren moet de bestaande vloer eerst weggehaald worden.

Er zijn in de uitbouw achter op de begane grond grote stukken vloer aanwezig die in het verleden zonder enige vorm van isolatie op zand zijn gestort. Hier is, net als bij de kruipruimte, 15 cm PUR Kooltherm isolatie nodig om aan de 'passive house' norm te voldoen. Met 20 cm EPS kan het ook. Het samenstel van verschillende vloeren op zand in de uitbouw achter het huis is een historische gegroeide mengelmoes van gedeelten met stoeptegels met 4 cm beton er op, twee lagen tegels in het toilet, met lattenwerk gevlaakte schuine gietvloeren voor afwatering in het oude schuurtje en ongelijke niveaus tussen verschillende uitbouw fases. Overal ontbreekt isolatie onder de vloer. Het onder een dergelijke vloer aanbrengen van isolatie is een onmogelijke opgave, net als bij het granito in de hal voor.

Er is voor de uitbouwwvloer nog een ander alternatief overwogen : het buitenom isoleren van de onderrand van het buitenblad om de onderliggende zandlaag zelf als isolator te benutten. De algemeen voor de bodem te gebruiken rekenwaarde in normen is 2,0 W/mK (NEN 2778). De toplaag van de bodem onder huis 1938 heeft een geschatte warmtegeleidingscoëfficiënt van eveneens 2,0 W/mK. Deze waarde is gebaseerd op het feit dat er bij toenemende diepte in toenemende mate vochtige zandgrond onder de betonvloer zit. De in literatuur gevonden waarden variëren van 0.3 W/mK voor droog zand (Atrium, 2013) via 0,8 – 1,0 W/mK voor verschillende typen bouwzand (NEN-EN 12524-2000) tot 1.5 W/mK voor vochtige grond en 2,2 W/mK voor fijn kwartszand (EKBouwadvies.nl). Om aan de passief huis norm van 0.15 W/m²K te komen zou dus een laagdikte van 1.5 a 2.0 meter droog zand, of circa 10 meter als het zand vochtig is, nodig zijn. Het grondwater zit op circa 1.4 meter diepte zodat de norm op deze manier dus nooit kan worden gehaald. Dit alternatief is dus niet realistisch.

Interessant in dit verband is ook het overstromingsrisico. Een stijging van het grondwaterpeil tot circa 0.6 meter diepte onder het maaiveld zou als gevolg het uitvallen van de elektra kunnen hebben. In kruipruimtes komt bij dat niveau water te staan. Dat kan tot vocht ophoping en tot aardlek problemen via niet waterdichte elektra montage dozen in de kruipruimte leiden. Dat dit in huis 1938 zou kunnen gebeuren blijkt uit verschillende studies naar de gevolgen van dijkdoorbraak, toegenomen kwelwater door meer neerslag als gevolg van klimaatverandering of zelfs door toekomstige zeespiegelstijging (EduGIS, 2014) (Provincie Utrecht, 2014). De kruipruimte is ook om die reden dus geen kenmerk om te behouden maar een nadeel dat beter verwijderd kan worden.



*Zeespiegel - Infiltratiegebied – Bronverbod – Stijgsnelheid – Primaire kering – Kans 1: 1250 jaar
(Bron: EduGis)*

Ook kan in de uitbouw over de bestaande betonvloer een isolerende dekvloer worden aangebracht. Deze zal dan ongeveer 15 cm dik moeten zijn om aan de $0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$ norm te voldoen. De uitbouw heeft echter van binnen een plafondhoogte van slechts 2.05 meter. Dit betekent dat er bij gebruikmaken van een dekvloer een verbouwing nodig zal zijn om het plafond, en daarmee het hele platte dak te verhogen. Dat is dan meteen aanleiding om naar circa 2.40 meter hoogte te gaan. Onder het schuine dak blijft dan geen voldoende ruimte voor een aparte zolder over en zou slechts een kleine vliering overblijven of zelfs alleen een plafond dat de schuine van het bestaande pannendak nog volgt. Deze verbouwing is zo mogelijk nog meer ingrijpend dan het uitbreken van de vloer. Bovendien ontstaat er vloerniveaunderschil met de rest van het huis. Al met al is dit dus ook geen aantrekkelijk alternatief.

De vloeren geheel wegbreken tot op de zandlaag, die zandlaag dan tot op de juiste hoogte afgraven en vervolgens een isolatielaag aanbrengen met daaroverheen een nieuwe betonvloer is veel werk maar technisch goed mogelijk. De bestaande ondergrondse leidingen kunnen dan meteen vernieuwd en verlegd worden naar voor reparaties blijvend toegankelijke leidinggoten en koven.

In de betonnen vloer in de uitbouw achter zitten verwarmingsleidingen en elektra vanuit de kruipruimte naar de CV kast. De ondergrondse verwarmingsleidingen tussen kruipruimte en CV en naar de radiator in het halletje bij de achterdeur vormen een knelpunt, ze zijn niet eenvoudig te verleggen. Hier veel moeite aan doen is niet zonder meer verstandig, ze vervallen als de tweede en derde warmtepompen er komen.

Verder kan ergens pas met nieuwe zuinige verwarming worden begonnen als de isolatie werkzaamheden grotendeels klaar zijn. Anders is het 's winters wellicht te koud. Met de vloeren lijkt een uitzondering te moeten worden gemaakt omdat die pas aan het eind, na het verleggen of verwijderen van allerlei leidingwerk, gedaan kunnen worden.

Het duurzaamheidsbelang van de isolatie van vloeren blijkt overigens mee te vallen als naar het rekenmodel met alle verschillende schil K-waarden en oppervlakken wordt gekeken. Na het afwerken van de grootste bijdrage, de kruipruimte, zijn later al of niet de overige delen van de vloer in de uitbouw achter alsnog aan te pakken. Dat laatste niet doen is onwenselijk maar kan dus ook.

Opdelen in verschillende projecten heeft, afhankelijk van de gekozen werk volgorde, ook nadelen. Zo komt er puin en zand uit de vloer van de uitbouw dat een goede bestemming moet krijgen. Het kan achter in de tuin ergens opgeslagen worden zodat er later de kruipruimte later weer grotendeels mee op te vullen is. Dat zou betekenen dat de kleinere duurzaamheidsbijdrage eerst gerealiseerd zou moeten worden. Misschien moeten er luiken naar de kruipruimte komen om er alvast wat puin en zand in te kunnen storten. Het scheiden van de projecten lijkt zo wel erg moeilijk. Er dreigt gedurende langere tijd dan ook een 'werk in uitvoering' situatie in het hele huis te ontstaan. Wel zijn er tussentijds steeds stabiele situaties te maken die een korte of langere werk onderbreking toelaten. In februari 2014 valt het besluit om de vloer onder de uitbouw achter voor onbepaalde tijd uit te stellen en de focus op de kruipruimte te leggen. De in de uitbouw achter aan het eind van 2013 geplaatste multi-split warmtepomp en de extra isolatiemaatregelen hebben daar al voor een aanzienlijke energiebesparing gezorgd.

(4.11)-Tochtwering

Het aanbrengen van tocht strips bij openslaande ramen en bij buitendeuren is tegelijk met het aanbrengen van voorzetramen ter plaatse gedaan. Bij het aanbrengen van spouwmuurisolatie is eerst ter voorbereiding zowel binnen als buiten een kit afdichting rondom alle kozijnen aangebracht

om uitpersing van PUR te voorkomen. Dit heeft als neveneffect een gedegen afdichting van alle overgebleven kieren tot gevolg. In de loop van het eerste halfjaar van 2013 vindt dit geleidelijk plaats. De vloer boven de kruipruimte kiert nog wel totdat ook daar isolatie en beton is aangebracht. Tussentijds wordt kit langs de omtrek gebruikt. De vloer zelf was al van tochtichte folie onder de ondervloer voorzien. Uiteindelijk laten alleen nog open ramen en deuren en de voor ventilatie bedoelde openingen met regelschuifjes ventilatielucht naar binnen en naar buiten. De ventilatie is daardoor veranderd van gedeeltelijk onbeheerst naar vrijwel geheel beheerst.

(4.12)-Koudebruggen

Wat zijn koudebruggen en waar zitten ze? De benaming is in gebruik voor plaatsen die, voornamelijk door warmtegeleiding vanaf koude plaatsen, aanmerkelijk kouder blijven dan plaatsen er om heen. Niet alleen vormen ze een warmtelek naar buiten, ze kunnen ook tot condensvorming leiden. Zijn ze aanleiding tot een apart project?

Spouwmuren

Een buitenmuur bestaand uit een binnen- en een buitenblad kan verschillende soorten koudebruggen bevatten. Als er met metselen een brok cement in de spouw blijft zitten kan warmtegeleiding en vocht, komend vanaf het buitenblad, leiden tot een koudere plek in het binnenblad. Koude, natte schimmelplekken kunnen het gevolg zijn. Vaak gebruiken metselaars ankers om de muren stevig aan elkaar te maken. Dit kan bij een hoek in een muur onbetekenend zijn maar ook kan een anker de spouw recht oversteken om binnen- en buitenbladen te verbinden. Dergelijke koudebruggen zijn niet eenvoudig te verhelpen. Aan spouw ankers tussen binnen- en buitenblad in huis 1938 is dan ook besloten niets te doen. Deze beslissing is ook ingegeven door berekening van de R_c waarde van $84.8 \text{ m}^2\text{K/W}$ van 6 spouw ankers van 3 mm diameter staal per m^2 . Deze draagt nauwelijks bij aan de warmte uitwisseling via de PUR spouwisolatie die $1.7 \text{ m}^2\text{K/W}$ bedraagt, en daarmee een factor 50 meer warmte doorlaat. Spouwankers zijn dus thermisch gezien te verwaarlozen. De inspectie door Pluimers voor het aanbrengen van spouwisolatie heeft ook geen cementbruggen aangetoond.

Isolatie randen

Een koudebrug kan ook ontstaan langs de rand van een isolatielaag. Een voorbeeld daarvan is een geïsoleerde binnen wand die aan een niet geïsoleerde buiten wand vast zit. Dit is bijvoorbeeld bij de wc en de bijkeuken beneden het geval. Een stuk buitenmuur zit als een soort koel-vin vast aan een binnenmuur. Met een ingeslepen luchtspleet kan warmtecontact via een muur worden vermeden.

T-verbindingen

Een betonvloer die langs de omtrek stevig met het koude buitenblad verbonden is heeft de bij koudebruggen behorende verschijnselen ook. Dit speelt bij de bestaande vloer in de uitbouw een rol. Bij het plaatsen van een nieuwe isolatielaag onder de vloer kan deze koudebrug geheel worden vermeden door de nieuw te gieten betonvloer van de buitenmuur gescheiden te houden middels een isolatierand (Lehr, 2010).

Koudebruggen zijn als onderdeel van de diverse deelprojecten meegenomen en niet als apart project op zich.

Resultaat

In januari 2016 gaan campagnes van start om jaren 50-80 huizenbezitters over te halen om naar hun warmteverliezen te kijken. Nieuwe subsidie-regelingen helpen mee. Natuur en Milieu begint met slimwoner.nl een actie en verstrekt gratis Thermo-Card® thermometer-tjes om de temperatuur van de binnenkant van de buitenmuren te meten. In huis 1938 glijdt op 4 februari 2016 een exemplaar door de brievenbus.

Op 14 februari 2016 is het buiten rond 0° Celsius met een beetje natte sneeuw en binnen is het behaaglijk bij 20° Celsius. Perfecte omstandigheden voor dit testje. De muurtemperatuur komt op de begane grond niet onder de 19.5° en dus hoeft er niet nog meer te worden geïsoleerd !

Een dure infra-rood camera sessie is daarmee overbodig en de spouwisolatie kan als geslaagd worden beschouwd.

(5)Warmtepomp systeem

(5.1)Warmtepomp systeem uitbouw achter

De belangrijkste besparing en tegelijk de meest gecompliceerde uitdaging is het ontwerp, de ontwikkeling en de bouw van een warmtepomp systeem in het jaren dertig huis. Zo'n systeem bestaat uit drie delen: een warmtewisselaar die warmte bij een lage temperatuur aan de omgeving onttrekt, de feitelijke warmtepomp zelf die deze warmte op een hogere temperatuur brengt, en een verdeelsysteem dat de warmte in het huis verspreidt en aan het interieur afgeeft.

Warmtepompsystemen zijn er in verschillende soorten. Ze kenmerken zich door de keuze van het medium in de onttrekking- en afgifte systemen: lucht-lucht, lucht-water of water-water. Ze kunnen centraal of decentraal worden ontworpen. Het verdelen kan via uitblazen van warme lucht of met verwarmd water via leidingen naar de vloeren of naar radiatoren aan de wand.

Centraal systeem

Kiezen voor een centraal systeem van verwarming in huis 1938 ligt voor de hand. Er kan dan van de bestaande CV installatie en radiatoren worden uitgegaan. Het opnieuw gebruiken van het bestaande CV radiatoren, deels voorzien van nieuwe toevoerleidingen door goten op de begane grond, allemaal met water als medium, ligt om financiële redenen ook voor de hand. De oude ketel wordt dan door de warmtepomp "ketel" vervangen en er komt ergens buiten een ventilatiekast te staan. Tussen kast en ketel komt nieuw heen en terug leidingwerk met bijvoorbeeld water met glycol als medium. De thermostaat met 'stooklijn' besturing in de woonkamer met een sensor voor de buitentemperatuur kan zo wellicht zelfs behouden blijven. Dat moet gaandeweg nog blijken.

Decentraal systeem

Net als bij de ouderwetse gevelkachels per ruimte is een warmtepompsysteem ook heel anders te realiseren: in de vorm van een aantal kleine systemen die onafhankelijk van elkaar werken. In huis 1938 is een logische indeling te maken met drie deelsystemen: 1) het woonkamer/keuken gedeelte op de begane grond, 2) de 1^e verdieping en 3) de uitbouw achter. Door drie kleine warmtepomp installaties te plaatsen is een eenvoudig decentraal systeem ontwerp mogelijk.

Lucht-Lucht warmtepomp

Een verkenning van de verkrijgbare warmtepomp systemen voor woningen leidt al snel naar de omkeerbare lucht-lucht warmtepomp die voor verwarmen en koelen te gebruiken is. Deze systemen zijn te verkrijgen bij een reeks van wereldwijd bekende airconditioning leveranciers: Carrier, Lennox, Toshiba, enzovoorts.

Een voorbeeld van een dergelijk produkt op de markt is het "multi-split" systeem van Toshiba, bijvoorbeeld het type RAS-M14GAV-E. Deze buiten op te stellen ventilator/inverter kast meet 550x780x290 mm en maakt tot 40 dB(A) geluid op 2 m afstand. Deze warmtepomp levert maximaal 5.2 KW aan warmte en er kunnen 2 ruimten onafhankelijk mee worden verwarmd. Via leidingen met medium vloeistof R410A er in gaat de warmte naar bijvoorbeeld twee RAS-B10UFV-E vloer/wand units van maximaal 3.2 KW elk. De afmetingen zijn 600x700x220 mm elk. Het geluidsniveau van de binnen units varieert tussen 20 en 39 dB(A) afhankelijk van de stand. Het werkgebied is van -15 tot + 24 graden Celsius bij verwarmen en van +5 tot +43 graden Celsius bij koelen (cooldesignsltd.co.uk, 2013) (intercool.nl, 2013).

Dit zou er in theorie toe kunnen leiden dat de oude CV radiatoren en leidingen geheel uit huis 1938 kunnen worden verwijderd. De Toshiba vloer/wand units zijn aanmerkelijk kleiner en minder opvallend. Het verwarmingssysteem in drie delen opsplitsen heeft nog meer voordelen. Als er een deel uitvalt zijn de andere twee er nog. Er is ook koeling mogelijk, 's zomers betekent dat een nieuw stukje comfort.

Nadelen zijn er ook. De kosten zijn aanzienlijk. De drie buiten units ontsieren de buitenkant van het huis. De plaatsing is dus een punt van aandacht bij het ontwerp. Bij de beschouwde driedeling in huis 1938 komen er twee ventilatorkasten aan de zijgevel terecht en een aan de achterzijde van de uitbouw. In plaats van de oude CV waterleidingen komen er nieuwe R410A warmte transport medium leidingen te liggen. De vloer/wand units maken voortdurend geluid bij het uitblazen van verwarmde lucht. Er zijn diverse filters voor deze lucht verkrijgbaar en evenzovele luchtkwaliteiten mogelijk. De binnen-units vergen dus ook onderhoud. Een vergunning of melding is niet nodig. Een lucht-lucht warmtepomp systeem is dus technisch mogelijk zoals uit deze verkenning blijkt.

Water-water warmtepomp

De beste opbrengst levert een water-water systeem waarbij de buiten opgestelde warmtewisselaar in optimaal warmtecontact met het grondwater is. Een water-water warmtepomp systeem met een stelsel van grondbuizen in de tuin is daarom nader onderzocht. Het grond oppervlak, nodig voor horizontale buizen op grondwater diepte in de bodem, met onderlinge afstanden van 1 meter, bedraagt voor een woning tot circa 400 m². Voor het huis in deze studie is dat oppervlak niet vrij beschikbaar in de tuin dus moet er voor een verticale warmtewisselaar, equivalent qua grootte, worden gekozen. Het daarvoor noodzakelijke boren in de grond is niet altijd vrij toegestaan. In restrictie gebieden, meestal bij water winning, is het boren verboden. Bij de provincie is navraag gedaan om de aanwezigheid van restrictiegebieden in de nabijheid van de woning te onderzoeken. Er blijkt wel een waterwingebied dichtbij te zijn maar de boring vrije zone ligt op circa 250 meter van de woning. Openingen tussen grondwaterlagen maken waar die eerst niet waren heeft ongewenste gevolgen voor de bodem. Hier is via de Wet bodembescherming (Wbb) een zorgplicht. Wanneer met voor het milieu ongevaarlijk medium in buizen alleen warmte met de bodem wordt uitgewisseld tot minder dan 50 meter diepte is er voor verticale warmtewisselaars geen vergunning nodig. Wel is er een meldingsplicht bij B&W in de Gemeente waar het huis staat. Als warmte overdracht medium is voor het milieu ongevaarlijk water met antivries (glycol) geschikt. Medio 2013 wordt verwacht dat het Besluit bodemenergiesystemen van kracht wordt. De gemeente zal dan voor gesloten systemen bevoegd gezag worden. Het besluit zal beperkingen opleggen aan warmtepomp systemen in milieu beschermingsgebieden, natuurgebieden, gebieden met archeologisch waardevolle objecten, en gebieden rondom spoorlijnen. Bij het onder handen huis 1938 is van de eerste drie geen sprake en de dichtst bij gelegen spoorlijn bevindt zich op 300 meter afstand. Er is vanwege regelgeving dus bij de start van het project geen beletsel voor een verticale warmte wisselaar te verwachten, er is alleen een meldingsplicht. De toekomst is echter onzeker. Voor een verticale warmtewisselaar is een totale pijplengte van circa 400 meter nodig in delen die niet dieper dan 50 meter reiken. Nader verkennend onderzoek naar de geologische gesteldheid van de bodem wijst uit dat er onder huis 1938 in de eerste 20 meter alleen zand en klei lagen te verwachten zijn. Problemen door bijvoorbeeld harde lagen of steen bij het boren zijn daar niet te verwachten. Het ontwerp leidt zo tot een vanuit een put in waaivorm geboorde set van 20 pijpen van 20 meter lang. Het boren met een hoge druk water lans lijkt mogelijk. Dat is echter niet zeker en ook is niet of duidelijk of dat ooit – mede gezien de Wbb zorgplicht – wel een 'doe het zelf' klus kan zijn. Er zijn gespecialiseerde boorbedrijven die dit doen

(Albreco.nl). De op de markt verkrijgbare warmtepomp systemen volgens dit principe bereiken temperaturen voor de verwarming binnenshuis van circa 45 graden Celsius. Dat betekent dat er niet meer van de bestaande radiatoren gebruik kan worden gemaakt en ook dat, in verband met legionella gevaar, een aparte warm tapwatervoorziening nodig is.

Lucht-Water warmtepomp

Als goedkoopste en minst gecompliceerde oplossing komt een lucht-water warmtepomp systeem naar voren. Dit bestaat uit een buiten opgestelde lucht-water warmtewisselaar met ventilatoren en een binnen opgestelde ketel met daaraan een leidingnet met water erin voor de verwarming in huis. Binnen en buitendeel zijn verbonden via een leidingwerk met een warmtetransport medium. De plaats van de ventilatorkast buiten is vrij te kiezen. Op een dak, in de tuin of op een balkon. Er is geen vergunning- of meldingsplicht.

Hybride systemen

Er zijn daarnaast diverse hybride oplossingen in de markt. De naam 'hybride' is o.a. in gebruik voor een warmtepomp gecombineerd met een aanvullende gasgestookte CV verwarmingsketel voor warm tapwater en opvangen van piek belasting bij extreem winterweer (NBD-online.nl) (IthoDaalderop.nl). Hoewel deze soort hybride benadering technisch en economisch de komende jaren nog zinvol lijkt houdt dit niet met een ketel levensduur van 15 jaar rekening. Ook zou dit het beëindigen van het gebruik van aardgas in huis 1938 voorlopig onmogelijk maken. In de media circuleert het bericht dat over 10 jaar het Groningse aardgas niet langer meer een export product kan zijn omdat het op raakt. De gasprijzen stijgen al enige tijd sterk.

De naam 'hybride' is ook in gebruik voor warmtepompen die voor met een bodemwarmtewisselaar zowel kunnen verwarmen als koelen (Yang et al, 2010).

Kosten

Tenslotte zijn er grote prijsverschillen.

Een 'hybride' combinatie op gas en elektra bestaand uit een HR 107 ketel en een ventilatielucht warmtepomp is verkrijgbaar voor 5.000 – 7000 Euro (consumentenbond.nl - B). Een lucht-lucht warmtepomp systeem met 3 buiten-units en 6 binnen-units kost ongeveer 12.000 euro (benvtechniek.nl). Afhankelijk van het gekozen warmtepomp type moet tussen 7.000 (lucht-water) en 16.000 (grondwater-water) euro worden uitgetrokken (Greenchoice.nl). Een elektrische warmtepomp met een geboorde verticale bodemwarmtewisselaar kost meer dan 20.000 euro.

Systeem prestaties

In huis 1938 is, dit alles overziend, voor een uitsluitend door elektriciteit gevoed centraal lucht-water warmtepomp systeem geschikt. De belangrijkste vraag is dan hoe groot dit systeem moet zijn.

In de winter werkt een lucht-water systeem door de koudere buitenlucht slechter, juist op het moment dat het de meeste warmte moet leveren. De systeem prestaties bij lage buiten temperatuur zijn dus kritisch. Hoge buitentemperaturen zijn eveneens betrekkelijk zeldzaam. Ooit is in Warnsveld een temperatuur van +38.6 graden Celcius gemeten. In Nederland kan -20 graden Celsius bij hoge uitzondering voorkomen. Het koude record staat op een gemeten waarde van -27.4 graden Celsius op 27 januari 1942 te Winterswijk (KNMI, 2012).

Voor de bodemtemperatuur onder een woning is geen record bekend. Wel is er uitgebreide informatie over temperaturen op verschillende diepten door het jaar heen. Op circa 1 meter diepte is

de invloed van de seizoenen nauwelijks meer merkbaar en is de temperatuur altijd circa 10 graden Celsius ([KNMI, 2005](#)). Voor huis 1938 waar de fundamenteën op ongeveer 1 meter diepte op geel zand rusten is daarom deze bodem temperatuur aangenomen als slechtste geval. In werkelijkheid kan de aanwezigheid van het verwarmde huis er boven tot een wat hogere waarde leiden. Bij de kruipruimte is de door de wind sterk fluctuerende mate van ventilatie via de roostertjes van belang voor de daar bereikte bodem temperatuur. Ook hier is voor de berekening van 10 graden Celsius in de bodem uitgegaan.

Belangrijk bij een warmtepomp is de Coëfficiënt Of Performance (COP) die aangeeft hoeveel energie de warmtepomp verplaatst in verhouding met de aandrijfenergie die daarvoor nodig is. Deze COP ligt ruwweg op waarden tussen 3 en 5 ([Duurzaamthuis.nl](#)) ([Warmtepomp-info.nl](#)). Bij het vergelijken van prestaties van verschillende typen, uitvoeringen en merken op de markt is de COP dus een maat voor het rendement.

Voor de dimensionering van een warmtepomp systeem is het nodig de warmtevraag van huis 1938 na het aanbrengen van extra isolatie te bepalen. Hier is een modelberekening aan het slechtste geval de aangewezen weg, dit betekent bij een buitentemperatuur van -20 graden Celsius. De bodemtemperatuur direct onder het huis is op 10 graden Celsius geraamd.

In de eerste berekening is de oorspronkelijke situatie voor het begin van het project in beeld gebracht. De in de tweede berekening meegenomen K-waarden van het huis vertegenwoordigen de situatie dat de 3 laags beglazing, de spouwisolatie en de aanvullende isolatie in de uitbouw, op de zolders, aan de erker en bij de wc beneden, aanwezig zijn. Ook de kruipruimte is in de berekening meegenomen als volgestort met de woonkamervloer goed geïsoleerd. Deze situatie is in het project binnen ongeveer een jaar te bereiken. De derde berekening veronderstelt dat alle maatregelen in het projectplan zijn gerealiseerd, iets dat nog zeker enkele jaren zal duren. De totale maximale warmtevraag bedroeg oorspronkelijk 18.7 kW, in de eerste berekening is dat gedaald naar 9.3 kW en in de tweede berekening nog verder naar 4.8 kW. Een warmtepompsysteem zal dus de eerste jaren circa 10 kW verwarmingscapaciteit moeten hebben.

Subsidie

Het Agentschap.nl van het Ministerie van Economische Zaken heeft een lijst van warmtepomp typen waarvoor een subsidiebedrag van 2000 euro is vastgesteld op het internet gepubliceerd met versie datum 15 februari 2011. Deze lijst vermeldt bij elke warmtepomp het thermisch vermogen in kW ([Agentschap, 2011](#)). Het thermisch vermogen is vastgesteld volgens de normen EN 14511 & EN 12309 ([EN 14511](#)) ([DIN EN 12309](#)). Dat betekent dat de prestaties bij +7 graden Celsius buiten en +21 graden binnen temperatuur zijn vermeld. De subsidie regeling geldt eind 2012 echter niet voor lucht-lucht warmtepompen.

Thermisch vermogen

De berekening van de maximale warmtevraag bij -20 graden Celsius buiten en +20 binnen is niet gebruikelijk. De huidige installateur bij huis 1938 stelt dat -10 graden Celsius buiten en +20 binnen een meer gebruikelijke en realistische basis voor de dimensionering is. De normen EN 14511 & EN 12309 die de standaard bij +7 graden Celsius buiten en +21 binnen leggen wijken hier sterk van af.

De bij de gegeven K-waarden van het huis voor de warmtestroom van binnen naar buiten meest bepalende grootte, het temperatuurverschil ΔT is respectievelijk 40, 30 en 14 graden Celsius. Dit is dus een belangrijke maar lastige factor bij de zoektocht naar de juiste installatie.

Verkrijgbaarheid

De belangrijkste vraag daarna is op welke temperatuur het water in de leidingen naar het verwarming systeem in huis, in het slechtste geval, nog komt. Dat is bepalend voor het toe te passen type verwarming: vloerverwarming (tot circa 40 graden Celsius), lage temperatuur radiatoren (circa 50 graden Celsius) of de in huis 1938 bestaande hoge temperatuur radiatoren (circa 60 graden Celsius of hoger).

Het recent op de markt gebrachte Ecodan systeem van Mitsubishi werkt bij buitentemperaturen boven -15 graden Celsius en levert een watertemperatuur van 60 graden Celsius af (Ecodan.nl).

Het lijkt zo dus mogelijk om de bestaande CV radiatoren te behouden. Een verkenning van verkrijgbare lucht-water warmtepomp systemen en hun werktemperaturen levert op:

Mitsubishi Ecodan biedt -15 en +60 graden Celsius (Ecodan.nl).

Airwell PAC-HT biedt -20 en +65 graden Celsius (Airwell.com).

Dimplex LA 11ASR biedt -25 en +58 graden Celsius (Dimplex.de).

Western GEYSER 12 biedt -20 en +65 graden Celsius (Western.nl).

Stiebel Eltron WPL 13 biedt: -20 en + 60 graden Celsius (Warmtepompinstallateur.nl).

Carrier XP mono biedt: -15 en +55 graden Celsius (Koeltex.nl).

NIBE-F2025-8 biedt: -20 en +58 graden Celsius (Platendt.nl).

Al deze op de markt verkrijgbare mogelijkheden wekken de indruk dat het gebruiken van bestaande hoge temperatuur radiatoren mogelijk blijft.

Legionella

De capaciteit is nog los gezien van de warm tapwater behoefte waarin de warmtepomp ook een rol kan spelen. Het later toevoegen van zonnecollectoren is hier nog een extra duurzaamheidswinst. Er is ook een risico. Warm tapwater dat bijvoorbeeld bij het douchen wordt gebruikt moet aan gezondheidseisen voldoen. Water dat door leidingen gaat met temperaturen lager dan 25 graden Celsius of vanaf 60 graden Celsius en hoger levert geen legionella risico op. Er hoeft dan geen met gas of stroom bij-verwarmde warm tapwater voorziening te zijn (Legionella.nl).

Geluidshinder

Nadelen kunnen zijn dat het buiten opgestelde ventilatorsysteem aan de elementen is blootgesteld en dat de kast tamelijk groot is. De ervaring met ventilatiekasten is ook dat ze geluid kunnen maken. De benodigde ventilatorkast kan op afstanden van tientallen meters van de warmtepomp zelf staan, bij huis 1938 dus ergens in de tuin of op een dak. Bij de keuze van een plek en van de maatregelen tegen weersinvloeden en geluidsoverlast zijn ook de buren belangrijk. Beoordelen hiervan, bijvoorbeeld tijdens een bezoek aan een huis dat al een buiten opgestelde warmtewisselaar in bedrijf heeft, lijkt dus raadzaam.

Hoeveel dB(A) is hinderlijk? Voor de buitenomgeving is er een 'politiek compromis' voor wegen van 50 dB (RWS.nl). Dat is gelegd op een geluidsniveau waarbij nog 10% van de omwonenden zich er aan stoort. De door leveranciers opgegeven geluidsniveaus rechtvaardigen dus het grondig vergelijken van prestaties van warmtewisselaars op dit punt. Ook de Dutch Heat Pump Association benadrukt dit punt (DHPA-online.nl).

Een verkenning van lucht-water warmtepompen op de markt en hun geluidsprestaties blijkt dus nodig. Dat levert meteen gegevens op voor de voorselectie. Daarna kan er aan een inkooptraject worden begonnen waarin -bij voorkeur- 3 partijen tot een offerte komen. Een vergelijking van geluidsniveaus voor enkele op internet te vinden en op de markt aangeboden lucht-water warmtewisselaar systemen leidt tot het volgende beeld:

Dimplex: 63 dB(A), op 10 meter afstand 33 dB(A) (Dimplex.de).

Airwell: 35 dB(A) for indoor units (Airwell.com).

Ferrol: 69 dB(A), op 1 meter afstand 55 dB(A) (Ferrol.nl).

Western: 39 dB(A) (Western.nl).

Stiebel Eltron: 65 dB(A) (Warmtepompinstallateur.nl).

Carrier XP Mono: 50 dB(A) (Koeltex.nl).

NIBE F2025-8: 62 dB(A), op 10 meter 36 dB(A) (Platendt.nl).

Dit betekent dat het geluidsniveau op een afstand tot 1 meter sterk varieert: tussen 35 en 69 dB(A) en dat het op circa 10 meter afstand daalt tot tussen 33 en 36 dB(A).

Concept eisenpakket

Het warmtepomp systeem wordt, dit alles overziend, bij voorkeur van het type “lucht-water”. Dat bestaat uit een buiten opgestelde warmtewisselaar in een ventilatorkast die aan de buitenlucht warmte onttrekt en aan een geschikt medium overdraagt, en een binnen opgestelde warmtepomp ‘ketel’ die de verzamelde warmte op voldoende hoge temperatuur brengt. Water in circulatie in een buizen systeem draagt van daar uit de warmte over aan de bestaande CV radiatoren in het huis. Aan de “ketel” zit een warm tapwater voorziening. De installatie werkt uitsluitend op elektra. De warmtepomp voor huis 1938 moet voldoende capaciteit hebben, hij moet bij -20 graden Celsius buitentemperatuur nog een thermisch vermogen van ca. 10 kW kunnen leveren. De zogenaamde “voorlooptemperatuur” aan de ingang van de radiatoren en de warm tapwater voorziening moet 60 à 65 graden Celsius zijn. Er moet een mogelijkheid zijn om eventueel zonnecollectoren aan te kunnen sluiten ter ondersteuning van de warm tap water voorziening. De ventilatorkast buiten moet bestand zijn tegen alle weersomstandigheden, waaronder sneeuwval en ijsvorming, en mag een maximaal geluidsniveau van 36 dB(A) op 10 meter afstand afgeven. Het ontdooien van aanvriezende water op de verdampers in de buitenunit moet automatisch zijn.

Voorbeelden

Uit de eerste verkenning komen als bruikbare voorbeelden naar voren:

Airwell PAC-HT 12-6 -20 / +65 °C (Airwell.com).

Western GEYSER 12 -20 / +65 °C (Western.nl).

Stiebel Eltron WPL 13-23 E -20 / +60 °C (Haarman.nl).

Mitsubishi Ecodan -15 / +60 °C (Ecodan.nl).

Selectie van leverancier

Warmtepomp installaties worden door installateurs geleverd en geplaatst. Fabrikanten zijn op het internet als vraagbaak en adviseur voor de particulier actief maar laten de aanschaf en plaatsing aan installateurs over. Het hier als ‘pionier’ gekozen selectieproces om te komen tot een geschikte installateur loopt via een “long-list”, een voorselectie, een “short-list”, een drietal adviesgesprekken

gevolgd door offerte aanvragen. De daarop ontvangen aanbiedingen en een onderhandeling moeten dan tot de definitieve keuze leiden.

De gevonden voorbeelden zijn als eerste zoekrichting genomen. Als tweede zoekrichting is de groep installateurs in midden Nederland in kaart gebracht. Hun internetsites zijn afgespeurd op leverbaarheid van lucht-water warmtepompen. Voor de voorbeelden werden de volgende installateurs gevonden:

PAC-HT 12-6

[1] Airview [2] Veldhuizen (Er zijn verder tientallen leveranciers in België)

GEYSER 12

[3] Western

Ecodan

Op ecodan.nl is een tab “zoek uw dealer” waarmee de volgende bedrijven in het midden van het land werden gevonden:

[4] Schouten [5] Paans [6] WKZ

Stiebel Eltron WPL 13-23 E

Op stiebel-eltron.nl is een “direct contact” mogelijkheid voor particulieren maar de lijst met “vakpartners” zit achter een inlogcode. Er zijn brochures te downloaden waarin o.a. de WPL HT met temperaturen tot 75 graden Celsius wordt genoemd (Stiebel-Eltron.nl). Een eigen internet search levert op:

[7] Haarman [8] Adams

Op het internet blijkt verder dat de verschillende merken warmtepompen elk door diverse bedrijven in het land worden verkocht. Fabrikanten presenteren in enkele gevallen zelf een lijst van leveranciers in de diverse regio's. Omdat huis 1938 in het midden van het land staat, is gezocht naar installateurs in de regio's Utrecht en West Gelderland. Het merendeel van de installatiebedrijven heeft ook warmtepompen in het assortiment maar geven daar geen uitgebreide informatie over. Hieruit ontstaat het volgende lijstje van regionale lucht-water warmtepomp leveranciers :

[9] Wisselo [10] Duraklima [11] Schans [12] Brandsen

Een ruwe prijs indicatie is in de Nederlandse situatie moeilijk te vinden. Voor een complete en geïnstalleerde Airwell PAC-HT 12-6 installatie wordt een bedrag van € 10.436,25 genoemd (lambrechtsprofessionals.eu). Rekening houdend met de eerder gevonden subsidie wordt het voorlopige budget daarmee 8500 euro.

Uit het zo opstellen van een “Long list” blijkt bovendien dat de grote Nederlandse CV ketelbouwers niet met warmtepompen zonder aardgas verbruik bezig zijn. Ze komen daardoor ook niet op de “long-list” voor. Er zijn begin 2013 alleen hybride combinaties van warmtepompen met een CV ketel aangetroffen (Nefit.nl) (Itho-Daalderop.nl) ([Remeha .nl](http://Remeha.nl)) (Vaillant.nl).

De zo gevonden ‘long-list’ bedrijven zijn per e-mail benaderd met een globale ontwerpschets en een viertal vragen. De eerste vraag was of ze met de voorbeelden vergelijkbare warmtepomp installaties kunnen leveren. De tweede vraag was of ze aan het eisenpakket kunnen voldoen. De derde vraag was of er een door hun geleverde en in werking zijnde installatie in een woning te bezichtigen is. De

vierde vraag was of ze na technisch overleg over het ontwerp een offerte willen maken voor het installeren van een systeem in huis 1938.

Op 12 april 2013 blijkt uit een gesprek met een onderhoudsmonteur dat huisleverancier Schans nog maar nauwelijks begonnen is met woning renovatie en met lucht/water warmtepompinstallaties. Er is al wel ervaring met grootschalige projecten waarbij een verticale warmtewisselaar is aangelegd.

Op 23 april 2013 is de huis 1938 aanvraag bij 12 installateurs neergelegd, inclusief Schans. Hierop kwam de volgende respons:

Foutmelding:	Veldhuizen
Doet geen woningen:	Brandsen
Verwijst door:	Duraklima (verwijst naar Paans, Gorinchem/Utrecht)
Geen reactie:	Airview, Western, Schouten, Haarman, Adams
Geïnteresseerd:	WKZ, Paans, Schans, Wisselo

Op 26 april hebben 6 installateurs gereageerd waarvan er 4 in het project geïnteresseerd zijn. Deze 4 worden van antwoorden op hun vragen voorzien en voor verder overleg uitgenodigd.

Voorselectie

Het eerste gesprek met WKZ vindt op 17 mei 2013 plaats. Enkele tips (over instelling van de HR ketelthermostaat, schelpen onder de vloer, fundament rondom isoleren, radiatoren waterzijdig inregelen en de kamerthermostaat stooklijn afstellen) en enkele adviezen (eerst verder isoleren, dan nieuw afgifte systeem met geforceerde ventilatie bij radiatoren plaatsen, dan warmtepomp plaatsen) later blijkt dat de COP bij de aanvankelijk beoogde 60 graden met circa 1.5 toch wel erg laag is. De warmte kan beter via vloer/wand units met geforceerde ventilatie worden overgedragen. Dan kan die temperatuur naar 35 graden en blijft de COP rond de 4. Het tapwater deel kan met 55 graden en een legionella programma worden geregeld. De specificatie moet verder worden verfijnd om tot een warmtevraag per kamer te komen. Daarna is een calculatie / offerte voor de twee stappen (1- afgiftesysteem, 2-warmtepomp) mogelijk. Een oriënterend bezoek aan het huis met een werkend Ecodan systeem in Deventer is mogelijk.

Het tweede gesprek is op 30 mei 2013 met Wisselo. Het streven naar een nul-energie huis vormt een mooie aanleiding voor een inhoudelijk gesprek over zin en onzin van hybride systemen en van het adverteren met hoge bedrijfstemperatuur voor warmtepompen. De lage COP is dan in elk geval een groot nadeel. Een warmtepomp komt niet echt tot z'n recht in een situatie met bestaande hoog temperatuur radiatoren die deels nog te klein zijn. De keuze valt hierdoor op een lucht-water warmtepomp met nieuwe wand-units en nieuw leidingwerk. Bij een rondgang blijkt het volgende. Op de zolder bij het was drogen is geen unit nodig. De huidige radiatoren in beide douches zijn te klein gedimensioneerd. De nieuwste ontwikkeling voor de ventilatorkast buiten is dat ca 36 dB(A) geluidsniveau wordt gehaald en dat er ook een horizontale ventilator opstelling mogelijk is. Apart zichtbaar maken van zonnecollectoren voor tapwater en benodigd elektrisch vermogen voor het dimensioneren van extra zonnepanelen is belangrijk.

Aan de hand van een lijst van bestaande radiatoren en het warmteverlies rekenmodel, bijgewerkt per kamer tot de nog te bereiken eindsituatie van huis 1938, wil dit bedrijf een ruwe prijsschatting voor drie geschikte installatie ontwerpen maken.

Het derde gesprek is op 5 juni 2013 met Schans en toeleverancier Thercon. Dit gesprek met twee heren van twee bedrijven mondt uit in een ontwerp dat uit twee onafhankelijke delen bestaat. Een grote en een kleine warmtepomp.

De grote warmtepomp bestaat uit een General WOCTRIY buitenunit, een WCD10 Waterstage Duo binnenunit met ingebouwde boiler voor tapwater, en daaraan 9 convectoren (Yara mini-wandunit) op de begane grond en in de badkamer op de 1^e verdieping. De buitenunit zou aan de muur bij de klinko's moeten komen. Plaatsing op een licht geconstrueerd houten plat dak is af te raden in verband met sterkte, trillingen en geluid. Een zware betonplaat kan eventueel als demper dienen.

Een uitbreiding met 1 vlakke plaat zonnecollector kan later apart worden geregeld. Het rendement van een dergelijk paneel is beperkt. Lange leidingen zijn niet zo gunstig. Een optimale plaats hiervoor zou dus op het schuine dakje van de studeerkamer achter zijn. Elektrisch bij verwarmen voor het tapwater kan eventueel met extra PV panelen worden gecompenseerd.

De kleine warmtepomp bestaat uit een General Multisplit-18 warmtepomp aan de zijgevel boven het raam in de hal bij de voordeur, en drie wand units voor de warmte afgifte die hoog aan de muur bevestigd worden. Twee in de slaapkamers op de 1^e verdieping, type MSAS07RIYN en een derde in de woonkamer op de begane grond halverwege de zijgevel, type MSAS09RIYN. Deze opstelling maakt het mogelijk elke kamer op de 1^e verdieping en de huiskamer onafhankelijk van elkaar, meer, minder of niet te verwarmen. Dergelijke units kunnen ook koelen. Er ontstaat verder nog een redundantie in het verwarmingssysteem omdat bij uitval van de een, de ander nog beschikbaar blijft.

Het hergebruiken van verwarmingsleidingen bij de grote warmtepomp is, mede gezien de aangetroffen roest onder de vloer, niet wenselijk als er een betonvloer komt. Schans stelt voor tijdens de aanleg van de betonvloer slangen naar de plaatsen voor de 9 convectoren te leggen die dan in de afwerkvloer mee gegoten worden. Voor de kleine warmtepomp en de wandunits op de 1^e verdieping is een route voor geïsoleerde medium leidingen in koven het beste. Een extra groep in de meterkast voor elk van de twee systemen is ook nodig.

Een vierde gesprek vindt nooit plaats. Van Paans wordt niets meer vernomen.

Offertes

Naar aanleiding van de gesprekken wordt de specificatie naar versie V3 bijgesteld. Deze luidt kort samengevat:

“Het warmtepomp systeem is van het type “lucht-water”. Dat bestaat uit een buiten opgestelde warmtewisselaar in een ventilatorkast die aan de buitenlucht warmte onttrekt en aan een geschikt medium overdraagt, en een binnen opgestelde warmtepomp ‘ketel’ die de verzamelde warmte op voldoende hoge temperatuur brengt. Water in circulatie in een buizen systeem draagt de warmte over aan nieuw te plaatsen geventileerde wand-units in het huis. Aan de “ketel” zit een warm tapwater voorziening. De installatie werkt uitsluitend op elektra. Eventuele zonnepanelen om het benodigde elektrisch vermogen te leveren zijn geen onderdeel van de installatie. De warmtepomp voor huis 1938 moet voldoende capaciteit hebben, bij -20 graden Celsius buitentemperatuur nog een thermisch vermogen van 5.5 kW kunnen leveren. De zogenaamde “voorlooptemperatuur” aan de ingang van de wand units moet voor een optimale COP van 4.0 of hoger zorgen. Voor de warm tapwater voorziening moet circa 60 graden Celsius mogelijk zijn, compleet met een legionella bescherming. Er is een mogelijkheid om later een zonnecollector paneel aan te sluiten ter ondersteuning van de warm tap water voorziening. De buiten opgestelde ventilatorkast moet bestand zijn tegen alle weersomstandigheden, waaronder sneeuwval en ijsvorming, en mag een

maximaal geluidsniveau van 36 dB(A) op 10 meter afstand afgeven. Het ontdooien van aanvriezende water op de verdamper in de buitenunit moet automatisch zijn.”

Schans

Op 24 juni 2013 wordt als eerste een offerte van Schans en Thercon ontvangen. De prijs van 19.480,- voor een combinatie van een grote (General Waterstage) en een kleine (General Multisplit) warmtepomp en een reeks convectoren is direct een ontnuchtering. Meer dan twee maal het voorlopige budget van 8.000,- euro. Ook is de offerte niet helemaal volgens de afspraken opgesteld. Hoge boor-, montage- en elektra kosten zijn opgevoerd. De warm tapwater voorziening is in de offerte onherkenbaar maar is mogelijk als onderdeel van de grote warmtepomp opgenomen. Een oude badkamer radiator blijft bestaan hoewel dat niet zinvol is. De plaatsing van de grote buitenunit op het platte dak klopt niet met de onderling uiteindelijk afgesproken muur ophanging achter aan de uitbouw. Een levertijd wordt niet aangegeven. Wat de grote en wat de kleine kost blijkt ook niet uit de offerte. Al met al lijkt dit ‘groot+klein’ concept financieel niet aantrekkelijk.

Wisselo

Met Wisselo ontstaat een e-mailwisseling, onder meer over de details van de warmtebehoefte per ruimte en het Excel rekenmodel daarvoor. Zij doen de berekening volgens eigen standaard over en geven dat op 10 juni 2013 door aan hun leveranciers Ochsner en Heliotherm. Op 26 juni 2013 wordt gemeld dat e.e.a. nog niet van hun leveranciers binnen is. Op 3 juli 2013 gebeurt dat nog een keer. Er komt geen aanbieding.

WKZ

De in de gesprekken verder evoluerende inzichten worden in de specificatie opgenomen en aan alle aanbieders gestuurd. Ook WKZ ontvangt een update V2 op 31 mei 2013. Op 21 juni ontvangen zij versie V3. Dit bedrijf werkt met Ecodan systemen. Er komt geen aanbieding.

Geo-Energie

Via Solvari.nl wordt op 20 juli 2013 het bedrijf Geo-Energie benaderd met een vraag naar een warmtepomp systeem. Op 6 augustus reageert Geo-Energie. Zij leveren geen lucht-lucht systemen maar wel interessante Neura lucht-water warmtepomp apparatuur waarover informatie is bijgevoegd. De dag er na, op 7 augustus 2013 ligt er al een prijsindicatie voor een Neura 10 kW lucht-water warmtepomp en een boiler voor 14.823,- euro. Het zou de zuinigste in Europa zijn. Lucht-lucht zou “niet duurzaam” zijn maar een onderbouwing voor deze bewering ontbreekt. In de bijgevoegde certificaatlijst staan COP waarde prestatiecijfers voor verschillende soorten en merken in Duitsland verkrijgbare warmtepompen opgegeven maar voor de lucht-lucht soort staat er niets bij (BAFA, 2013). De 9 stuks convectoren in het afgiftesysteem zijn niet in de prijs informatie opgenomen. Ze kosten circa 500 euro per stuk. (Mondelinge indicatie van Thercon) Het totaal zal waarschijnlijk dus toch de 19.000 Euro te boven gaan. De prijs lijkt daarmee vergelijkbaar met die van Schans en Thercon en tegelijkertijd is de COP hoger. Geo-energie belt weer terug over de prijs indicatie op 5 september 2013 maar de gevraagde onderbouwing komt er niet.

Afweging

Het lijkt er op dat een lucht-water warmtepomp systeem toch tussen 18.000,- en 20.000,- euro zal gaan kosten. Na prijs en levertijd is het volgende punt het inpassen van het systeem in huis 1938. Op

de begane grond is de bestaande vervlechting tussen vloeren en verwarming een belangrijk obstakel voor de plaatsing. Alles zou tegelijk moeten gebeuren. Leidingen verleggen naar vloergoten of naar koven langs de rand van het plafond zorgt voor een scheiding tussen de diverse klussen. Het zorgt ook voor flexibiliteit in de planning en voor eenvoudiger onderhoud en reparatie. Geventileerde convector units die bescheiden van afmeting zijn en weinig geluid maken zijn belangrijk voor de ervaren kwaliteit. Het bedieningsgemak is dat ook.

Op 15 juli 2013 gaat een bericht naar Schans dat hun offerte erg duur is aangeboden t.o.v. de verwachting van 8000 Euro (nog zonder aftrek van subsidie) en dat er onvoldoende ruimte in het budget zit om hem tegelijk met de vloer isolatie te honoreren. Mogelijk dat Schans en/of Thercon later alsnog bij een nieuw plan betrokken kunnen worden. Op 29 juli 2013 worden Wisselo en WKZ geïnformeerd dat het systeem ontwerp ten gevolge van voortschrijdend inzicht wordt gewijzigd met de vraag of ze daarop alsnog willen aanbieden. Het blijft stil.

Het moet anders

Op basis van deze pijnlijke maar leerzame ervaringen is het ontwerp voor huis 1938 nogmaals kritisch bekeken. Zou een elektrische boiler met zonnecollector, een propaangasfornuis en drie kleine warmtepompen dan toch een betere route zijn?

Er lijkt nu een goede reden te zijn om airco-achtige multi-split producten, van fabrikanten zoals Carrier, Lennox, Fujitsu, Mitsubishi, Panasonic en Toshiba, nog eens opnieuw onder de loep te nemen. Met informatie van het internet ontstaat na een kleine zoektocht een eerste beeld van wie dit levert.

Naast Thercon (Thercon.nl) die Fujitsu (Fujitsuclimate.nl) en General (Generalbenelux.com) apparatuur en kennis zoals een *Heat Pump Configurator* met software levert, zijn ook Techneco (techneco.nl); Intercool (intercool.nl, 2013); Aircoclima (Aircoclima.nl); Coolaction (Coolaction.nl) met o.a. een LG Prestige inverter met een hoge COP van 5.6 (lgklimaat.nl); Schilt (Schilt-airconditioning.nl) die Panasonic, Toshiba, LG, Daikin en Misubishi apparatuur levert; Heliotherm (Heliotherm.nu) met Oostenrijkse apparatuur; en Klimaatconcept (Klimaatconcept.nl) met Ecodan apparatuur, mogelijk interessante leveranciers van multi-split warmtepompen.

Deze leveranciers bieden soms ook oplossingen voor warm tapwater die van een warmtepomp gebruik maken.



Kantoorgebouw in Nijkerk: het dak staat vol buiten-units

Bij woonhuizen zie je ze weinig maar op bedrijfsgebouwen zijn ze sterk in opkomst. Op een winkeltje op het perron, op een bouwkeet of op een kantoorgebouw zie je vaak ventilatorkasten die op het

eerste gezicht als “airco” worden herkend. In werkelijkheid is de warmtepomp hier aan een stille opmars bezig.

Opstellen van een nieuw eisenpakket

Thercon bood via Schans een systeem aan dat bestaat uit een General Multisplit-18 warmtepomp aan de zijgevel boven het raam in de hal bij de voordeur met twee wand units type MSAS07RIYN en een derde type MSAS09RIYN. Temperaturen bij deze units kunnen onafhankelijk geregeld worden en allemaal verwarmen of allemaal koelen. Huis 1938 verwarmen zou volgens het rekenmodel in de eindsituatie van het project met drie buitenunits en 11 warmte afgifte units van 0.5 kW per stuk mogelijk moeten zijn bij -20 graden buitentemperatuur. (Warm tapwater is hier niet bij inbegrepen) Op het internet is genoeg prijsinformatie over multi-split warmtepompen te vinden. Zo is een Panasonic buitendeel CU-3E18LBE, geschikt voor aansluiten van 3 binnen units, -15 graden buitentemperatuur, verwarmen of koelen, met 5.2 kW vermogen, met een COP van 4,86 en met 46/47 dB(A) geluidsniveau, te koop voor 1595,00 Euro/stuk (Panasonic.uk).

Op elk buitendeel is tot een totaal van 7 KW aan binnendelen te combineren, bijvoorbeeld 3 stuks 2 KW Panasonic Etherea binnendeel/wit, elk geschikt voor een ruimte tot 50 m3 en met 20/24/37 dB(A) geluidsniveau afhankelijk van de gekozen stand, voor 275,00 Euro per stuk. Een dergelijk systeem zou voor huis 1938 met 3 buitenunits en 9 binnendelen ruim voldoende vermogen hebben voor $4785+2475=7260,-$ Euro aan apparatuur aanschaf. Dit is nog exclusief de kosten voor leidingen en plaatsing (klimaatwereld.nl). Op Marktplaats is vergelijkbare LG apparatuur (drie sets van elk 1x MU3M19 bu + 3xS09AQ bi units) voor 5985,- Euro ex BTW te koop (RHS Airco). Ook zijn er bedrijven die dit type sets leveren en monteren voor vaste prijzen (koeltechnieknederland.nl).

Vergelijkbare systemen zijn zo voor diverse merken samen te stellen:

Merk	Buitenunit	Binnenunit	Aantallen	Prijs indicatie
General	Multisplit18	MSAS07R1YN	3 x (1+3)	
Panasonic	CU3E18LBE	Etherea wit	3 x (1+3)	3x1595+9x275=7260 Euro
LG	MU3M19	S09AQ	3 x (1+3 set)	3x1995=5985 Euro ex BTW
Toshiba	3M18SAV-E	RAS-M07SKV-E	3 x (1+3)	
Mitsubishi	MXZ3B54VA	MSZ-FD25VA	3 x (1+3)	
Fujitsu	AOYG18LAT3	AGYG09LV	3 x (1+3)	

Bij deze prijzen is nog geen rekening gehouden met:

Afleveren, boren, ophangbeugels, leidingen aanleggen, lektesten, groepen van 16 A per buitenunit aanleggen, BTW en aftrek van subsidie op warmtepompen. Een budget van ongeveer 8000 Euro, alles inbegrepen, lijkt hier realistisch.

Dit leidt tot het opstellen van een geheel nieuwe specificatie:

V4 Specificatie Warmtepomp installatie - Woonhuis uit 1938, half vrijstaand.

Concept eisenpakket

Het warmtepomp systeem is van het type “multi-split” en bestaat uit 3 buiten opgestelde warmtewisselaar units (ventilatorkasten) die aan de buitenlucht warmte onttrekken, een buizensysteem met mediumvloeistof en 9 binnen opgestelde convector wand-units in het huis. De installatie werkt uitsluitend op elektra. Eventuele zonnepanelen om het benodigde elektrisch vermogen te leveren zijn geen onderdeel van de installatie. Ook een warm tapwater systeem maakt geen deel uit van de installatie. Het warmtepomp systeem voor huis 1938 moet voldoende capaciteit hebben om bij -20 graden Celsius buitentemperatuur nog een thermisch vermogen van 5.5 kW kunnen leveren. Het systeem moet een COP van 4.0 of hoger hebben. De buiten opgestelde ventilatorkast moeten bestand zijn tegen alle weersomstandigheden, waaronder sneeuwval en ijsvorming, en mag een maximaal geluidsniveau van 36 dB(A) op 10 meter afstand afgeven. Het ontdooien van aanvriezend water op de verdampers in de buitenunits moet automatisch zijn.

Ontwerpschets

Multisplit warmtepompen en binnen units



Warmtevraag per vertrek

In de tabel hieronder is voor elk vertrek het type constructie dat het van grond of buitenlucht scheidt met het bijbehorende oppervlak aangegeven. Onderaan is, uitgaand van 9 binnen units van 2 kW per stuk, een verdeling over de vertrekken aangegeven. De totale warmtestroom in de model berekening blijkt circa 5.5 kW te zijn bij -20 graden buitentemperatuur. Drie buitenunits met elk circa 6 kW capaciteit en elk aansluitmogelijkheden voor 3 binnen units van 2 kW per stuk zijn dus voldoende.

NA de maatregelen	K-waarde [W/m ² K]	Oppervlak per type buitenwand constructie per vertrek [m ²]											
		Buitenunit 1				Buitenunit 2				Buitenunit 3			
Constructie buitenwand		Stu deer kamer	Schuurzolder	BijKeuk en	hal-WC bene den	Huis kamer achter	Huis kamer voor	Hal voor beneden	Hal boven	Dou che boven	Slaap kamer voor	Slaap kamer achter	Zolder en Dak kapel
spouwmuur +15 cm kooltherm	0.14	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
muur+5cm EPS + 10 cm kooltherm	0.16	21,1	3	6,8	0	0	0	0	0	0	0	0	1
spouwmuur +6cm PUR	0.51	0	0	0	0	18,9	0	13,5	13,5	13,5	8,1	2,7	0
Spouwmuur +5cm EPS +6cm PUR	0.29	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
4 laags glas lichtkoepel	1.00	0	0	0	0	2,5	0	0	0	0	0	0	0
2 laags glas	1.52	0	0	0	0,1	0	0	0,15	0	0	0	0	0
3 laags glas (dubbel glas basis)	1.27	5,5	0	0,3	0,54	3,0	2,64	0,58	0,53	0,82	1,63	1,1	2,36
3 laags glas (met glas in lood)	1.72	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Plat dak+5cm PUR	0.52	10	0	6,8	5,4	15	0	0	0	0	0	0	3
Hout+5cm EPS + 10cm Kooltherm	0.16	0	10,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37,5
Hout+15 cm Kooltherm	0.13	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Hout+ 5cm EPS+hout	0.56	1,05	0,4	0	0,4	0,75	0	1	0	0	0	0,4	0
betonvloer+15cm Kooltherm*)	0.14	19,5		6,8	7,5	36,3	9	0	0	0	0	0	0
granito vloer op zand*)	13.2	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
Binnen units		Nr1 Nr2	-	Nr3	-	Nr4 Nr5	Nr6	-	-	Nr7	Nr8	Nr9	-

Prijs indicatie

Op basis van deze gegevens graag een opgave van de kosten voor :

- a) 3 warmtepomp buiten units à 5 kW,
- b) 9 binnen units à 2 kW,
- c) leidingwerk en montage materiaal
- d) installatie werkzaamheden.

Prijzen

De specificatie is vervolgens tussen 20 en 30 juli 2013 aan enkele bedrijven gestuurd met de vraag of zij hiervoor een aanbieding kunnen doen: WKZ (Ecodaan, Daikin), Wisselo (Ochsner), Thercon (Fujitsu, General), Intercool (Toshiba), Coolaction (LG, Mitsubishi, Daikin, Gree, Airwell) Solvari/Geo-Energie en Schilt (Panasonic, LG, Toshiba, Daikin, Mitsubishi). De laatste presenteert een Mitsubishi VRF systeem waarop ook een aparte booster unit voor tapwater past (**Mitsubishi-VRF**).

Afhakers

De Thercon contactpersoon is tot eind augustus op vakantie. Zij reageren niet meer. WKZ ook niet. Wisselo meldt 4 weken geleden een offerte op Ochsner basis te hebben gestuurd maar die is niet aangekomen. Een reminder leidt niet alsnog tot de ontvangst van de offerte. Schilt reageert niet.

Op 31 juli 2013 komt Coolaction met de opmerking dat 2 kW wel weinig is als er bij -20 ook verwarmd moet worden. Overleg helpt niet, dit bedrijf heeft er kennelijk geen zin in.

Op 6 augustus meldt Geo-Energie dat er geen lucht-lucht warmtepompen worden geleverd (die zouden “niet duurzaam” zijn), wel biedt dit bedrijf een alternatief in de vorm van een lucht-water warmtepomp aan (zie: lucht-water hoofdstuk hier voor). De bewering “niet duurzaam” wordt niet alsnog onderbouwd ondanks een expliciete vraag daarnaar.

Argion

Intercool meldt importeur te zijn en niet zelf Toshiba apparatuur te kunnen leveren en verwijst door naar Argion in Ede. Die reageert dezelfde avond nog en vraagt een week uitstel voor offerte maken in verband met vakantie. Op 26 augustus krijgt Argion een reminder. Op 27 augustus 2013 ligt de 1^e prijs indicatie van Argion -met een excuus voor de vertraging- er. In totaal, inclusief de installatie, kosten de drie systemen 15.390,- euro exclusief 21% BTW. De totale kosten bedragen zo dus 18.622,- euro. De voorgestelde installatie bestaat uit drie Toshiba RAS-3M26UAV-E buiten units (69 kg; 89x90x32 cm; A+ label en COP 4.09) met elk 3 Toshiba RAS-M10SKV-E binnen units (25x74x19.5 cm) er aan gekoppeld. Elke buitenunit heeft een eigen elektrische aansluiting 230V, 16 A. Het totale koelvermogen bedraagt 3x(1,4 – 9,0) KW en het verwarmingsvermogen 3x(2,0 – 11,2) KW. Er zijn 3 extra groepen in de meterkast nodig. Een opsplitsing in twee of drie kleinere project porties is hier eenvoudig te realiseren.

Proefperiode

Om de nieuwe techniek te leren kennen is een proefperiode met 1 buitenunit en een paar binnen units voor de uitbouw achter de beste mogelijkheid. De bestaande radiatoren kunnen bij een positieve evaluatie dan eenvoudig verwijderd worden. Plaatsen van de overige twee multi-split systemen is handiger om tegelijk te doen omdat dan de CV ketel en de radiatoren uit huis kunnen worden verwijderd. Op 6 september 2013 is er overleg in huis 1938 met Argion. Hierbij blijkt dat sommige binnen units beneden op de vloer en andere juist beter hoog aan de wand kunnen zitten. Een nieuwe offerte gaat uit van een zelf aan te leggen elektrakabel van de meterkast naar de uitbouw achter.

Ook wordt eventuele toekomstige uitbreiding besproken. Voor de bovenverdieping is een multi-split systeem niet nodig en kan met een eenvoudige en goedkopere inverter met binnen-station en drie air-ducts volstaan worden. Verder is een alternatief met totaal systeemontwerp gebaseerd op een enkele centrale VRF unit duurder. Een eventuele combinatie van de twee buiten units voor de woonkamer en de 1^e verdieping zal waarschijnlijk ook duurder zijn. Voor de latere installaties op de

begane grond en boven zal de prijs gebaseerd zijn op zelf in de zolder vloer te maken gaten voor roosters. Maar dat is van later zorg.

In de 2^e prijs indicatie van Argion, ontvangen op 12 september 2013, staat voor een complete huis 1938 warmtepomp installatie:

1 - Achter	4230,- ex 21% btw.
(RAS-3M26UAV-E buitenunit, 2x RAS-M10SKV-E en 1x RAS-B10UFV binnen units)	
2 - Woonkamer	4670,- ex 21% btw.
(RAS-3M26UAV-E buitenunit, 1x RAS-M10SKV-E en 2x RAS-B10UFV binnen units)	
3 - 1 ^e verdieping	2385,- ex 21% btw.
(RAS-M16SAV2 buitenunit, 1x RAS-M16GDV binnen unit)	
4 – Installatiekosten	2400,- ex 21% btw.
	_____+
Totaal	13685,- ex 21% btw

De totale investering wordt dan dus 16558,85 Euro inclusief btw. Dit is ruim 2000,- euro lager dan de alternatieven die eerder door Schans, Thercon en Geo-energie aangeboden zijn. Op 14 september 2013 valt dan ook de beslissing om in deze richting door te gaan.

Er volgen drie stappen: de eerste stap is een werkende installatie elders gaan bekijken om het geluid te beoordelen, de tweede stap is om de uitbouw achter klaar te maken voor de plaatsing van de warmtepomp en het aanbrengen van meer isolatie, de derde is opdracht geven om de eerste warmtepomp installatie in de uitbouw achter te laten plaatsen.

Argion organiseert de eerste stap en op 20 september 2013 vindt een bezoek aan een woning in Amersfoort plaats. Daar is een multi split buitenunit met twee binnen units hoog aan het plafond te bekijken. Het geluidsniveau valt erg mee, het esthetische aandeel is een punt van zorg. Met een jaren dertig stijl betimmering en met lucht doorlatend timmer werk kan dit worden verholpen.

Er is ook een nieuw inzicht ontstaan. Twee binnen units in de zelfde betrekkelijk kleine en goed geïsoleerde ruimte lijkt niet verstandig. Een ontwerp met 1 buitenunit, 1 lage binnen unit in de studeerkamer en 1 hoge unit in de douche/bijkeuken/gang lijkt beter voor de prestaties en voor de prijs. Argion wordt er die zelfde avond nog over geïnformeerd en om bijstelling van de prijs gevraagd. Die 3^e en definitieve prijsopgave volgt op 27 september 2013.

De eerste van de beoogde drie installaties komt er uiteindelijk als volgt uit te zien:

Warmtepomp 1 - uitbouw achter

1x RAS-M18UAV-E buitenunit (buiten aan de muur achter)

1x RAS-M10SKV-E hoog wand binnen unit (douche/bijkeuken/gang ruimte)

1x RAS-B10UFV vloer binnen unit (studeerkamer ruimte)

Installatiekosten

Totaal 4290,- ex 21% btw en ex nieuwe meterkast groep a 150,00 Euro.



Plaatsing

De levertijd is in de orde van een week. Op 1 oktober 2013 wordt de montage datum vastgesteld: 17 oktober. Opeens is er haast want de bestaande radiatoren en verwarmingsleidingen zitten in de weg. De uitbouw achter had een CV apart circuit dat nu vervalt. Op 4 oktober gaan de drie radiatoren en hun leidingwerk er uit. Ze gaan naar een buurman die oud ijzer inzamelt voor recycling. Later blijkt dat hij er een voor de verbouwing bij zijn zoon kan gebruiken.



28 sept 2014 De Toshiba RAS-M18UAV na een jaar

Langs de binnenzijde van de buitenmuur in de uitbouw, direct onder het plafond, komt een koof voor het benodigde leidingwerk. De gordijnen, schilderijen en planken moeten van de muur af om vrije toegang voor de werkzaamheden te krijgen. Verder is een 220 Volt kabel vanaf een nieuw aan te brengen groep in de meterkast nodig. Die moet zelf worden aangelegd om geld te besparen. Van bij de voordeur buiten om het huis naar de uitbouw achter is het een lange, gedeeltelijk ondergrondse route. Op 9 oktober 2013 is de kabel gereed. Er moet ook al begonnen worden met de extra isolatie van de uitbouw achter op de twee plaatsen waar de binnen units moeten komen. Op 17 oktober

2013 wordt de warmtepomp in de uitbouw achter geplaatst. Het is een volle dag werk voor de installateur van Argion en een paar uur voor de elektra monteur die drie groepen en twee nieuwe aardlekschakelaars in de meterkast plaatst. De eerste groep is voor de warmtepomp achter, de andere twee zijn voor toekomstige uitbreidingen met warmtepompen voor het midden en boven gedeelte van het huis. Ook de schilders zijn er voor de dakgoot en dakkapel. Ze ontdekken twee lekkages in de goot. Als tegenprestatie voor die radiatoren helpt de buurman om de twee lekken in de dakgoot te dichten. Een drukte van belang . . .



17 okt 2013 Installatie van de eerste warmtepomp en schilderen van de goten

De warmtepomp bevalt meteen. Een aangename warmte over de grond maakt het werken in de kantoorruimte een stuk aangenamer dan voorheen. Op 24 oktober 2013 wordt het laatste detail, een bedieningsknopje dat af-fabriek niet goed werkte, in orde gemaakt.

De testperiode begint met prachtig weer, het kwik bereikt midden op de dag waarden boven de 20 graden. Op 8 december 2013 is de eerste vorstperiode geweest. Ook was er een zo hevige storm dat die wel in de geschiedenisboeken genoteerd zal worden. De binnen unit in de douche lijkt in die omstandigheden aardig op zijn doel berekend. Met de extra isolatie van de buitenmuren inmiddels aangebracht en met de gordijnen weer op hun plaats lukt het ook de binnen unit in de studeerkamer om de boel warm te houden. Bij 30 graden of meer buiten koelt hij ook uitstekend zo blijkt in 2014.



December 2013 Windscherm bij de binnenunit

De luchtstromingen die de unit veroorzaakt zijn bij koud en winderig weer nog een punt van aandacht. We zetten de temperatuur op 23 graden en de fan op 1, 2 of 3 om het prettig te houden. Een windscherm blijkt ook nodig. Tijdens zittend werken achter een computer is die luchtbeweging vlak achter je niet prettig. Een kunstwerkje in de vorm van een reiskoffer schermt dat nu af. Ook slaat de muur onder de condens afvoer buiten groen aan. We verlengen in 2015 het pijpje naar een grindput.

(5.2) Warmtepomp systeem woonkamer en 1^e verdieping

De beslissing om de 2^e en eventueel 3^e warmtepomp te plaatsen wordt hierdoor wel bemoeilijkt. Het plaatsen van een binnen unit in een kamer is dus niet zo ongecompliceerd als het aanvankelijk leek. Een effectieve bestrijding van oncomfortabele luchtbewegingen is nodig. Als preventie mogelijk is zou dat toch de voorkeur hebben.

Van heel vroeger kennen veel mensen nog het gevoel dat het dicht bij de kolenkachel of de open haard lekker warm was. Dat wil zeggen, men kon de kant van het lichaam die koud of heet werd kiezen. Met centrale verwarming werd het beter, het merendeel van iemands lijf was meestal op een aangename temperatuur. Warmte was er van alle kanten. Koude voeten en een heet hoofd kwamen wel voor als het erg tochtte of streng vroom. Er zal nu ook afscheid moeten worden genomen van het lekker met de rug tegen een radiator gaan zitten en zich koesteren aan de straling van een groot 80 graden Celsius heet oppervlak. Comfort blijkt in deze proefperiode toch een punt van doorslaggevend belang te zijn.

Soms zijn er toch koud aanvoelende luchtbewegingen. Een vloerverwarming zou dit nadeel niet hebben. Is een oplossing, die uit een combinatie van een lucht-lucht warmtepomp buiten unit, vergelijkbaar met die al is geplaatst, en een vloerverwarming bestaat, technisch wel mogelijk?

Er zijn daarmee dus twee aparte verwarmingsvraagstukken aan de orde:

- 1) de begane grond en
- 2) de eerste verdieping.

Eerder was al besloten de zolder verder onverwarmd te laten. De 1^e verdieping lijkt het eenvoudigst op te lossen probleem.

Eerste verdieping

De eerste verdieping benut sinds 1938 de warmte die vanuit de begane grond door het plafond en de verdiepingvloer van onder naar boven stroomt. Dit leidt in praktijk van 2013, na de spouwmuur

isolatie, nog meer dan voorheen tot een aangenaam warme verdieping vloer en tot weinig storende luchtbewegingen. In de slaapkamer voor en in de douche zijn CV radiatoren die wat extra warmte afgeven. De radiator in de slaapkamer achter staat niet aan. Met Argion is hier een inverter oplossing bedacht die met warme lucht door plafondroosters de verdieping verwarmt.

Als extra comfort verwarming is kortstondige aparte bijverwarming wenselijk. Dat kan met bijvoorbeeld een extra lage temperatuur radiator, een klein straalkacheltje of een elektrisch heater paneel in de douche. Om het bijkomende elektriciteit verbruik hiervan af te dekken zijn extra zonnepanelen een geschikte oplossing.

Argion gaf op 12 sept 2013 als indicatie aan:

Warmtepomp 3 - 1^e verdieping

1x RAS-M16SAV2 buitenunit,

1x RAS-M16GDV binnen unit en

3x air-duct / rooster

2385,- Euro

ex 21% btw,

ex montage à 600,- (plafond gaten zelf zagen)

Dit lijkt praktisch uitvoerbaar en financieel haalbaar. Misschien is het toch te combineren met de oplossing voor de begane grond, daar is nog meer analyse en een beslissing over nodig.

Woonkamer/keuken

In de woonkamer en de keuken op de begane grond is een vloerverwarming aantrekkelijk wat comfort betreft. Daarvoor is een geïsoleerde betonvloer een goede basis maar die ontbreekt: het huis is gebouwd met een kruipruimte en een houten vloer. Een alternatief zou een set laag temperatuur radiatoren zijn met grotere afmetingen dan de huidige radiatoren. Dit laatste stuit meteen op fysiek ruimtegebrek. Er is een 'hybride' tijdelijke oplossing: vloerverwarming en radiatoren die van de CV op de warmtepomp over te schakelen zijn.

Hierna rest – op termijn – het vinden van een geschikte warmtepomp buiten unit en een afgifte unit die de warmte via water binnen aan de vloer leidingen en eventuele lage temperatuur radiatoren kan leveren.

Zoeken op het internet levert al snel een eerste indruk van de mogelijkheden op. De combinatie lucht/water warmtepomp met een vloerverwarming wordt op diverse plaatsen genoemd en de werking wordt er helder uitgelegd (warmtepomp-info.nl). Ook is er gevarieerd product aanbod. Een LG HN09 Therma V Lucht/Water warmtepomp vloerverwarming wordt op marktplaats voor 3.495,- Euro aangeboden. Hij bestaat uit een buitenunit LG-HN091 en een 'hydrobox' LG-HN0914 (rhs-airco.com).

Samsung levert iets vergelijkbaars. De EHS split AEX140EDEHA (9,3 kW) en hydro-unit AEN080YDEHA (5.2 – 10.0 kW) zouden bij de woonkamer/keuken passen. Deze technologie maakt ook het aansluiten van een extra lage temperatuur radiator in de douche mogelijk (samsung-airco.nl).

Zou er ook een oplossing te vinden zijn waarbij een vloerverwarming en drie laag temperatuur radiatoren de begane grond en de 1^e verdieping samen kunnen verwarmen ? Dit wordt door Daikin aangeboden met het Altherma monobloc systeem. Hierbij is geen aparte binnen unit nodig, wel een

warmwatertank. Vloerverwarming, lage temperatuur radiatoren en warm tapwater in één is hiermee mogelijk (daikin.nl).

Toshiba is op de markt met een vergelijkbaar systeem. De Estia lucht-water warmtepomp levert deze mogelijkheden ook en dan met een hoge COP van 4.88. De range van de buitenlucht temperatuur is -20 °C tot +43 °C. Er kunnen twee onafhankelijke zones verwarmd worden (bijv. een vloerverwarming en een set lage temperatuurradiatoren) en er is daarnaast warm water met legionella beveiliging tot 75 °C mogelijk. Daar is wel een grote watertank bij nodig (toshiba-airconditioner.nl).

Toshiba levert in 2014 het wat oudere Dolphin systeem waarmee vergelijkbare mogelijkheden voor een vloerverwarming en warm tapwater bestaan inmiddels niet meer in Nederland maar wel nog in België (luchtwaterwarmtepomp.be).

Er zijn nog meer mogelijkheden. Zo blijkt Hitachi met de Yutaki S van (Conticlima.com) ook een gemengd systeem aan te kunnen. Deze systemen lijken ook op de eerder gevonden producten zoals de Mitsubishi Ecodan en de General Waterstage. Ze zijn alleen kleiner, nieuwer en veelzijdiger. En - niet onbelangrijk- hopelijk aanmerkelijk goedkoper.

Daikin en Toshiba bieden dus waarschijnlijk een concrete mogelijkheid voor huis 1938.

Argion is hierover op 16 februari 2014 benaderd met de vraag hoe een lucht/water warmtepomp met vloerverwarming op de begane grond, vier lage temperatuur radiatoren bij de voordeur en op de 1^e verdieping en warm tapwater voorziening van Toshiba er uit zou zien. Op 18 februari 2014 meldt Argion er mee aan de slag te zijn. Op 21 februari wordt gemeld dat Dolphin niet meer leverbaar is en dat Estia de basis voor het gesprek zal worden. In de documentatie is te zien dat warm water met een 150, 210 of 300 liter vat samengaat (h=1090, 1474, 2014 mm en dia=550 mm). Op 7 maart 2014 is er overleg met Argion ter plaatse. De vraag wordt aangescherpt, Estia is de basis voor de hybride aanpak en warm tapwater vervalt. Argion geeft wel aan dat de prijs hoog zal zijn. In de specificatie is 10kW capaciteit bij -20 °C opgegeven, samen met de eigenschappen van de thermische schil van het huis en de vloeroppervlakte van de diverse ruimten. Op 18 maart 2014 komt de offerte binnen.

De aangeboden installatie bestaat uit:

1 stuks Toshiba HWS-1404H-E buitendeel Estia. (hxbxd= 1340 x 900 x 320 mm) COP 4.50.

1 stuks Toshiba HWS-1404XWHM3-E Estia Hydro-unit. (hxbxd= 925 x 525 x 355 mm)

Verwarmingsvermogen 14 kW. nominaal

De buitenunit en hydro unit zijn voor omgerekend 9379,- Euro inclusief de 6% en 21% BTW tarieven aangeboden. Ze zijn gemonteerd, geplaatst en verbonden voor die prijs. Installatiewerk tussen hydro-unit en vloerverwarmingscircuit en radiatoren is niet inbegrepen. Elektra tussen beide units en de meterkast is niet in de prijs meegenomen. Ook de geadviseerde drie lage temperatuur radiatoren voor de 1^e verdieping zitten niet in de prijs. Nog zonder de kosten voor die benodigdheden is de prijs al zo hoog dat er geen redelijke terugverdientijd meer in lijkt te zitten. Een redelijke waarde komt er alleen maar uit als dit tot de definitieve afsluiting van de gasleiding kan leiden. Dat kan alleen als ook het warme tapwater en het koken niet langer op gas werken. Een zinnige rekensom aan de terugverdientijd wordt zonder dat vrijwel onmogelijk. Op 20 maart 2014 krijgt Argion bericht dat de 2^e warmtepomp voorlopig wordt uitgesteld vanwege de hoge kosten.

Verdeelstuk

Hoe nu verder ? Het is hier raadzaam om de mogelijkheden voor verschillende alternatieven open te houden en ondertussen het verder gaan met de warmtepompen mogelijk te maken.

Door een verdeelstuk aan te brengen kan onafhankelijk van de aanwezigheid van vloerverwarming buizen in de nieuwe geïsoleerde betonvloer nog een tijd met de bestaande CV worden doorgegaan. De overschakeling op een warmtepomp die de vloerverwarming en wellicht enkele radiatoren bedient is dan een beslissing die alsnog genomen kan worden. Eerste voordeel is dan meer ervaring met het door andere maatregelen (bijvoorbeeld de lichtkoepels, de vloerisolatie en houten vlakken) verder verbeterd comfort. Het tweede voordeel is dat ondertussen de benodigde capaciteit in het ontwerp door meer isolatiemaatregelen verder verminderd kan worden. Ook kan er een tijd geëxperimenteerd worden met het comfort van de vloerverwarming in een hybride situatie. Het plaatsen van dit verdeelstuk levert dus een nieuw soort flexibiliteit op. Nog steeds kan een CV ketel door een andere ketel worden vervangen. Nu is er ook gemakkelijker een warmtepomp bij te plaatsen die de CV functie geheel of gedeeltelijk vervangt. Tenslotte is met kranen de doorstroming en daarmee de warmte afgifte van de radiatoren en vloerlussen individueel in te stellen.

Koudemiddel

Voor de prestaties van de apparatuur is een koudemiddel nodig. In de Toshiba warmtepompen wordt Koudemiddel R 410-A toegepast. Is dit een gevaarlijke stof en kan het kwaad in het milieu? Een zoektocht op het internet levert direct duidelijkheid. Het is in ieder geval nu geen verboden middel. Ook blijkt het als 'stand der techniek' te gelden. Verder gaan op de ingeslagen weg lijkt dus niet te worden belemmerd door een risico op milieu gebied.

R410A is een koelmiddel dat het vroegere R407C vervangt. Dit verving het verboden freon chloordifluormethaan (R22) volgens het Montréal-protocol. Het wordt gebruikt in koelmachines die koelen tot 0°C zoals frigo's en air-conditioners.

R410A is een azeotroop koelmiddelmengsel, bestaande uit 50% R32 (difluormethaan) en 50% R125 (pentafluorethaan) ([Western.nl](#)).

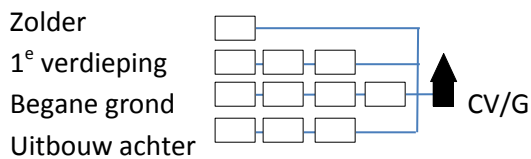
R410A tast – in tegenstelling tot sommige eerder gebruikte middelen – de ozonlaag niet aan. Vrijwel alle nieuwe aircosystemen werken inmiddels met deze nieuwe koelstof. Ook de wettelijke STEK-regeling zorgt voor bescherming van het milieu. De op dit moment gebruikte koudemiddelen R134A, R407C en R410A zijn alle niet giftig, explosief of schadelijk voor de ozonlaag. Dat neemt niet weg dat ondeskundig gebruik van dit koudemiddel een aanslag op het milieu kan vormen, wanneer het bijvoorbeeld weglekt. Eén kilogram aan weggelekt R410A staat gelijk aan een uitstoot van 1725 kg aan CO₂. Hoewel de schadelijkheid van de nieuwste generatie koelmiddelen dus flink is teruggedrongen, blijft de omgang ermee toch werk voor een erkende aircomonteur ([Allesairco.nl](#)). Het in huis 1938 toegepaste R410-A behoort niet tot de CFK en HFK stoffen die in de EU voor 2020 zullen worden uitgefaseerd ([uitfaseren.cofely-gdfsuez.nl](#)).

Verder is hier nog van belang dat magnetisch koelen, volgens het magneto calorische werkings-principe, waarbij vloeibaar koelmiddel niet nodig is, tot op heden niet tot huishoudelijke apparatuur op de markt heeft geleid ([Gschneider, Pecharsky et al, 1999](#)) ([Yu et al, 2003](#)) ([Camfridge.com](#)).

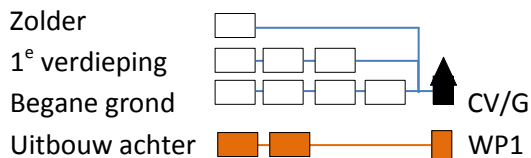
Plan voor vervanging CV door warmtepomp

Na plaatsen van het verdeelstuk kan, na verloop van tijd, als de warmtepomp prijs gedaald is en een oplossing zonder aardgas voor warm tapwater en voor het koken is gevonden, in kleinere stappen de CV uiteindelijk vervallen. Bij het begin van het project in 2012 was er nog een rest levensduur van meer dan 10 jaar voor de CV ketel beschikbaar. Tijd genoeg om een goede keuze te maken dus.

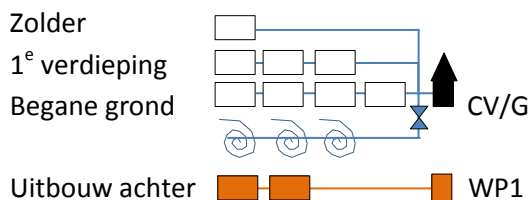
Oktober 2012



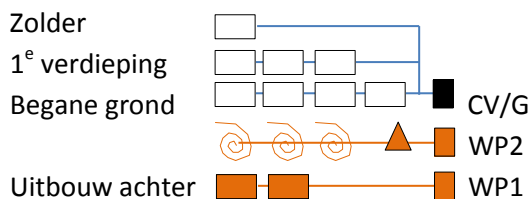
Eind 2013



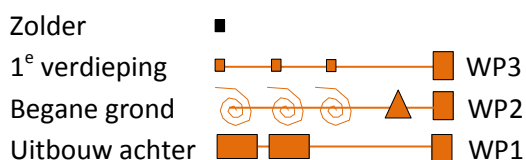
Medio 2014



Medio 2015



Eind 2016



Plan van aanpak voor de vervanging van de aardgas gebruikende combi ketel (CV/G) door 3 lucht-lucht warmtepompen (WP) met binnenunits, warm water boiler en vloerverwarming.

Gevaren

De tijdelijke hybride oplossing, vloerverwarming en radiatoren aan de CV is niet zonder gevaar. Er zitten daarom afsluiters tussen CV en vloerverwarmingslussen zodat de lussen niet ongehinderd het hete CV water toegevoerd krijgen. Pas als de CV ketelthermostaat lager is gezet is een eventuele proef met vloerverwarming vanuit de CV ketel veilig mogelijk.

Overig gasverbruik

Of dit plan realiseerbaar is hangt mede af van de alternatieve mogelijkheden bij warm tapwater en koken zonder aardgas. Er zijn daarbij nogal wat mogelijkheden om te onderzoeken, de volgende hoofdstukken gaan daar dieper op in. Het resultaat van die verkenningen is:

- Een centraal opgestelde elektrische boiler of warmtepomp boiler, die later eventueel met zonnecollector-panelen uit te breiden is, levert de eenvoudigste, duurzaamste en goedkoopste oplossing voor warm tapwater op.
- De eventueel benodigde zonnecollectoren passen op het schuurdak op de uitbouw achter dat naar het Zuiden wijst en krijgen daar in de zomerperiode volop zon.
- Koken kan het best met een elektrische inductiekookplaat.
- Extra zonnepanelen kunnen compenseren voor het, na wegvallen van aardgas, toegenomen stroomgebruik van deze nieuwe aanpak en er is daarvoor voldoende dak oppervlakte beschikbaar.

Vervangen van CV verwarmingsfunctie

Uitgaande van de realiseerbaarheid van dit alles, kan nu het enige overgebleven obstakel bij het loskoppelen van de aardgasleiding -het vervangen van de CV verwarmingsfunctie in het centrale deel van huis 1938- nader onderzocht worden. In het plan van aanpak is op het moment van dit onderzoek het stadium “medio 2014” bereikt.

In de nieuwe geïsoleerde betonvloer op de begane grond liggen drie vloerverwarmingsspiralen die aan een apart verdeelblok vast zitten. Aan een ander verdeelblok zijn de na de installatie van de 1^e warmtepomp nog overgebleven oude radiatoren in het huis verbonden. Deze situatie levert enkele vragen op:

- 1-Is lage temperatuur vloerverwarming met de drie spiralen voldoende voor de begane grond?
- 2-Kan een 2^e warmtepompsysteem zowel die spiralen als een warm tapwater voorziening aan?
- 3-Hoe moet de verwarming op de 1^e verdieping er dan uit zien?

Ad-1

Vloerverwarming levert een ander soort temperatuurverdeling in de woonkamer op. Waar bij CV met radiatoren de warme lucht zich bij het plafond bevindt en de vloer een stuk kouder blijft zal dat andersom zijn bij vloerverwarming. Het comfort – zo stelt leverancier Henco – wordt verhoogd. Voor de dimensionering is het warmteverlies van de te verwarmen ruimte bepalend. Als bovengrens voor de temperatuur hanteert men een waarde van ongeveer 30 graden Celsius. Bij een parketvloer ligt dat zelfs iets lager: 27 graden Celsius. De buizen in de spiralen liggen op circa 20 cm afstand uit elkaar. In tabellen is dan te zien dat tussen 50 en 100 Watt per m² warmte afgifte ontstaat (Henco.be). De warmteverliezen naar beneden via de 12 cm EPS isolatie zijn beperkt tot enkele Watts per m² en daarmee verwaarloosbaar klein ([Variotherm, 2005](#)).

Dit betekent voor de woonkamer/keuken met een vloeroppervlak van circa 40 m² een totaal van tussen 2 en 4 kW afgegeven vermogen. Eerdere schattingen vanuit het rekenmodel leverden een offerte aanvraag met 3 units van –vanwege onzekerheden ruim bemeten – 2 kW per stuk op de begane grond op, dus in totaal 6 kW verwarmingsvermogen bij een extreme buitentemperatuur van -20 graden Celsius.

Uit het rekenmodel blijkt ook dat na het aanbrengen van de vloer isolatie de begane grond dan in feite maximaal slechts 2.3 kW warmteverlies heeft. Conclusie: met de verwarmingsspiralen is voldoende verwarming mogelijk. Een vermogen van 4 kW voor verwarmen lijkt voldoende.

Ad-2

Op 3 augustus 2015 blijkt bij een nieuw onderzoekje op het internet, dat er een nieuwe brochure van Toshiba is verschenen over de ESTIA apparatuur. Die bevat warmtepomp typen van 6 tot 13 kW. Het is ook mogelijk om warm tapwater met deze installaties te maken. Vervanging van bestaande CV installaties is volgens de documentatie de achtergrond hiervan. Het voor de begane grond van huis 1938 benodigde thermisch vermogen van ten minste 4 kW past daarmee binnen de ESTIA range van Toshiba (Toshiba , 2014). Voor een hiermee te integreren warm tapwater voorziening is bovenop die 4 kW nog – vergelijk een elektrische boiler – 1 à 2 kW aanvullend vermogen nodig. Een Estia installatie van in totaal circa 6 kW vermogen lijkt hiervoor dus geschikt.

Hierop worden dan alleen de drie vloerverwarmingsspiralen aangesloten. De oude radiatoren op de begane grond vervallen.

Ook zijn nieuwe mogelijkheden ontstaan. Zo blijkt er een hulpstuk in de markt te bestaan waarmee een buitenunit direct aan een vloerverwarming gekoppeld kan worden. Het ding bestaat uit een warmtewisselaar, een circulatiepomp en wat aansluitmateriaal (Intercool , 2011). Dat zou juist een sterk vereenvoudigde installatie kunnen opleveren. Complicatie is dat de hydro unit vervalt en daarmee dat de efficiënte aanmaak van warm tapwater ook vervalt. Deze richting lijkt niet aantrekkelijk dus.

Conclusie: Een oplossing voor de begane grond in huis 1938 zou kunnen bestaan uit :

Warmtepomp 2 – begane grond

1x ESTIA 6 kW buitenunit [HWS-804H-E]

1x Hydro unit [HWS-804XWHMO-E]

1x 150 liter warm tapwatertank [HWS-150ICSHM3-E] .

Nieuw leidingwerk buitenunit - hydro unit - watertank

Hierbij is -in theorie- de ondergronds liggende verbinding tussen CV ketel en leidingput onder het keukenblok te gebruiken voor de link tussen hydro unit en het verdeelblok voor de drie vloerspiralen. Knelpunt: alle radiatoren verliezen zo het contact met de CV ketel. Dat kan pas gebeuren als de 3^e warmte-pomp eerst in bedrijf is.

Het alternatief is om bovengronds een verbinding te maken via een koof door bijkeuken en halletje naar het verdeelstuk onder het keukenblok. Dat maakt het laten vervallen van het oude ondergrondse leidingwerk op termijn mogelijk. Dit is wenselijk omdat de toestand van de onbereikbare ondergrondse leidingen niet na te gaan is en een eventueel nodige vervanging langs dezelfde route ook niet kan. Bij het verwijderen van oud leidingwerk in de kruipruimte bleek in de zomer van 2014 dat die toestand hoogstwaarschijnlijk slecht zal zijn.

Het leidingwerk voor de warm tapwater voorziening ligt nu vanuit de CV kast bovenlangs door bijkeuken en halletje en verder door het huis heen. Dat kan behouden blijven en ook opnieuw ingezet worden als de 150 liter tank voor de warm tapwater voorziening dicht bij de huidige CV kast komt te staan. Onderhoud hieraan is goed mogelijk.

Met een diameter van 55 cm en een hoogte van 109 cm is het schuurzoldertje de beste plaats voor de watertank. Dit zelfde geldt ook voor de hydro-unit die 92.5x 52.5x35.5 cm meet. Ze passen niet in

de CV kast omdat die in de begin situatie vrijwel vol zit met de CV-ketel en het expansievat. Ook is de CV kast te klein om alles te herbergen als de CV ketel met toebehoor er uit verwijderd zou worden. Dit betekent dat de 2^e warmtepomp hydro-unit en tapwatertank op het schuurzoldertje kunnen worden geplaatst terwijl de CV installatie intact blijft. Later kan de CV installatie met de CV kast en al verwijderd worden zodat de ruimte weer ten goede aan het huis zelf komt.

De buitenunit van Warmtepomp 2 past boven de al aanwezige 1^e warmtepomp aan de muur van de achtergevel van de uitbouw achter. Met afmetingen 89x90x32 cm lukt dat nog net. Het “recycling hok” houdt dan ook deze warmtepomp uit zicht. Op 4 augustus 2015 is offerte aangevraagd.

Ad-3

Eerder werd voor de 1^e verdieping al een eenvoudige aparte warmtepomp installatie ontworpen. Het ontwerp daarvan past ook bij de oplossing voor de begane grond. Hij werd in september 2013 als volgt aangeboden:

Warmtepomp 3 - 1^e verdieping

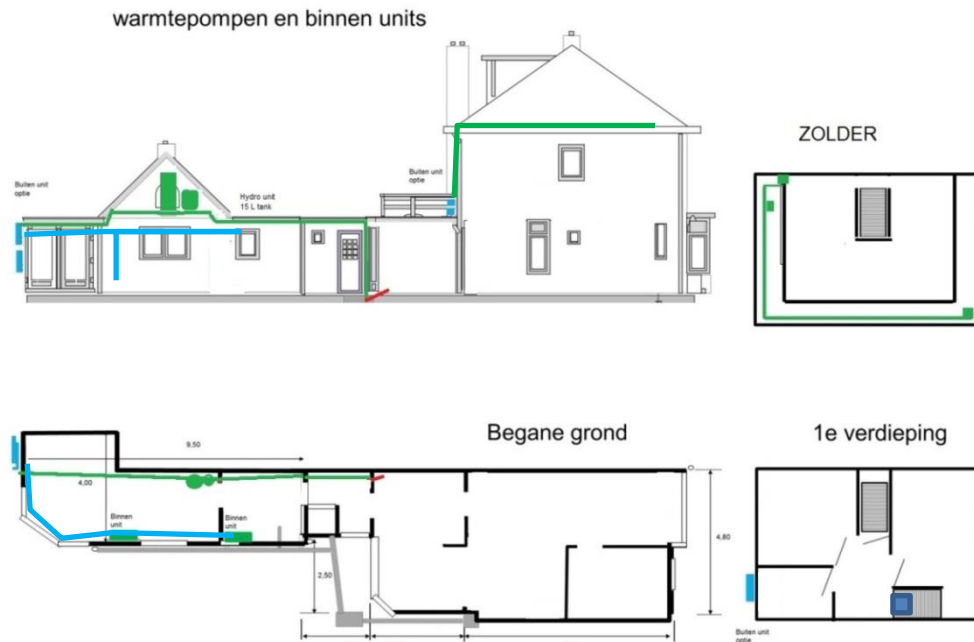
1x RAS-M16SAV2 buitenunit,

1x RAS-M16GDV binnen unit en

3x air-duct / rooster

(2013 : 2385,- Euro, ex 21% btw, ex montage à 600,-, plafond gaten zelf zagen)

De buiten unit past onder het douche raam tegen de achtergevel. De binnenunit past in het plafond van de douche en via “ducts” kan verwarmde lucht naar 3 plaatsen worden geleid via plafond roosters. De “ducts” komen achter de schotten op zolder te liggen. Warmtepomp 3 blijft zo uit zicht. Hiervoor is op 4 augustus 2015 opnieuw bij leverancier Argion offerte aangevraagd.



Augustus 2015, definitieve lay-out voor warmtepompen 1, 2 en 3.

Oriënterend bezoek

Een oriënterend bezoek op 29 augustus 2015, aan een nieuwbouwwoning met een lucht-water warmtepompsysteem voor vloerverwarming dat ook warm tapwater maakt, laat zien dat er wel genoeg plaats voor de installatie beschikbaar moet zijn. Hydro unit, watertank en verdeelstuk zijn in

een klein kamertje ondergebracht, in het gesprek als “ketelhuis” aangeduid. Het verdeelstuk naar de vloerlussen bevat een serie kleppen die op warmtevraag vanuit de verschillende kamers in het huis apart bestuurbaar zijn. Een Fujitsu buitenunit, een Waterstage systeem en een 300 liter watertank zijn door het bij de zoektocht naar Warmtepomp 1 eerder al genoemde bedrijf Thercon geplaatst. De Fujitsu buitenunit is met een houten frame met gaas en klimop er op aan het oog onttrokken. De overige delen van het systeem staan binnen in huis, in het “ketelhuis” en nemen onverwacht veel ruimte in beslag.

Ook in dit geval is het “passief-huis” concept wat ventilatie betreft door de architect niet helemaal doorgevoerd op verzoek van de bewoners. De afzuigkap in de keuken heeft een apart kanaal direct naar buiten en de ramen overal in huis worden regelmatig open gezet voor frisse lucht.

Diffusors

De ervaring met de warmtepomp 1 binnen units, die vermindering van comfort door luchtstromingen opleverden, is nog van belang bij warmtepomp 3. Net als de “diffusor” voor de binnen unit in de studeerkamer zal er vermoedelijk ook in de douche en de slaapkamer een maatregel tegen hinderlijke luchtstromingen nodig zijn.

Installatiewerk

In huis 1938 is verder de bestaande indeling van het huis een factor van betekenis. Voor de leidingloop van de buiten unit naar hydro unit, watertank en verdeelstuk is het nodige breek- en boor werk vereist. De elektra voedingskabel, de leidingen met koelvloeistof en de besturingskabel tussen buiten unit en hydro unit kan over het studeerkamer dak lopen. De elektra voeding vergt een nieuwe kabel vanuit de meterkast. Die kan door een in de geïsoleerde betonvloer van woonkamer en keuken aangebrachte pvc doorvoerpijp en via een koof constructie tussen keuken en schuurzolder naar de hydro unit en de buiten unit worden geleid. De hydro unit op het zoldertje moet bij gebrek aan een stevige muur aan een houten frame worden gehangen, doe het zelf werk is hier nodig. Warmtepomp 3 past tegen het plafond in het trapgat op de eerste verdieping. Achter de knieschotten op zolder is plaats voor de luchtkokers naar de plafond ventilatie openingen in slaapkamers en douche. De plaatsing van die roosters is ook doe het zelf werk. Ze zijn van verstelbare schoepen voorzien om de luchtstromen te kunnen richten.

De zolder verdieping blijft verder onverwarmd, in speciale gevallen kan er een los elektrisch kacheltje neergezet worden. In de douche is een extra elektrisch kacheltje voorzien om tijdens het douchen wat bij te verwarmen.

Een ‘heater paneel’, bijvoorbeeld de Econo-heat van Praxis met afmetingen 60 x 60 cm en 400 Watt vermogen, met bijbehorende thermostaat is voor circa 170,- Euro te koop (Praxis.nl). Nadeel is dat het duurder is, meer plaats in neemt en minder snel die extra warmte levert dan een straalkacheltje. Een geschikt type is bijvoorbeeld de 471192 van Gamma die voor 25 euro te koop is (Gamma.nl).

In de meterkast is bij de plaatsing van warmtepomp 1 al voor de warmtepompen 2 en 3 een groepsaansluiting aangelegd. Het straalkacheltje kan ‘mee liften’ op die van warmtepomp 3. Een leiding tussen de twee toevoerleidingen aan het verdeelstuk en de hydro unit zal van onder het keukenblok via een koof langs het plafond in de bijkeuken door drie muren moeten lopen. Die route zal met een 70 mm diamantboor door een professional moeten worden opengelegd.

Uitvoering

Tijdens een bespreking van de aanvraag voor de warmtepompen 2 en 3 met Argion op 2 september 2015 blijkt dat voor warmtepomp 2 een vermogen van 6 kW en een 200L tank passend zijn. Voor warmtepomp 3 is een vermogen van 3.6 kW afdoende. Een ophangplaat voor de hydro unit op het zoldertje, een straalkacheltje ophangen in de douche en gaten zagen voor de plafondroosters op de eerste verdieping zijn doe-het-zelf werk. Op basis hiervan volgt op 9 september 2015 een tweetal offertes. De kosten bedragen :

- Warmtepomp 2 met warm tapwater voorziening 8655,- Euro ex 21% BTW
 - 1 stuks Toshiba HWS-804H-E Estia buitendeel.
 - 1 stuks Toshiba HWS-804XWHM3-E Estia Hydro-unit.
 - 1 stuks Toshiba HWS-AMS11E bediening.
 - 1 stuks Toshiba HWS2101CSHM3 buffervat 210 L.
 - 1 stuks 3 weg wisselklep 1" 230 volt, t.b.v. boiler en ruimteverwarming.

- Warmtepomp 3 met 3 plafond roosters 3120,- Euro ex 21% BTW
 - 1 stuks Toshiba RAS-M13G3DV binnenunit
 - 1 stuks RAS-13N3AV2 buitenunit
 - 3 uitblaasroosters.



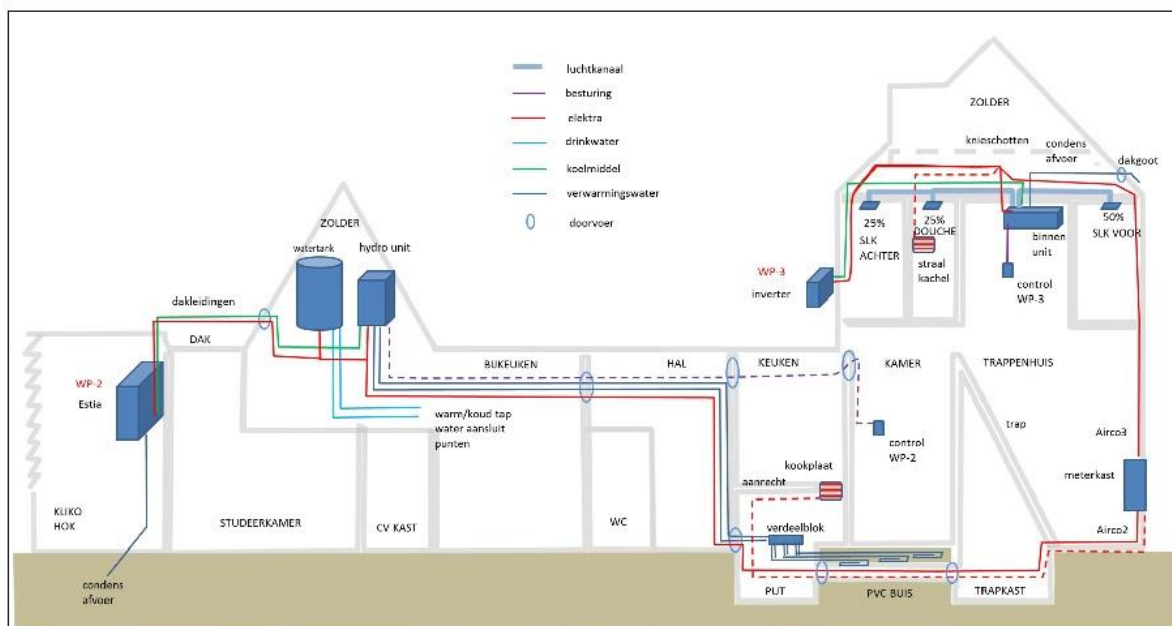
WP2 : Estia installatie (bron: Toshiba)



WP-3 : Inverter met uitblaasroosters (bron: Toshiba)

In totaal voor beide dus 11775,- ex BTW en bruto dus 14247,75 Euro. Dit bedrag is per offerte te betalen in 3 termijnen: 50% (7123,88 Euro voor beiden samen) bij opdracht, 40% (5699,10 Euro, idem) bij aanvang van de werkzaamheden en de laatste 10 % (1424,78 Euro, idem) bij oplevering. Op 11 september 2015 wordt de opdracht verleend maar wordt ook de betaling van de eerste termijn afhankelijk gesteld van overleg over de levertijd en de aanpak.

Technisch overleg volgt op 14 september 2015. Een ontwerpschets voor de ophanging van de Estia op het zoldertje op de uitbouw gaat de dag er na de deur uit. De aanbetaling van ruim 7000 Euro gebeurt twee dagen later. De installatie zal 3 dagen gaan kosten en het zal begin oktober gaan gebeuren. In de weken die daaraan voorafgaan is naast die ophanging nog meer doe het zelf werk nodig. De route van alle buizen en kabels moet opengelegd worden en de kast onder de trap moet leeg om de werkzaamheden mogelijk te maken.



Op 5,6 en 7 oktober 2015 worden de warmtepompen nr 2 en 3 aangelegd. Dit plaatje is handig bij het technisch overleg dat tussen de betrokkenen nodig is: een airco installateur, een airco-software specialist, een loodgieter/verwarmingsmonteur, een elektricien en een vrachtwagenchauffeur die alles brengt.

De werkzaamheden vorderen goed. Op de 1^e dag, 5 oktober 2015, is de Estia installatie geplaatst en is de aanleg van leidingen grotendeels klaar. De tijdelijke verbinding van het verdeelblok via de T stukken met de cv is verbroken. De CV installatie blijft intact en in werking. De thermostaat wordt naar de kast van de CV verplaatst zodat de kabel vrijkomt voor besturing van de Estia installatie. De eerder op het vloerverwarming verdeelblok meegeleverde extra pomp lijkt niet nodig en is daarom verwijderd. De buitenunit van warmtepomp 3 voor de 1^e verdieping is ook buiten onder het doucheraam opgehangen. Buiten zit aan het eind van de dag bijna alles op z'n plaats. Handig want de volgende dag wordt regen verwacht. De condens afvoer van de beide buitenunits in het klike hok moet groter anders kan hij dichtvriezen. Ook is het beter om het dak van het klike hok open te houden. Zo zijn de vrije stroming van lucht en het rendement van de warmtepompen maximaal.

Op de 2^e dag volgt het trekken van de elektra kabels naar de keuken en naar de zolder. De kabel van de extra "dubbele" groep voor elektrisch koken moet 5 aderig zijn. Er is niet genoeg ruimte in de meterkast en dus moet er een nieuw stoppen kastje komen. De betimmering past niet helemaal meer en moet dus aangepast. Er zijn midden op de ochtend van de 2^e dag vier man tegelijk bezig. De rest van de 2^e dag gaat op aan het in bedrijf stellen van de Estia installatie. Dat lukt voor het warm tapwater gedeelte goed. Op het controlepaneel staat 42° Celsius voor het tapwater ingesteld. De warm water voorziening vanuit de CV is uitgeschakeld. Na een paar douchebeurten en een paar keer de afwas doen wordt een dag later 43° Celsius ingesteld en dat blijkt goed te passen bij de bewoners. Het opstarten van de Estia lukt die 2^e dag echter niet voor het vloerverwarming gedeelte. Het minimaal te leveren volumedebiet door de drie vloer spiralen wordt niet gehaald. Dat volumedebiet kan niet naar beneden bijgesteld worden vanwege bevriezingsrisico in de Estia buitenunit. De weggehaalde pomp moet dus weer terug geplaatst worden om een beetje extra debiet te krijgen. Hij heeft drie standen en wordt vanuit de Estia installatie met 220 Volt gevoed. Wreekt zich hier het

pionieren met nieuwe technologie ? Ligt het aan het ongecoördineerd kiezen en aanleggen van de drie vloerspiralen door de ene, en het plaatsen van de Estia installatie door de andere loodgieter ? In elk geval is de stromingsweerstand in het waterzijdige deel van de installatie tot dit moment een onbeheerste factor. Enkele snel bedachte alternatieven, zoals een oude radiator blijven gebruiken en parallel schakelen, een simpele bypass met een restrictie inbouwen, een buffervat plaatsen en voor het extra circuit de pomp toepassen of leidingen met een grotere diameter plaatsen, hebben allemaal zo hun nadelen. Het probleem levert vertraging op en de CV ketel blijft dus toch nog even draaien voor de verwarming van het huis. Warmtepomp 2 doet het nog maar voor de helft . . .

Op de 3^e dag komen op zolder, achter de knieschotten, de resterende onderdelen voor warmtepomp 3. De drie gaten van 25 x 25 cm in de plafonds op de 1^e verdieping voor de uitblaasroosters worden als doe-het-zelf werk gezaagd. Warmtepomp 3 is eind van die dag in bedrijf. De ochtend er na blijkt dat er een nare trilling resonantie optreedt tussen de binnen unit en de vloer van de zolder achter het knieschot. Nader onderzoek is nodig om de juiste manier van demping te vinden. Warmtepomp 3 gaat weer uit . . .



*WP 1 en 2 in het klike hok
nog onder een open dak*



*Watertank en hydro unit op
het zoldertje*



*Warmtepomp WP-3 buitenunit
onder het doucheraam*

Op de 4^e dag wordt de hele avond geprobeerd de Estia op gang te krijgen. De pomp van de Estia haalt ook met de weer teruggeplaatste extra pomp, het benodigde minimale debiet dat voor de veilige werking van de Estia nodig is, niet. In het filter blijkt een bruin gekleurde vuilophoping te zitten en even gloort er nieuwe hoop. Het blijkt niet de oorzaak want ook na anders inregelen blijft het debiet te laag. Die avond tot 23 uur blijft het een hardnekkig probleem. Goede raad is duur. Toshiba experts moeten er naar kijken en daarna een goede diagnose stellen. Argion is gefrustreerd want, gebaseerd op alle voorinformatie met foto's en tekeningen, hadden de technici bij Toshiba problemen in principe moeten voorzien en met een geschikt advies voor de installateur moeten komen. Het is de eerste Estia die Argion plaatst. Ook de leverancier is aan het pionieren . . .

Op de 5^e dag volgen er enkele telefoontjes waaruit blijkt dat stromingsberekeningen bij Toshiba hebben opgeleverd dat de keuze van de bescheiden pijpdiameter, samen met het gebruik van diverse haakse hoeken in de aan- en afvoer tussen Estia en verdeelblok, de boosdoener moet zijn.

Argion en de loodgieter moeten dus in de week er op de leidingen naar het verdeelblok opnieuw komen aanleggen.

Een knelpunt is dat vlak bij het verdeelblok de te dunne toevoer en afvoer pijpen in de cement liggen. Dat leidt tot twee grote mannen die een tijd lang samen in een klein keukenkastje aan het werk zijn. Als doe-het-zelf werk wordt de bodem van dat keukenkastje verwijderd zodat er ruimte voor een ruimere bocht in de leidingen ontstaat.

Op 14 oktober 2015 gaat het installeren weer verder. De stukken toevoerleiding in het beton worden buiten gebruik gesteld. De engineers van Toshiba hebben nu een completer advies geleverd en behalve de diameter is nu ook duidelijk hoe de componenten moeten samenwerken.

De extra pomp is nodig omdat de Estia in een primair circuit verwarmd water via een klein buffervaatje rondpompt en die extra pomp zuigt op zijn beurt uit dat zelfde vaatje water aan en pompt dat door de vloerspiralen.

Met flowmetertjes op elke spiraal is dan te zien hoeveel liter per minuut er doorheen stroomt. De tweede pomp gaat uit als de vloer warm genoeg is. Dit wordt weer bepaald met de kamer thermostaat instelling.

Die dag lukt het om 11.30 uur 's avonds om de Estia in bedrijf te krijgen. De CV gaat definitief uit.

De eerste dag er na, 15 oktober 2015, heeft de Estia nodig om de grote betonmassa op temperatuur te brengen. Het is nog een beetje kil in de woonkamer.

Op 16 oktober 2015, de tweede dag, geeft de vloer een aangename warmte af en het comfort is terug. De begin instelling op het controlepaneel was 22° Celsius. De temperatuur loopt iets te hoog op en na aanpassing naar van 21° Celsius wordt het aangenaam. De dag er na blijft de temperatuur in de woonkamer steken op 19.5° Celsius, en dat is net te koud. Toch maar op 22° Celsius terugzetten dus. Het inregelen van de 'stooklijn' is begonnen. Op 28 oktober 2015 is de instelling op 23° Celsius terechtgekomen met een aangename en stabiele temperatuur van 20 graden in de woonkamer als gevolg. De Estia installatie is volledig in bedrijf.

Argion stuurt op 17 oktober zowel de 3^e factuur voor de laatste 10% ter waarde van 1424,78 Euro als een kadeaubon voor een etentje om de vertraging en de extra overlast door het pionieren een beetje te vergoeden.

Op 31 oktober 2015 is een beetje ervaring opgedaan met inregelen van de Estia. Het is zowel al een keer 18° Celsius als 24° Celsius in de woonkamer geweest. Argion en Toshiba zorgen op 6 november 2015 voor het fijn regelen van de instellingen. Op 17 november plaatst Argion nog een tracing op het condensafvoerpijpje en stelt nogmaals bij. Daarna volgen enkele weken waarin het in de woonkamer steeds prettig toeven wordt . . .



8 okt 2015 Twee man in een keukenkastje

Het enige punt dat dan nog resteert is het geluidsniveau. Daar moet nog wat aan gebeuren. Op 14 oktober was het geluid van de warmtepomp 3 binnen unit met een aantal tapijttegels achtige dempende matjes al teruggebracht tot een lager niveau. Aan de buiten unit kwamen op 27 oktober 2015 nog 'zachtere' rubber montage ringen die de trillingen meer dempen. Aan de buiten unit van de Estia is dat ook gebeurd en het aanvankelijke 'dreunen' via de muur is daarna weg.

Rest het aanbrengen van geluidsabsorberende panelen zonder de luchtstroom te hinderen. Een nieuw doe-het-zelf project dus. Polyether noppenschuim heeft een absorptiecoëfficiënt van 0.30 (aixfoam.nl). Er is plek voor 4,8 m² panelen en die geven netto 1,44 m² open raam absorptie. Geluiddempend materiaal is verkrijgbaar bij de vakhandel zoals muziekwinkels (Thomann.de) en akoestische specialisten. Daar is voor geluid absorberen, dempen en ontdreunen van alles te vinden (redux.nl). Ook in de kampeerbenodigdheden winkel en in de meubelbeklederij is schuimplastic met een noppenpatroon verkrijgbaar. Pas na aanbrengen van een regenwaterdicht bitumen dakdek op het klikhok kan de geluiddempende laag worden aangebracht. Die kan alleen op de de binnenwanden van het kliko hok, tegenover de lamellen, komen. Het schuim materiaal heeft geen stevigheid van zichzelf en moet ondersteund worden met een licht houten framework. Op 5 december 2015 is een begin gemaakt met de constructie van drie dempingspanelen. Op 16 december is dit werk klaar en worden ze bevestigd in het kliko hok.



16 december 2015 Geluiddempende panelen in het kliko hok



Oktober 2015 Uitsparing in de schoenenkast



November 2015 Omtimmering voor Warmtepomp 3

Geluidsdemping is niet de enige doe-het-zelf klus, ook het keukenblok en de koven rond het leidingwerk moeten eerst hersteld worden.

De schoenenkast in de hal krijgt vanwege de nieuwe dikke Estia leidingen zelfs een uitsparing in de hoek.

Tenslotte is er een extra omhulling - voor de sier - nodig voor warmtepomp 3 onder het doucheraam. Op 13 november 2015 is dat klaar.

Met de in bedrijfstelling van warmtepomp 1 in 2014 en van warmtepompen 2 en 3 in oktober 2015 zijn de verwarming en de warm tapwater voorziening in huis 1938 omgezet van gas naar elektriciteit. De warm tapwater voorziening was tevoren al nader onderzocht om te bepalen welke alternatieve technische mogelijkheden er zijn. Daarover gaat het volgende hoofdstuk, dat begint met een terugblik op de periode voor het begin van de transitie in 2012.

(5.3)-Warm tapwater

Tot 1984 zijn in huis 1938 verschillende technieken toegepast om warm tapwater te maken. Met de opkomst van het aardgas rond 1970 werd dat ook ingezet in huis 1938. In 1984 werd de gasboiler door een gasgeiser in de keuken vervangen. In 1993 is een veiliger type gasgeiser geplaatst die in contact met de buitenlucht werkte. In 2005 kon, met de komst van de combi-HR ketel, deze geiser vervallen en het gat in de buitenmuur werd weer gedicht. Zo is bij het begin van het project in oktober 2012 de warm tapwater voorziening een integraal onderdeel van de HR combi CV ketel. Opnieuw overschakelen op een aparte aardgas geiser zou op termijn geen rekening houden met het nu al steeds duurder worden en het uiteindelijk opraken van aardgas uit Nederland. Technisch mogelijk is het wel. Energiezuinig wat betreft thermisch rendement is het ook. Verder is het -in elk geval tijdelijk- een bruikbare oplossing voor het vraagstuk hoe warm water te maken als de CV ketel buiten gebruik gesteld zou worden.

Een van de veel gestelde randvoorwaarden bij duurzaamheids projecten is het niet betrekken van energie vanuit centrale voorzieningen. Voorbeelden daarvan zijn de levering van afvalwarmte uit centrales in een beperkt geografisch gebied (HVCenergie.nl) of van biogas. Deze mogelijkheden zijn hier dan ook niet verder onderzocht.

Een van de uiteindelijke doelen bij het energie-neutraal maken van het huis is het afkoppelen van het aardgasnet. Concepten, zoals de HR-e ketel en CV ketels met een warmtepomp of Stirling motor er aan, gebruiken nog steeds aardgas en deze zijn daarom hier verder buiten beschouwing gelaten. Maar wat zijn dan wel bruikbare alternatieven voor het maken van warm tapwater?

Een verkenning van producten op de markt in diverse landen en een analyse verschaffen hier meer duidelijkheid. De lucht-water warmtepomp met hydro unit bedoeld voor vloerverwarming in het voorgaande hoofdstuk is hier even buiten beschouwing gelaten.

Eerst wat meer over de vele andere gevonden warm tapwater producten op de markt : de warmtepompboiler, de zonnecollector, hun combinatie, de elektrische geiser, de elektrische zonneboiler, de propaangeiser, de hoge druk boiler en de elektrische douche, en, niet te vergeten, de gewone eenvoudige elektrische boiler in combinatie met PV zonnepanelen.

Warmtepompboiler

Al in 2001 werd voorspeld dat Nederland met warmtepompen zou worden vol gezet. Aantallen van 600.000 tot 1 miljoen in 20 jaar tijd werden daarvoor ingeschat. Er werd een grote rol voor warmtepompboilers verwacht. In 2001 was de opkomst van PV zonnepanelen, op de schaal die anno 2013 te zien is, nog niet verwacht. Het advies was toen om de warmtepomp 's nachts, met laag tarief stroom van het 220 Volt net, het boilervat tot 60 graden te laten verwarmen. Ook zonnecollectors werden niet direct in verband gebracht met warmtepompen voor tapwater. Een boiler heeft een paar belangrijke nadelen: hij neemt plaats in, er is een legionella risico, er wordt meer water verwarmd dan het feitelijke verbruik en er lekt warmte weg naar de omgeving. Het legionella risico is met een temperatuur boven 60 graden Celsius te beheersen. Er is in praktijk niet altijd genoeg warmte om die temperatuur alleen met de warmtepomp te bereiken. Elektrisch na verwarmen is echter niet gunstig voor het COP rendement. Beter is het om bijvoorbeeld een retourleiding van vloerverwarming of de steevast op 20 graden Celsius uitgeblazen ventilatie lucht als warmtebron te kiezen. Wanneer dit goed is gedimensioneerd is 60 graden Celsius ook al zonder na te verwarmen te bereiken. Dit laatste kan in situaties zonder een 'passief huis' type balans ventilatiesysteem ([Krevel](#),

2001). Immers, een 'passief-huis' balansventilatie gebruikt de warmte voor verwarming in plaats van voor warm tapwater.

Deze aanpak zou daarmee dus geschikt kunnen zijn voor huis 1938. De warmte die door de isolatiemantel uit een boiler weglekt zou binnenshuis vrijkomen. Gedissipeerde warmte in de pomp en de besturingselektronica ook. Inzetten van extra PV zonnepanelen maakt het duurzamer. In de zomer en ook in de winter kan warm tapwater zo grotendeels door een warmtepomp worden geleverd. Elektrisch na-verwarmen is dan alleen nog nodig als beveiliging tegen legionella. Een boilervat moet niet al te groot zijn en goed geïsoleerd om warmteverlies te beperken. Voor douchen, afwassen en koken is behoefte aan 40 m³ warm tapwater per jaar, gemiddeld tussen 110 en 120 liter per dag. De ATAG Econorm II ketel heeft bijvoorbeeld een horizontaal liggend warmwatervat van 200 liter dat onder een schuin dak achter het knieschot past (Vringer.nl). Dit zou geschikt zijn voor een centrale warm tapwater installatie op zolder, direct boven de douche boven op de 1^e verdieping of op het zoldertje van de uitbouw achter, boven de plaats van de CV ketel.

Zonnecollector

Zowel het inzetten van extra zonnestroom als het inzetten van zonnewarmte zou zinvol zijn om het geheel nog duurzamer te maken. Gedurende ruwweg de helft van het jaar, 's zomers, kan met een zonnecollector warm water worden aangemaakt. Er is op het dak van huis 1938 op verschillende plaatsen ruimte: op het schuine dak aan de voorgevel, met behulp van een schuin frame op de dakkapel en op het schuine dak boven de uitbouw achter is op het zuiden gericht vrij oppervlak beschikbaar. Een plaats op het schuurzolder dak boven de oude CV installatie is in dit geval aantrekkelijk. Daar valt 's zomers veel zon op. In de winter als de warmtepomp actief moet zijn valt er, door schaduw bij lage zonnestand, juist weinig zonlicht op. Ook voor een toekomstige koppeling aan een eigen waterwinning systeem en vanwege de bestaande loop van de warm waterleidingen zou een centrale plaats nabij de oude HR combi CV ketel de voorkeur hebben.

Een daarvoor ontworpen boiler wordt dan in de zomer grotendeels door zonnecollector warmte gevoed. Het huis 1938 rekenmodel geeft aan dat er 276 m³ gas per jaar voor douchen gebruikt wordt. Welke soort en grootte zonnecollector past hierbij?

Er zijn sinds de "hot box" van Horace de Saussure (Solarcooking.com) allerlei typen zonnecollector bedacht en gebouwd, vooral in de loop van de 20^e eeuw. De stand der techniek is geëvolueerd via zwart geverfde zig-zag koperen buis achter glas in een zwarte geïsoleerde bak in de jaren 70, naar grote centrales met een concentrator toren en vloeibaar natrium in het brandpunt. Veel toegepast zijn vlakke plaat collectors en vacuümbuis collectors, al of niet met thermo-sifon werking.

Ter oriëntatie: een vacuümbuizen collector van 2.3 m² levert het warmte equivalent van ongeveer 200 m³ gas per jaar op (energieref.nl). Twee vlakke plaat collectors met goed vergelijkbare opbrengst per m² en circa 4.5 m² oppervlak leveren dus zeker genoeg warmte voor douchen en de keukenkraan. De grootte is daarmee haalbaar want het schuurzolder dak biedt voldoende plaats.

Omdat de zon langs de hemel beweegt varieert de ingevangen warmte op een vlakke horizontale collector zoals die wel op zwembaden wordt gebruikt. De opbrengst is al beter als de plaat op de zonnestand rond 12 uur 's middags is gericht. Niet alleen met het dag-nacht ritme maar ook fluctueert de opbrengst met gaten in het wolkendek en met de zonnestand en dus met het tijdstip van de dag. De bolcollector vermindert dit laatste effect maar heeft meer ruimte op een dak nodig. De bolvorm is ook moeilijker te isoleren zodat dit het beste werkt bij kleine temperatuurverschillen (sun-disc.nl). De opbrengst van een vlakke plaat collector kan ook worden vergroot door er een concentrator bij aan te brengen. Dit zijn spiegels die extra zonlicht naar het paneel reflecteren. Men

gebruikt hier ook het Fresnel principe wel voor, ofwel via een lens, ofwel via spiegels. De ontvangende plaat kan langwerpig zijn in een trog spiegel brandlijn of klein en rond in het brandpunt van een parabolische spiegel concentrator. Er zijn allerlei vormen van lenzen en spiegels mogelijk (Edmundoptics.com). Tenslotte zijn er concentrators in gebruik met meebewegende spiegels die de zonnewarmte naar een vast brandpunt op een toren kaatsen voor zonnewarmte winning op grote schaal. Deze concentratie technieken zijn op de schaal van een enkele woning in praktijk echter niet of nauwelijks toe te passen. Nu nog exotische concepten, zoals een spiegel concentrator voor zonlicht met een Stirlingmotor voor het opwekken van stroom en warmte uit de grond halen via heat-pipes of thermo-sifons, zijn hier niet verder onderzocht.

Beter isoleren van de ontvangende buis of plaat helpt ook om de opbrengst te verhogen. Een transparante vacuümbuis levert een zeer goede isolatie op voor de binnenbuis die de warmte ontvangt. Dit principe is daarom geschikt voor grotere temperatuurverschillen. Men gebruikt daarom ook andere vloeistoffen (vaak 'medium' genoemd) dan water om de warmte uit de collector te transporteren. Medium temperaturen boven 70 graden Celsius worden al snel gehaald bij een vacuümbuis type zonnecollector (zonneboilerhuis.nl). Hoog rendement vlakke collectorpanelen hebben goed vergelijkbare prestaties met iets minder benodigd dak oppervlak en zijn minder kwetsbaar in praktijk ([Trinkle et al,2005](#)).

Net als PV zonnepanelen mag een zonnecollector paneel een geheel dak bedekken zonder dat er een omgevingsvergunning voor nodig is (omgevingsloket.nl).

Hoog rendement vlakke plaat zonnecollectors zijn er in verschillende uitvoeringen. Ze verschillen in afmetingen en dat is belangrijk bij het passen en meten op het kleine dak op de schuurzolder. De ECOSOL 2.32 collector van het Belgische fabricaat ESE sa is 2050*1210*75 mm groot en heeft twee koperen pijpjes van 10 mm diameter als aansluitpunten. Het absorberende 'apertuur' oppervlak is 2.32 m² (ese-solar.com). Verder zijn er collectorpanelen van 1900*1150*85(2.18m²), 2033*1233*80 (2.35m²), 2050*1212*88(2.48m²) en 2240*1270*99(2.85m²) (golantec.be). Ook de maten 2380*1056*90(2.32m²) komen voor. Voor grote daken is er een type met de dubbele grootte: 2040*2570*116 (4.69m²) dat 105 kg weegt en daarmee voor een particulier nogal moeilijk hanteerbaar is (Viessmann.com). Tenslotte werden panelen van 2066*1290*98(2.68m²) gevonden (carbomat.be). Zonnecollectorpanelen blijken in België veel populairder te zijn dan in Nederland. Opmerkelijk is dat er geen standaardisatie van collector afmetingen is of afstemming met courante maten in de bouw. Niet met standaard houtpaneelmaten 1220*2440 mm, niet met de veelgebruikte 60 cm steekmaat in balklagen en niet met een veel toegepast type dakpan.

Twee vlakke plaat collectorpanelen van ruim 2 m² per stuk en een boiler van circa 200 liter zijn voor huis 1938 voldoende. Een handbediende elektrische na verwarming is nodig als waarborg om het legionella risico te beheersen. De legionellabacterie groeit tussen 25 en 55 graden Celsius in water en heeft zuurstof nodig (legionella.nl). Een boilervat met standaard (na)verwarming tot 65 graden Celsius voorkomt dus legionellaproblemen. Het voor de collectorpomp en voor de warmtepomp benodigde elektrisch vermogen kan met extra PV zonnepanelen worden gecompenseerd.

Warmtepomp/zonnecollector boilersysteem

Er blijken zelfstandig werkende combinaties van zonnecollector, warmtepomp en een goed geïsoleerd circa 200 liter buffervat te bestaan. De zon levert dan 50% a 60% van de benodigde warmte en de warmtepomp levert de rest. Een warmtebron voor de warmtepomp met hoge en constante temperatuur is gunstig voor het rendement. Zo bestaan er ventilatie lucht/water warmtepompen speciaal voor warmtapwater bereiding. De uitblaas van een ventilatiesysteem heeft

doorgaans een temperatuur van ongeveer 20 graden Celsius. Voorbeelden hiervan zijn de NIBE-F120 ventilatielucht/water warmtepomp boiler ([Nibenl.eu](http://nibenl.eu)), de Techneco Aqua LW warmtepompboiler (Techneco.nl) en de 'stand-alone' Coolwex ventilatie warmtepomp boiler DSW300 met aansluiting voor zonnecollectoren (Uijl-techniek.nl). Hun toepassing is kritisch omdat ventilatielucht niet bij bijvoorbeeld open ramen moet worden weggezogen. Dit bedreigt vooral het zonder elektrisch bij verwarmen garanderen van minimaal 55 graden aan het tappunt en dus het in de boiler halen van circa 65 graden water temperatuur ([Stege, 2006](#)).

Op 1 oktober 2013 stuurt Argion informatie over een General warmtepompboiler type DSW300HS+ met aansluitmogelijkheid voor zonnecollectoren. Het 300 liter vat is meer dan twee maal zo groot als de berekeningen aangeven. Kleinere uitvoeringen zijn niet met een zonnecollector leverbaar.

Voor de selectie en aanschaf van een zonne-warmtepomp-boiler systeem zijn behalve de leveranciers die al voor de warmtepomp benaderd zijn ook Nestech, Nibe, Techneco en Uijl-techniek mogelijk interessant. Van enkele systemen is ter oriëntatie in augustus 2013 wat prijs informatie van internet ingewonnen:

<http://nestech.nl/zonne-energie/zonneboiler/> 3375,- euro compleet geplaatst incl BTW

<http://www.besparenopenergie.eu/page5.php> 3380,- euro ex BTW, zelfbouw

<http://hetzonneboilerhuis.nl/producten.html> 1800,- euro incl BTW ex Warmtepomp

Toshiba heeft een warmtepomp boiler in het assortiment die op de plaats van de oude CV zou passen. Op 6 september 2013 meldt Argion dat zij inderdaad ook een compacte Toshiba warmtepomp boiler systeem kunnen leveren en dat die daar past. Op 11 september 2013 meldt Argion nog op gegevens van Toshiba over de warm tapwater voorziening te wachten. De offerte hiervoor komt daags er na binnen. De kosten zijn voor drie alternatieven uitgezocht:

A- RAV-SP1104AT-E inverter + 300 L boiler: 9230,00 ex btw

B- RAV-SP564ATP-E inverter + 300 L boiler: 7510,00 ex btw (55° C)

C- HWS-804H-E Estia + HWS-804XWHM3-E + 300 L boiler: 7100,00 ex btw (45° C)

Aansluiten van zonnecollectoren op de Toshiba apparatuur is echter niet in het ontwerp voorzien.

Elektrische geiser

Een Siemens DE18400 elektrische doorstroom verwarming met een capaciteit van 10 L/minuut is al te koop voor circa 400 euro. Het elektrisch rendement is 98% en er gaat dus weinig energie verloren. De verwarmingselementen in een elektrische geiser verbruiken tussen 10 en 25 kW, en vereisen 3 fasen stroom. Dit is meer elektrisch vermogen dan alle andere stroomverbruikers in huis 1938 bij elkaar. Een aanpassing in de meterkast is nodig om een zogenaamde 'prioriteitsschakeling' aan te brengen, zodat andere stroomverbruikers automatisch afgeschakeld worden. De kosten hiervoor zijn aanmerkelijk hoger dan die voor de elektrische geiser zelf (arconell.nl).

Deze route is daarmee onwenselijk omdat het streven naar minder elektriciteit gebruiken er niet mee gediend is. Ook is de duurzaamheid minder omdat de elektriciteit eerst in de centrale een rendementsverlies bij omzetting door verbranden van gas of kolen heeft terwijl direct verwarmen met gas dat verlies niet kent.

De elektrische geiser benadering maakt ook het eventueel loskoppelen van het 220 Volt net moeilijker. Alleen een flinke accu-bank kan korte tijd een zo groot vermogen leveren. Met alleen PV zonnepanelen en een omvormer is dit vermogen binnen huis 1938 niet realiseerbaar: er is te weinig oppervlak beschikbaar voor panelen. Ook is in de winter douchen dan beperkt omdat opladen van de

accubank met de PV panelen veel langer duurt. Dit 'hoog vermogen drie fasen' elektrische concept lijkt dus voor huis 1938 niet geschikt.

Elektrische zonneboiler

Twee zonnecollectors, grootte in totaal ruim 4 m², op het dak van het zoldertje op de uitbouw achter, samen met een eenvoudige elektrische boiler, verkleinen het energiegebruik voor warm tapwater aanzienlijk: tot 50% (elektrischeboiler.be). Een hoeveelheid van 150 tot 200 m³ aardgas per huishouden per jaar wordt zo bespaard (agentschap.nl/zonneboilers). Dat is aanzienlijk en het is dan ook niet verwonderlijk dat wereldwijd de zonnecollector een groter aandeel heeft in energiebesparing dan windenergie of PV zonnepanelen (Hollandsolar.nl).

In de zomer levert de zon voldoende warmte, in de winter is de na-verwarming in staat om bijvoorbeeld 100 liter in een boiler voorraadvat warm te houden. Het water in de zonnecollector wordt met een pomp in circulatie gehouden. Met PV zonnepanelen is het voor pomp en na-verwarmen benodigde stroomverbruik gemiddeld over het jaar te compenseren. Dit levert dan een 100% duurzaam systeem voor warm tapwater op.

Dit is de lijn die het European Technology Platform on Renewable Heating and Cooling (RHC) ook heeft uitgezet in de visie geformuleerd in december 2012 (ESTTP, 2012).

Er is geen vergunning voor nodig en de kosten bedragen circa 2400,- euro incl BTW (agentschap.nl/duurzame energie in uw woning).

Een zonneboiler bespaart circa 285 m³ gas per jaar maar kost 210 kWh per jaar aan elektrische stroom om de pomp en de naverwarming in de winter te laten werken (milieucentraal.nl).

Elektrische boiler

Warm tapwater voor keuken, douche en wastafels is met een centrale elektrische boiler te maken. Die zou prima op de plaats van de huidige CV combi ketel passen, de warm en koud water leidingen liggen er al.

Een centraal systeem zou tot 150 liter warm tapwater per dag moeten kunnen leveren. Op het zoldertje boven de CV zou bijvoorbeeld een horizontaal type 3000 Watt Inventum-Delta 150 3h 40081513 geschikt voor vloermontage passen. De prijs hiervan ligt rond 1900 Euro (inventum.com). Het centrale systeem kan echter veel goedkoper: de verticaal te plaatsen Ariston 150 liter boiler met 1800 Watt heater kost 375 euro (elektrischeboiler.eu).

Het kan ook decentraal met verschillende kleinere elektrische boilers. Een decentraal systeem voor huis 1938 zou kunnen bestaan uit een 10 liter keukenboiler, twee 5 liter wastafel boilers en twee douche boilers. Een 10 liter keukenboiler is goed verkrijgbaar, er zijn vanaf circa 100 euro allerlei modellen verkrijgbaar. Een voorbeeld is de 10 liter Plieger Heatboy van 2000 Watt die in een keukenkastje past. Ze worden ook – nog kleiner – als rechthoekig blok geleverd en passen dan achter de plint onder het keukenblok. Voorbeeld: de Nibette 5 keukenboiler (nibenl.eu). Opmerkelijk genoeg zijn 5 liter elektrische boiler types duurder dan 10 liter types. Voor bij een wastafel zou dat eerder genoemde 10 liter model dus wat de kosten betreft geschikter zijn.

Voor het douchen is een grotere capaciteit nodig. Als er twee personen kort na elkaar douchen is er tussen 50 en 100 liter warm water nodig. Dat brengt dit onderdeel van een decentraal systeem met een prijs van circa 430 euro voor bijvoorbeeld de Ariston Velis 100 liter dicht bij de capaciteit van het totale centrale systeem (elektrischeboiler.eu).

De afweging is hier door meteen eenvoudig. De aanschafkosten van een decentraal systeem lopen al snel hoger op dan die van een centraal systeem. Het warm water leidingwerk is in huis 1938 al vanaf

de CV ketel aanwezig. Een eenvoudige centraal opgestelde elektrische boiler in de buurt van de huidige CV ketel is voor rond 500 euro goed realiseerbaar. Een extra groep in de meterkast maakt het geheel compleet.

Propaangeiser

In plaats van aardgas kan ook met ander gas water worden verwarmd. Er zijn propaan geisers in diverse groottes in de handel verkrijgbaar. Ze zijn populair in Zuid Europa. Bij een capaciteit rond 10 liter per minuut, ruim voldoende om te douchen, is een geschikt type de Cointra Optima COB-10 die water van 65 graden Celsius maakt en geen waakvlam maar een elektronische ontsteking heeft. Met een werkdruk van 30 mbar en een prijs van 279,- euro is dit veruit de goedkoopste mogelijkheid (gaswinkel.com).

Deze prijs veronderstelt wel dat er ter plaatse al propaan via een ½ inch aansluiting wordt aangeboden en dat er een 110 mm rookgasafvoer naar buiten is. De waterdruk moet minimaal 0,5 bar en mag maximaal 10 bar zijn. Dit wil zeggen dat er aan het waterleidingnet kan worden aangekoppeld.

Hoge druk kokend water boiler

In een vergelijking van warm tapwater systemen komt de hoge druk kokend water kraan boiler als winnaar uit de bus. De vergelijking was met een met de CV geïntegreerde warmwater voorziening, een fluitketel op gas, een elektrische waterkoker, een magnetron, een elektrische boiler en een elektrische kookplaat. Die zijn allemaal minder duurzaam. Hoewel dit systeem meestal als 'keuken-apparaat' in gebruik is, zijn er in de UK en Ierland er ook direct verhit water toepassingen zoals een 'Electric shower' ([Holsteijn et al, 2010](#)).

Een kokend waterkraan bespaart water, immers het leidingverlies wordt nul, en energie door minder standby verbruik. Ook vermindert het concept de verspilling van warm tapwater ([Welchem, 2014](#)). Een kokend water kraan met een klein energiezuinig hoge druk boiler vaatje er aan is er voor 900 tot 1500 Euro. De duurdere typen mengen ook leidingwater bij tot tapwater van 60^o Celsius. De Quooker - Combi heeft een A+ energielabel en is de zuinigste van alle alternatieven ([Quooker.nl](#)) (ecohotwater.org). Er is daarmee dus toch een aantrekkelijk alternatief voor de keukengeiser in huis 1938 op de markt. Voor 1365,- Euro is een Quooker combi te koop waarmee de warm water keukenkraan niet alleen te vervangen is maar ook een beperkte hoeveelheid direct kokend water kan geven, een nieuwe functie dus.

In huis 1938 zijn nog twee douches en twee wastafels waar warm tapwater uit de kraan komt. Ook dit warme water wordt door de HR Combi ketel geleverd. Rest de vraag wat te doen met de warm water vraag bij de douches en wastafels.

Elektrische douche

Voor douches zijn er ook elektrische produkten op de markt. Het concept van de 'Electric shower' kent verschillende varianten. Als er voldoende waterdruk is kan een 'cold mains' type worden gebruikt. Elektrische douches in de UK en Ierland bestaan uit een verwarmingskastje waar koud water in stroomt en verwarmd water uit stroomt. Ze zijn er in verschillende vermogens, vanaf 7.5 kW tot 10.8 kW en in verschillende prijzen, tussen 100 en 400 GBP (ca 300-600 Euro) (Mirashowers.co.uk) (diy.com). Op 7 februari gaat de vraag of dit in Nederland te koop is naar sanitairwinkel.nl, omdat zij het merk Mira ook verkopen. Het antwoord komt diezelfde avond, kort samengevat : "nee".

Het bedrijf TecTake/Rainbow brengt een elektrisch geisertje type 'Energia' op de markt van 7 kW voor 220 Volt toepassing. Voor 95,50 Euro is het direct leverbaar (tectake.nl).

Er bestaan ook elektrische douchekoppen met daarin een verwarmingselement, in Zuid Amerika en in het Verre Oosten zijn ze zeer gangbaar. Vermogens van 2.5 tot 5.5 kW zijn gebruikelijk. Ze schakelen automatisch aan als het water er door stroomt. Het gevaar van elektrocutie is hier dichterbij dan bij de 'Britse' uitvoering met een apart kastje en een warmwaterslang naar de douchekop. Op het internet zijn allerlei -backpackers - verhalen over elektrische schokken in douches met dit type douche koppen in verre landen te vinden. In oktober 2014 is er zelfs een TV reclamespot van verzekeraar *Zilveren Kruis* te zien waarin dit verhaal wordt opgedist.

Omdat het hier 220 Volt systemen betreft lijkt dit concept nader onderzoek waard. Hoog rendement doorstroom toestellen maken met 7 kW een hoeveelheid van circa 2 liter water van 65⁰ Celsius per minuut (deds.nl).

Een experiment met een litermaat en een stopwatch levert hier wat bruikbare feiten op. Die feiten verschaffen inzicht in de hoeveelheid warm tapwater die uit de water besparende douchekop in de douche boven in huis 1938 stroomt. De kop kent drie uitstroom snelheid standen: zacht, middel en hard. Die levert op de hardste stand -na een tijdje de leiding opwarmen- vanuit de CV Combi ketel ongeveer 6 liter per minuut. De hoeveelheid water die uit de douche stroomt blijft ongeveer gelijk ongeacht de ingestelde temperatuur. De lange leiding bepaalt de stromingsweerstand. Om veilig en comfortabel te kunnen douchen moet het hete water van 65⁰ Celsius nog met koud leidingwater van 10⁰ Celsius gemengd worden tot een comfortabele temperatuur, iets onder de 40⁰ Celsius. Enig rekenwerk leert dat daarvoor in verhouding 5 liter koud water nodig zou zijn. Dat betekent dat de huis 1938 douche, binnen die 6 liter per minuut teruggerekend, netto 3,3 liter heet water per minuut moet produceren en daar 2,7 liter koud moet bijmengen. Opgeschaald vanuit de 7 kW voor 2 liter wordt het voor tapwater benodigde douche water geschatte verwarmingsvermogen dan ongeveer 11.5 kW.

Ook calorimetrisch is hier aan te rekenen. Een doorstroomverwarming gaat uit van koud water en verwarmt dat tot de gebruikstemperatuur. Als er in 60 seconden tijd 6 liter water van 10 Celsius naar 40 Celsius opwarmt kost dat, bij 100% rendement, een vermogen van :

$$P = dQ/dt = L.B.H. \cdot \rho \cdot C_p \cdot \Delta T / dt = 6 \text{ [kg]} \cdot 4200 \text{ [J/kg.K]} \cdot 30 \text{ [K]} / 60 \text{ [sec]} = 12600 \text{ [Watt]}$$

Een elektrische douche heeft zo berekend dus ongeveer 12.5 kW capaciteit nodig.

Dit experiment en deze berekening laten zien dat er – bij behoud van comfort – voor een elektrische douche, uitgaande van koud leidingwater, ongeveer 11 kW beschikbaar elektrisch vermogen nodig is. Er zijn verschillende typen van 10.8 kW met KIWA keur verkrijgbaar bij Mira Showers voor een bedrag tussen 200 en 230 GBP, onder andere de "Mira Go (10.8 kW) cold mains" (Mirashowers.co.uk).

Wastafels

Warm en koud stromend water in de twee wastafels boven en beneden is een stukje comfort dat in huis 1938 behouden moet blijven. Na de keuken en de douches zijn dit de twee laatste warm water tappunten waarvoor een oplossing nodig is.

Het TecTake/Rainbow elektrisch geisertje type 'Energia' is voor 95,50 Euro direct leverbaar (tectake.nl). Met een 2 liter per minuut capaciteit is dit ruim voldoende voor een wastafel. De Mira

Go douches zouden via een aftakking in de slang ook het warme water voor de wastafels kunnen leveren maar dat is wat minder energiezuinig.

Analyse van de warm tapwater alternatieven

De grote verscheidenheid aan producten betekent dat er op propaan en op elektriciteit werkende, en min of meer zuinige en duurzame, alternatieven voor de warm tapwater voorziening via de CV combiketel beschikbaar zijn, tegen prijzen variërend van 300 tot meer dan 10.000 euro. Bij de analyse is het handig om een onderscheid tussen centrale en decentrale systemen te maken.

-Centraal systeem

Het eenvoudigst is de warm tapwater voorziening vanuit de CV vervangen door een centrale elektrische boiler, een gasgeiser of, iets gecompliceerder, door een propaangeiser. De bestaande warmwaterleidingen blijven gehandhaafd.

Een 150 liter elektrische boiler lijkt als centraal systeem voor warm tapwater technisch en financieel het aantrekkelijkst. Die is standaard beveiligd tegen legionella. De duurzaamheid van het warme tapwater wordt alleen verbeterd als er meer PV zonnepanelen op het dak komen om zo het toegenomen elektra jaarverbruik te compenseren. Een geschikte elektrische boiler kost minder dan 500 euro, bijvoorbeeld de Lemet Greenline 150 L (elektrischeboiler.eu). Een extra groep in de meterkast (circa 300 euro) is wel nodig. Nadeel is het elektriciteitsgebruik dat tot circa 1000 kWh per jaar kan oplopen. Een beter geïsoleerde boiler vraagt minder stroom, dat wel. In combinatie met zonnecollectors is 's zomers veel energie te besparen. Bij de aanschaf van een elektrische boiler is het dus zaak op te letten dat later alsnog zonnecollectors aangesloten kunnen worden.

De combinatie van zonnecollector, warmtepomp, elektrische naverwarming en een 150 liter boilervat zou voor huis 1938 zelfs een nog iets meer duurzame centrale oplossing opleveren. Een warmtepomp boiler is in elk geval duurzamer dan een elektrische boiler. De warmteverliezen beperken en warmte van zonnecollector panelen benutten vermindert de behoefte aan energie nog verder. Stroom van zonnepanelen daarvoor inzetten maakt het geheel uiteindelijk duurzaam. De kosten voor een zonne collector/warmtepomp boiler combinatie zullen naar schatting 10.000,- Euro totaal bedragen. Een geschikte combinatie is echter nog niet in het aanbod op de markt gevonden. Een "uitbreidbare" boiler is om die reden hier wel te verkiezen boven een niet uitbreidbaar type.

-Decentraal systeem

De goedkope hoog vermogen doorstroomverwarming (elektrische geiser) stelt hogere technische eisen aan de aansluiting in de meterkast. Er zijn wel enkele praktische voordelen ten opzichte van een elektrische boiler zoals minder energiegebruik en veel minder ruimtebeslag. Dit principe biedt verder ook een decentrale oplossing voor warm tapwater.

Met doorstroom verwarming per tapkraan is die oplossing met 220 Volt decentraal en via op diverse plekken direct verwarmen van het water, technisch goed te bereiken. Opslag in tanks is dan niet nodig, lange warmwaterleidingen zijn dat ook niet. Er is een groot product aanbod internationaal en een beperkt aanbod in Nederland.

Voor de warme keukenkraan is er de in Nederland verkrijgbare Quooker Combi oplossing a 1365,- Euro. Een hoge druk boilervaatje van een paar liter zorgt voor de normale warm tapwater behoefte in een keuken. Er is in Nederland ook een klein elektrisch geisertje type Energia voor 95 Euro te koop. Als er bij elke wastafel een exemplaar geplaatst wordt is de decentrale oplossing haalbaar. Mira Go elektrische douches zijn voor circa 400 Euro per stuk te koop in Groot Brittannië. In totaal zal de

elektrische decentrale warm tapwater voorziening zo ongeveer 2365,- euro gaan kosten, nog zonder de onkosten voor de nodige extra maatregelen voor aanpassen van de leidingen en diverse extra groepen en zekeringen in de meterkast.

Douche wtw

Warmte terugwinning uit douchewater (kortweg 'douche wtw') is van belang omdat het grootste deel van het warme tapwater in de douche wordt gebruikt ([Witkamp et al, 2011 p44](#)). Met een warmtewisselaar in de afvoer is het koude water naar de douche voor te verwarmen en zo is minder warm water nodig om de gewenste douche temperatuur te bereiken. De nog overgebleven warmte zou alsnog een bijdrage aan de binnentemperatuur kunnen leveren via de restwarmte afgifte van een als een soort radiator vormgegeven vuilwatertank aan de lucht in de wc beneden.

Er zijn verschillende technische uitvoeringen van een douche warmteterugwinning (wtw). Er zijn dubbelwandige verticale afvoer buizen, er zijn een platte douchebak 'ondersteek' platen of bakken met een spiraal koperbuis en er is een warmtewisselaar 'kubus' speciaal ontworpen voor een gootafvoer ([ikknapijnhuisop.nl](#)).

De douche afvoer in huis 1938 op 1 oktober 2012 is een vrijwel horizontale pvc 40 mm buis van ruim een meter lengte naar een valpijp buiten die ook als hwa in gebruik is. De houten verdiepingvloer in huis 1938 vergt een lage inbouwhoogte van de afvoer onder de douchebak, die anders te hoog komt om er comfortabel in te kunnen stappen.

Het hoogste rendement is met een 2 meter lange verticale wtw buis te bereiken. Dat betekent dat daar in de woonkamer een extra koof op een onhandige plaats omheen nodig zou zijn en, nog belangrijker, de toestroom naar het eco-toilet op zwaartekracht wordt onmogelijk. De hoogte voor een gootafvoer met wtw is te groot en dus zal het aanbrengen van een douche wtw onder de douche bak moeten gebeuren. Dit betekent het verwijderen van de douchebak en het in de ondersteuning en isolatie plaats maken voor de schijfvormige wtw en die aan afvoer en koud water leiding verbinden. De koud water leiding loopt via een koof langs de vloer naar onder de douchebak en gaat daar verticaal omhoog de muur in naar de mengkraan. Omdat niet zeker is of de hoogte bij terugplaatsing gelijk kan blijven moeten de glazen douche deuren wellicht ook omhoog. De afvoer loopt achter het toilet naar buiten. De verandering die nodig is om de stroom naar het eco-toilet te leiden kan buiten gebeuren. Om de wtw voor schoonmaak, onderhoud of reparatie te kunnen bereiken is een toegangsluikje onder in de rand om de douchebak nodig.

Tenslotte is het plaatsen van een thermostatische mengkraan aan te raden om niet opeens de warm water toestroom bij te moeten regelen. Er is hier een onderkend risico op pijnlijke verbranding ([clubgreen.nl](#)) ([MilieuCentraal .nl](#)).

Vervolgens is de keuze van het juiste type horizontale wtw aan de orde. De afvoer zit dicht bij een hoek van de vierkante douchebak met één afgeronde punt. Een schijfvormige wtw met de ingang in het midden past dus niet ([sidenso.nl](#)). Een speciale wtw-douchebak is kennelijk nodig. Is het dan inderdaad zo dat de wtw een kleine verbouwing vergt? Heeft het systeem met 2 minuten opwarmtijd wel zin bij een twee persoonshuishouden waarin kort douchen gebruikelijk is ([MilieuCentraal .nl](#))?

Gezien de praktische onmogelijkheid voor de plaatsing van een veilig en effectief te gebruiken douche wtw en gezien de relatief kleine te behalen winst werd hier voor huis 1938 van afgezien. Hergebruik van douchewater door het in een grijs water tank binnen op te slaan voor doorspoelen van de wc in het eco-toilet concept brengt -in theorie, misschien- een afgezwakte vorm van een douche wtw terug binnen bereik.

Afweging

Met de bovenstaande analyse is de vraag “Hoe kan een warm tapwater voorziening, duurzaam en zonder aardgas, er uit zien ?” nu te beantwoorden:

Een centraal opgestelde warmtepomp boiler, die later eventueel nog met zonnecollectorpanelen uit te breiden is, levert de eenvoudigste, duurzaamste en goedkoopste oplossing voor warm tapwater op.

Door het plaatsen van extra PV zonnepanelen is het toegenomen elektriciteitsgebruik gemiddeld over het jaar te compenseren. Naar schatting 552 m³ gas per jaar wordt bespaard.

Daarmee is een belangrijk deel van de barrière, om het aardgas af te kunnen sluiten, te slechten: als verwarming en warm tapwater geheel overgezet zijn op andere hulpbronnen, dan rest alleen het op een andere manier koken nog voordat uiteindelijk het aardgasnet kan worden afgekoppeld. Over duurzaam koken zonder aardgas gaat het volgende hoofdstuk.

(5.4)Duurzamer koken

Het bestaande fornuis, een voorganger van de Etna – 1684 VRVS, heeft een viertal gaspitten waarvan de kleinste het niet meer doet. Ook de digitale timer heeft het begeven. Er zit een elektrische hete lucht oven in die is voorzien van een bijna nooit gebruikte braadspit draaimotor en een elektrische gloeispiraals als grill. In het verbruiksmodel staat het fornuis genoteerd voor 187 kWh/jaar elektriciteit. Erg veel voor een fornuis waarmee dagelijks op gas wordt gekookt en slechts zo af en toe iets in de elektrische oven gaat.

De keuze voor een zuiniger alternatief voor het huidige fornuis op aardgas is niet eenvoudig, immers ook ‘minder aardgas’ raakt misschien ooit op en heeft dan een onzekere toekomst. Moet er toch op gas gekookt maar dan met ander gas, bijvoorbeeld “groen gas”, methaan uit een vergister, waterstof, propaan, LPG of butaan ? Gaat de gasvoorziening over 10 jaar toch gewoon door via pijpleidingen uit Rusland? Gaat Nederland het gasnet beleveren na invoer per schip van vloeibaar aardgas (LNG, Liquefied Natural Gas) vanuit de GATE terminal in de Botlek ([GATE.nl](http://gate.nl))? De overheid lijkt toekomstige beschikbaarheid van gas als een impliciet uitgangspunt te hanteren. Wel is de bekende Nederlandse “Gasrotonde” strategie een aanwijzing dat er nog wel langere tijd gas uit de bestaande infrastructuur zal blijven komen. De bijdrage van gas uit Nederlandse bodem komt vanaf 2019 in de knel volgens overheidsinstelling Energie Beheer Nederland (EBN). Russisch gas en vloeibaar LNG zijn minder duurzaam vanwege het extra CO₂ emissie aandeel voor het transport. Investeren in winning uit kleine Nederlandse gasvelden is nodig om zeker te stellen dat Nederland zelfvoorzienend kan blijven tot circa 2030 ([EBN, 2014](#)). Dat dit moeilijk zal worden blijkt uit de uitspraak van de Raad van State op 18 november 2015 die inhoudt dat er niet naar 33 miljard maar naar 27 miljard m³ gas per jaar teruggeschoefd moet worden in Groningen ([Raad van State, 2015](#)).

Nieuwe ontdekkingen van schaliegas in Noord Amerika en Europa leidt mogelijk tot nieuwe strategieën. In mei 2014 is vanwege de slechte winbaarheid een groot deel van de Amerikaanse olie en gasreserve in het schaliegebied rond Monterey Californië afgeschreven. Het winnen via “fracking” in aardbevingsgevoelig gebied is geen goed idee volgens de Energy Information Administration (EIA) ([EIA, 2014](#)).

De TU-Delft onderzoekt het inzetten van surplus elektrische zonne- en wind energie voor het maken van waterstof en methaan. Dat is op te slaan in – bijvoorbeeld – nu lege putten het Groninger

gasveld. Zonnecellen die direct waterstof produceren zijn al in de laboratoriumfase. Als na de elektrolyse van water H_2O in H_2 en O_2 ook CO_2 gas mee verwerkt wordt ontstaat methaan dat weer geschikt is als brandstof ([Wassink, 2014](#)).

Overgangsfase

De verschillende ingrepen bij de oude verwarming en warm tapwater installatie op aardgas, hun kosten, de benodigde tijdsduur en hun volgorde levert nog een complicatie op. Door de keuze voor scheiding van functies komt de warm tapwater voorziening in het gedrang. Als overgangssituatie zou bij de verwarming met een warmtepompsysteem, koken op het bestaande fornuis op aardgas - tijdelijk- nog steeds praktisch zijn.

Vuur, kolen en barbecue

Koken is in beweging. Het is modegevoelig. De barbecue wint terrein. Steeds indrukwekkender apparaten waarmee complete maaltijden buiten kunnen worden klaargemaakt komen op de markt ([Cobb-barbecue.com](#)). De 'buitenkeuken' is een sterk opkomend verschijnsel in de achtertuinen van Nederland ([barbequeshop.nl](#)).



Februari 2014 Een eigen bouw buitenkeuken keuken - à la mode - rond een Cobb BBQ

Zelfs op een houtvuurtje koken lijkt aan een come-back bezig. Waar in ontwikkelingslanden dagelijks te veel hout wordt gekapt en de gezondheid door de rook van houtvuur in huis ernstig geschaad wordt, claimt de leverancier in Nederland dat met de Coox Clean Cook Stove meer dan de helft minder hout nodig is en dat de rookontwikkeling veel minder dan gebruikelijk is. Door de biomassa te vergassen en dat gas na te verbranden wordt het houtvuurtje zo een stuk schoner. In Nederland ontstaat een nieuw alternatief voor de barbecue en camping gasstellen ([cleancookstoves.nl](#)).

De moderne tijd heeft producent African Clean Energy (ACE) in Lesotho er toe gebracht om een soortgelijk product ACE-1 met aansluiting voor een zonnepaneeltje, een oplader voor de mobiele telefoon en een LED lamp te ontwikkelen ([africancleanenergy.com](#)).

Kookmachines

Koken in de keuken wordt steeds meer met elektronica omringd. Na de heteluchtoven en de magnetron heeft een nieuwe generatie intelligente apparaten zijn intrede gedaan. Producten als een broodbakkoventje, een koffiemachine die van koffiebonen uitgaat en diverse koffievariaties kan

produceren en recent een 'multicooker', lopen -net als een wasautomaat- een programma van handelingen af. Op deze manier een warme maaltijd maken is een nieuwe trend die begonnen is met elektrische broodtoestellen en rijstkokers in het Verre Oosten. Na apparaten die een enkel gerecht konden maken zijn er nu die meer verschillende gerechten kunnen maken. Gedurende bijvoorbeeld 20 minuten gebruikt de 'multicooker' een maximaal vermogen van ongeveer 1000 Watt voor een warme maaltijd met bijvoorbeeld vis, broccoli en rijst. Er zit een timer in en een microprocessor die de besturing regelt. In de keuken dient het apparaat als pan en op tafel in de kamer dient het om het eten op te dienen en warm te houden. In Nederland is de introductie in 2014 gepland (Philips.be).

Zonnewarmte

Koken kan - in principe, onder ideale omstandigheden – wel degelijk 100% duurzaam. Zonlicht concentreren op een pan met eten is een veel beproefde techniek. Er zijn kookkisten die simpelweg in de zon gezet kunnen worden. Een geïsoleerde doos met drie lagen glas voldoet al (Solarcooking.com). In zonovergoten landen is dit natuurlijk prachtig. Bij het Nederlandse bewolkte, regenachtige of koude weer lukt het al gauw niet meer. Voor koken is verder ook meer nodig dan warmte: een keuken waarin verschillende voorzieningen dicht bij elkaar beschikbaar zijn. Behalve een kookplek is er in een Westerse keuken: een aanrecht, warm en koud stromend water, een koelkast, een afval verzamelpunt en stroom om elektrische apparaten te kunnen laten werken. Ideaal zou zijn dat daar het warme water van een zonnecollector komt, dat het kookgas van een kleine bio-gas installatie in de achtertuin komt en dat de stroom voor de apparatuur van een PV zonnepaneel komt. De koelkast loopt ofwel op het bio-gas dat uit tuinafval gewonnen wordt, of op zonnestroom en 's nachts op een accubatterij. Dat gaswinningsproces levert dan meteen ook mest voor de tuin op. In Zuid-Portugal werkt het als je er genoeg tijd en moeite in stopt ([Cieremans, 2013](#)). 'Solar cooking' wordt niet alleen daar maar op allerlei plaatsen in de wereld gedaan met behulp van reflectoren die zonlicht concentreren. Het kan met een grote variatie aan vormen. Een glazen ovenschaal en wat aluminium folie geplakt op karton is al voldoende (Solarcookers.org). In de zomer kan dit een duurzaam alternatief zijn voor een barbecue op houtskool.

Bio-gas

Biomassa vergisten om zo zelf energie uit methaangas op te wekken blijkt, op de schaal van een enkel huishouden, technisch mogelijk te zijn. Een bio-gas installatie op de schaal van een enkel huishouden is eind 2012 niet in Nederland te koop. Wel bijvoorbeeld in China en India waar onder andere een "roof-top biogas plant" op de markt is voor toepassing op het platte dak van woonhuizen ([Gaurishankaar, 2013](#)). Het ontwerpen van een installatie kan op verschillende manieren maar is hoe dan ook eenvoudig. Het zelf bouwen is goed mogelijk (shaunsbackyard.com). Wel zijn er voor de veiligheid risico's om rekening mee te houden : vorming van dodelijk H₂S gas en explosie gevaar bij onbedoeld vermengen van methaangas met lucht. In de winter moet het proces bovendien warm gehouden worden.

De vraag is ook of de 6 m³ bio afval per jaar bij huis 1938 wel genoeg kookgas kan opleveren. Deze hoeveelheid kan vergeleken worden met in Azië in gebruik zijnde methaan vergiste. De mest van twee koeien en vier varkens, rond 20 kilogram per dag, in een ton verzameld, levert genoeg bio-gas om een maaltijd te koken en 's avonds een gaslamp te laten branden. Een gasmotor met een dynamo maakt het gebruik van elektrische apparaten ook mogelijk. Het overblijvende digestaat is dan als mest over het land uit te strooien. Dit concept past goed bij kleine boerenbedrijfjes die een

enkel gezin van levensonderhoud voorzien. De Nederlandse ontwikkelingsorganisatie SNV heeft een zeer succesvol Biogas Support Programme uitgevoerd in Nepal waar al 50.000 van deze kleine bio-gas installaties in bedrijf zijn ([Ghimire et al, 2001](#)).

In Nederland is het bedrijf SimGas actief op dit gebied. Opvallend is dat dit bedrijf zich geheel op de Oost-Afrikaanse markt richt ([Simgas.nl](#); [Simgas.com](#)). Kleine bio-gas installaties passen commercieel en technisch blijkbaar niet bij 'stadse' huishoudens in het Westen.

In België wordt het wel als haalbare methaangasbron gepresenteerd voor het koken. De adviezen leiden wel tot installaties voor tenminste 3 of beter nog 30 huishoudens ([eco-housing.be](#)).

Voor huis 1938 is bio-gas niet realistisch omdat de uit de GFT container beschikbare mix van bio-afval niet, of niet zonder meer, geschikt is voor vergisting. Ook is er bij lange na niet voldoende tuin oppervlak is om het digestaat te verwerken.

Waterstof

Waterstofgas maken via elektrolyse met zonnestroom is in principe een mogelijkheid. De technologie lijkt echter nog niet rijp voor de particuliere markt. Waterstofgas heeft een groot volume per kilogram en is bovendien explosiegevaarlijk. Opslag in de tuin in een atmosferische druk tank is onpraktisch. Een groep Londense studenten onderzoekt hoe het wel kan en beschrijft het ontwerp van een woning met een waterstofsysteem waar ook de auto op rijdt ([Tamburic et al, 2011](#)). Voor huis 1938 is dit voorlopig nog toekomstmuziek en daarom niet verder onderzocht.

Propaangas

Blijft over het koken op gas uit een gasfles. Butaan of propaan, slang of koperen leiding, kranen, aansluitpunten, nis of kast, wat is hier het beste ontwerp ?

Het binnen in een woning opstellen van een gastank is -ongeacht het soort gas- minder aantrekkelijk en boven een bepaalde grens zelfs verboden in verband met de veiligheid. Een leiding naar een aansluitpunt, nis of kast buiten is dus nodig. De beste plaats daarvoor bij huis 1938 is onder het wc raampje bij de achterdeur. Een koperen leiding naar binnen is noodzakelijk omdat toegestane slanglengtes beperkt zijn. Een aansluitpunt in de open lucht is technisch goed mogelijk. De tanks blijven zo zichtbaar en zijn aan weer en wind blootgesteld. In Japan is dit heel gebruikelijk. Via



Gasflessen en oliestook voorzieningen staan in Sapporo, Japan in de wijk Shinkotoni gewoon aan de straat. (Bron: Google street view)

Google-Maps en Street View een kijkje nemen in de wijk Shinkotoni in Sapporo maakt dat duidelijk. Zo ongeveer elk huis heeft er twee gastanks aan de voorzijde tegen het huis staan. Ook staat er een grote olietank op poten. Hier zijn oliestook en koken op gas in zwang. Esthetisch is dit alles echter minder aantrekkelijk.

De keuze voor een nis of kast die de tanks aan het oog onttrekt is vooral een kwestie van ruimte beslag. Een in de muur gewerkte nis met een deurtje is dus handiger omdat er bij de achterdeur toch al weinig ruimte is. Verder is de druk in gasflessen afhankelijk van de temperatuur. In een kast schommelt de temperatuur aanmerkelijk minder dan onbeschermd in de buitenlucht en daarmee blijft dus ook de gasdruk beter constant. Een drukregelaar doet de rest.

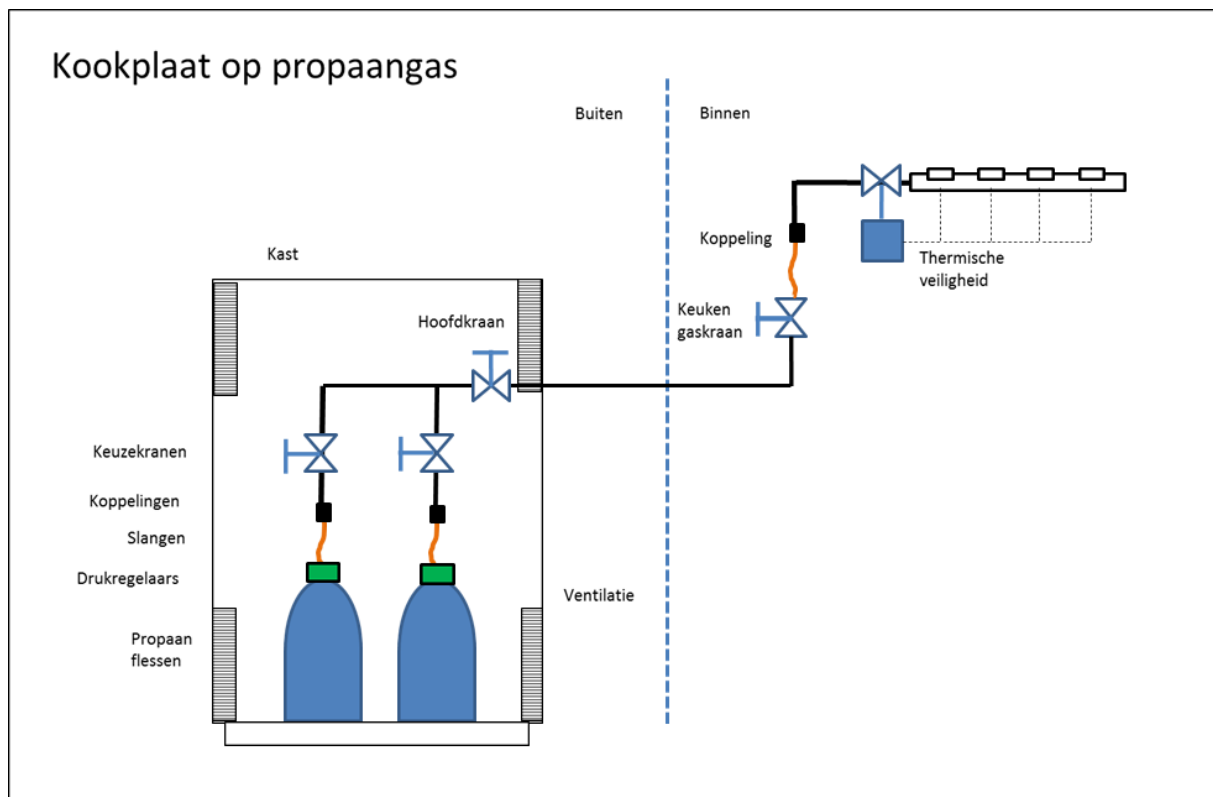
De keuze tussen butaan of propaan is een ander verhaal. Butaan wordt nog maar weinig gebruikt zodat propaan om praktische redenen de voorkeur heeft. Kookplaten waarmee zowel butaan als propaan (broyeurexpert.nl) (gaswinkel.com) of alleen propaan of LPG (dewitschijndel.nl) kunnen worden gebruikt werken bij een regelaar druk van 30 mbar. (Een kookplaat voor aardgas werkt bij een hogere druk van 50 mbar.) Een 4 pits kookplaat is verkrijgbaar op de markt vanaf 100 euro. In een thermisch beveiligde uitvoering wordt dat circa 200 euro. Met deze thermo-elektrische beveiliging is zo'n kookplaat beter dan het oude aardgasfornuis want geen vlam betekent dan meteen ook geen gastoevoer meer. Gasflessen, navulservice, slang, bevestigingsklemmen en drukregelaar zijn goed verkrijgbaar in de regio. Slangen goedgekeurd volgens NEN 5654 moeten regelmatig vervangen worden. Aanbeveling is om dit elke 2 jaar te doen hoewel voor oranje propaan slang ook wel 3 a 4 jaar wordt genoemd. Een advies om deze slangen tot 1 meter lengte te beperken is aanleiding voor het toch gebruiken van een stuk koperen leiding onder de grond. Aan beide uiteinden komt dan een kort stuk oranje slang naar de gasfles respectievelijk de kookplaat (Gasflessen.nu).

Gasflessen zijn er in soorten en maten. Een handzaam formaat is de 10.5 kg gasfles van Primagaz. Met 560 mm hoogte en 304 mm diameter kan de kast bescheiden van formaat blijven (Primagaz.nl). Maar is dit groot genoeg? De Belgische website van Primagaz stelt voor thuis koken de primablue-46 liter fles voor die 1230 mm hoog en 400 mm in diameter is. Dit is gebaseerd op een gemiddeld gezinsverbruik van 100 liter propaan per jaar voor alleen koken, zodat een opstelling van 2 van dergelijke flessen met een slim koppelstuk dat tussentijds omschakelt, voldoende voor een jaar is (Primagaz.be). Veilig omgaan met gasflessen betekent dat ze afgeschermd van zonlicht, droog, geventileerd en recht op, buiten bereik van kinderen moeten staan. Ze kunnen koud worden en er kan ijsvorming ontstaan waar je niet met blote handen aan moet komen.

Een afscherming is dus ook om die reden nodig. Er zijn nog meer zaken waarmee rekening gehouden moet worden. Tanks bij particulieren kunnen met een automatische melder dat ze leeg zijn worden geïnstalleerd (Benegas.com). Het bewaren van meer dan 110 liter gasflessen in huis is verboden (NVBR, 2013). Een lekkende propaangasfles in een kelder of put zal, doordat propaan zwaarder dan lucht is, door ophoping leiden tot een explosieve atmosfeer in de laagste delen. Dat is dus zeer onveilig.

Drukregelaars moeten elke 5 jaar en oranje slangen elke 2 jaar worden vervangen als ze permanent onder druk staan. Een slang in een woonhuis mag niet langer dan 2 meter zijn (shell.nl). Opslag voorschriften zijn te vinden in PGS-15, ze gelden voor hoeveelheden boven 115 liter gas in flessen. Speciale stalen kasten worden echter ook voor opslag tot 100 liter aangeboden voor 2 flessen met 250 mm diameter (Asecos.com). Alles bij elkaar genomen is er dus een kast met een afsluitbare maar ventilerende deur buiten bij de wc nodig, een hoofdkraan, keuzekranen, drukregelaars, een 'vaste' koperen of metaal/kunststof "flex" gasleiding naar een propaan kookplaat op de plek van het oude

gasfornuis en oranje slangen met koppel stukken en slangenklemmen. Een gaskraan in de keuken aan het eind van de vaste leiding maakt het veiliger bij langere tijd niet koken of afwezigheid van de bewoners.



Ontwerp voor een kookplaat op propaangas.

Bij een keuze voor de Primablue-46 flessen van Primagaz ontstaat er een lage kast waarboven nog ruimte voor het eco-toilet met een vuilwatertank overblijft.

De route van de vaste gasleiding kan ondergronds via een doorvoer maar ook bovengronds worden gekozen om onafhankelijk van de vloer constructie te blijven. Het meest praktisch is een doorvoer in de vloer aanbrengen als daar gelegenheid voor is. Het project van de isolatie van de kruipruimte biedt die mogelijkheid. Op 20 juli 2014 is een doorvoer voor een eventuele propaangasleiding aangebracht van de buitenmuur bij de achterdeur naar midden achter het keukenblok. Deze doorvoer loopt door het beton van de constructievloer. Ook is een doorvoerleiding tussen de meterkast en het keukenblok gemaakt om in de toekomst kabels door te kunnen trekken. Het is zeer de vraag of het aanleggen van die propaanleiding ooit zal gebeuren. Er is namelijk een eenvoudiger en duurzamer alternatief : de elektrische kookplaat in combinatie met een extra zonnepaneel. Geen CO₂ in de atmosfeer en geen waterdamp in huis !

Elektrisch koken

Koken op elektriciteit is ruim twee maal zo duur als koken op gas. Koken op elektriciteit is bovendien belangrijk minder energiezuinig. Dat is ook logisch als men bedenkt dat elektriciteit eerst met de nodige verliezen uit gas of steenkool moet worden gewonnen. Direct verhitten, door bijvoorbeeld gas onder de pan te verbranden, vermijdt die verliezen.

Opwarmen kan wel relatief zuinig met de combinatie van elektrische hete lucht oven en magnetron. Een keuze voor een gaskookplaat met directe verhitting en een combimagnetron lijkt zo dus de aangewezen weg. Wel moet de stekker er uit als het apparaat niet gebruikt wordt om standby verbruik te vermijden (Milieucentraal.nl).

Toch is dit niet het hele verhaal. Elektrisch koken kan 100% duurzaam zijn als de stroom van een duurzame bron zoals waterkracht, een getijden centrale of van windmolens af komt. Afgezien van inzetten van grootschalige administratieve vormen van duurzame elektriciteit zoals “groene stroom” of via “winddelen” aangekochte stroom uit windmolenparken, kan elektrisch koken ook op de schaal van een enkel huishouden 100% duurzaam zijn. Immers, als de elektriciteit zelf opgewekt wordt op een duurzame manier kan het. Voor huis 1938 zou een elektrische kookplaat in combinatie met PV-zonnepanelen zo bezien een niet administratieve maar wel 100% duurzame oplossing vormen. Een kookplaat en een combimagnetron zijn huishoudelijke apparaten die in maten en soorten te koop zijn en die met een stekker in het stopcontact meteen werken. In huis 1938 is al een kleine magnetron in gebruik die niet erg vaak nodig is. De aanschaf van een combimagnetron is daarmee minder urgent maar het wegvallen van de - ook nu al elektrische - hete lucht oven in het Etna gasfornuis zou verlies van comfort betekenen: de paella ovenschaal past niet in de bestaande magnetron. Een diepvries pizza ook niet.

Inductie kookplaat

Elektrische kookplaten zijn er in maten en soorten. Ze hebben als gemeenschappelijke complicatie dat er een aparte groep in de meterkast voor nodig is.

Er zijn al langer bestaande elektrische kookplaten met verwarmingsspiralen, er zijn inductie kookplaten die met een magneetveld werken en er bestaan keramische kookplaten die in feite een verbeterde versie van de elektrische kookplaten zijn. De pannen moeten geschikt zijn voor het gekozen type kookplaat. De inductiekookplaat heeft een snellere opwarm- en afkoeltijd dan de andere typen die traag reageren op aan en uit zetten van een “pit”. Inductie kookplaten hebben dus een duidelijk voordeel bij het gebruik.

Als voor een gemiddelde kookplaat van het inductie type wordt gekozen, bijvoorbeeld de Bosch inox PIA611F18E, te koop voor 367,- Euro (Kieskeurig.nl) met 4600 Watt aansluitvermogen, betekent dat een jaarverbruik van circa $2000 \text{ W} \times 0.5 \text{ uur} \times 7 \text{ dagen/week} \times 50 \text{ weken/jaar} = 350 \text{ kWh/jaar}$. Dit jaarverbruik is, samen met dat van een combimagnetron, met 1 of 2 extra PV-zonnepanelen goed te compenseren. De afmetingen passen in de uitsparing in het aanrecht voor het oude gasfornuis.

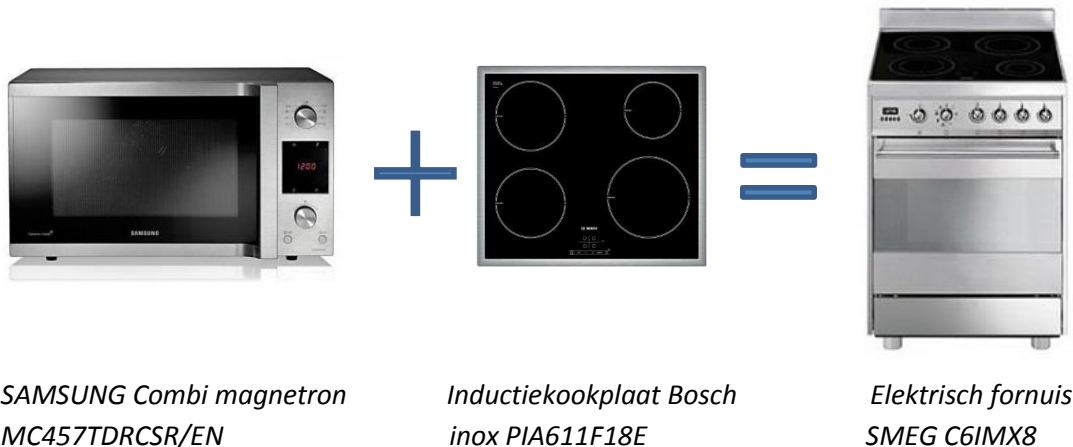
Combimagnetron

Een 50 liter combimagnetron kan de oude hete lucht oven vervangen. Na wat zoekwerk blijkt een 50 liter Samsung Combi magnetron type MC457TDRCSR/EN voor 283,- Euro te koop te zijn (Bestekeus.nl). De afmetingen passen binnen de lege plek die het oude fornuis achter zal gaan laten. Een losse kookplaat en een losse oven maken extra timmerwerk nodig om toch een fornuis-achtige opstelling te krijgen. Dat is nodig omdat de ruimte in de keuken beperkt is. Zou een geheel elektrisch fornuis hier beter zijn ?

Elektrisch fornuis

De combinatie van inductiekookplaat en elektrische hete lucht oven is te koop in de vorm van een ‘*all electric*’ fornuis. Interessant is verder dat de kostprijs van deze combinatie een stuk lager uitvalt dan de som van de aparte onderdelen. Een typisch inductie fornuis meet 60x60x85 cm en kost 1000,- euro. Geschikte kandidaat producten zijn bijvoorbeeld de BEKO CSM69300GX, de Smeg C6IMX8 (Keukenloods.nl) en de Siemens-hc748541 (Fornuisstore.nl).

Daarmee kan een elektrisch fornuis de plaats van het oude gasfornuis dus volwaardig en goedkoop innemen. De keuze voor de inductie techniek betekent dat er geen noemenswaardig effect op het wooncomfort te verwachten is. Een nieuwe groep in de meterkast en een extra kabel zijn wel nodig.



Afweging

Koken op vuur levert als nadeel het vrijkomen van CO₂ op. Dat gebeurt niet alleen bij aardgas maar ook bij “groen gas” , “bio-gas” en bij propaangas. Waterstofgas heeft dat nadeel niet maar dit gas is nog niet gemakkelijk overal verkrijgbaar. Technisch gezien is koken op uit waterstofgas en CO₂ gemaakt aardgas mogelijk. Een 5 jaar durend experiment met elektrolyse en methanisering met behulp van te veel geproduceerde elektriciteit uit zonnepanelen gaat in Rozenburg van start in 2015 (Eneco.com).

De route naar een elektrische “kookmachine” is niet aantrekkelijk omdat de bestaande grote variatie aan gerechten daarin nog niet is onder te brengen, en zo het comfort in huis 1938 – net als de gezondheid – in het geding zou komen. Koken op in collectors opgevangen zonnewarmte is geen realistische oplossing in het Nederlandse klimaat.

Kortom :

Duurzaam koken zonder de veiligheid of het gebruiksgemak aan te tasten kan het eenvoudigst worden bereikt door zelf opgewekte zonnestroom in te zetten en te koken op een inductiekookplaat en - af en toe- in een elektrische hete lucht oven.

Bij deze oplossing is maximale duurzaamheid bereikt omdat geen CO₂ meer vrij komt. In de praktijk moet dit via het elektriciteits net omdat opslag van elektrische energie in huis 1938 nog ontbreekt.

Op deze manier kan, nadat de verwarming in het huis en de warm tapwater voorziening via een warmtepomp gaan plaatsvinden, het afkoppelen van de aardgasleiding binnen bereik komen.

Uitvoering

Tijdens de plaatsing van warmtepompen 2 en 3 in de loop van oktober 2015 is een extra 5 aderige kabel getrokken door de PVC doorvoerpijp onder de geïsoleerde woonkamervloer. Op 18 november 2015 is die kabel aan een nieuwe “dubbele kookgroep” in de meterkast verbonden. Achter het gasfornuis is een nieuw speciaal ‘perilex’ stopcontact geplaatst. Het aansluiten van de stekker aan het fornuis is ook iets voor de vakman (elektrohonk.com). Bij aflevering van een elektrische kookplaat of fornuis wordt dat dus door een gecertificeerde elektromonteur gedaan.

Een kleine doe-het-zelf timmerklus blijft over: ondanks dat de meterkast een gedeeltelijk ander interieur heeft gekregen om de extra kookgroep kwijt te kunnen, past de eerder gemaakte omtimmering er gelukkig nog steeds omheen. Jammer van de “stoppen”, die zijn vervallen . . .



18 nov 2015 Extra kookgroep in de meterkast

De keuze van 60x60cm inductie fornuizen is niet zo groot. Om esthetische en ergonomische redenen valt de keuze op een retro-look roestvast stalen product van SMEG. De stap van koken op gas naar inductiekoken lijkt er kleiner door: het heeft ook een klokje met programmaknopjes en ook een rijtje knoppen voor de 4 pitten en de oven. Geen tip-toetsen tussen de hete pannen. De elektrische oven biedt vrijwel dezelfde ruimte als die in het gasfornuis had. Kortom: geen verlies van comfort in huis 1938, ook bij het koken.

Op 9 december 2015 arriveert het geselecteerde SMEG C6IMX8 “all electric” fornuis in de keuken. De aansluiting van de perilex stekker wordt diezelfde middag nog door de gecertificeerde elektromonteur van PTW verzorgd.



9 dec 2015 Het oude gasfornuis gaat weg



Het nieuwe all-electric fornuis staat op z'n plek

Pannen

Na 40 jaar koken op gas circuleren er allerlei pannen in huis 1938. Ze zijn van gietijzer, roest vast staal en aluminium gemaakt. Sommige hebben een dikke bodem, ze waren ooit als 'ook geschikt voor elektrisch koken' gekocht. Voor inductiekoken moet dat kritisch opnieuw worden vastgesteld. Anders dan bij een gaspit en bij een keramische kookplaat komt op een inductie kookplaat de warmte in de bodem van de pan vrij als die de energie uit het snel wisselende magnetisch veld van het fornuis absorbeert via weerstand die de geïnduceerde wervelstromen ondervinden. De bodem van de pan moet dus ferromagnetische eigenschappen hebben. Aluminium heeft die eigenschap niet. Dunne geëmailleerde plaatstalen pannen zijn minder geschikt omdat hun bodems te weinig warmte opwekken en die warmte niet goed verdelen over de pan. Er zijn drie-laags pannen op de markt om dit te bereiken. Daarnaast is het nodig een goed vlakke bodem te hebben. Sommige gietijzeren pannen hebben dat niet. Fabrikanten gebruiken een symbool om de geschiktheid van een pan voor inductiekoken aan te geven (inductiepannen.nl).

Helaas blijken verschillende oude pannen in huis 1938 niet geschikt voor inductie, die kunnen naar de kringloopwinkel. Enkele nieuwe pannen verschijnen. Het oude gasfornuis gaat naar een nieuwe gebruiker.

Resultaat

Na warmtepompen voor verwarming en warm tapwater is de plaatsing van een 'all-electric' fornuis de laatste stap bij vermindering van het gasverbruik in huis 1938. De gaskraan boven het aanrecht kan dus nu ook dicht en daarmee is het aardgasverbruik in huis 1938 tot nul gedaald !

(6) Regenwater systeem

Het verbruik van water uit de drinkwaterleiding in huis 1938 is 97.5 m^3 per jaar op het moment dat het project van start gaat in oktober 2012, een voor een tweepersoonshuishouden gemiddeld niveau. Uit een rekenmodel analyse van het waterverbruik naar soort toepassing bleek hoe dit verbruik is opgebouwd. Er gaat rond 45 m^3 aan douche water door en 38 m^3 is WC spoelwater. De wasmachine en de keukenkraan met elk 6 m^3 zijn kleinere verbruikers. Eten koken en drinken verbruikt 1 m^3 en sproeien in de tuin van 1.5 m^3 maken het beeld compleet. Zou dat verbruik minder kunnen? Zou het zelfs mogelijk zijn om dit tot nul terug te brengen?

Regenwater en grondwater zijn in het Nederlandse klimaat van nature rijkelijk voorhanden. Maar, is er genoeg om op 100% duurzame wijze voldoende water op eigen terrein te winnen ?

Water is uit de waterdamp in de lucht, uit neervallende regen, uit het oppervlaktewater of het grondwater te winnen.

Zonder er energie voor te gebruiken kan er water door condensatie uit de lucht worden gehaald. Zo is drink water te winnen met de 'watercone' van Stephan Augustin (Augustin.net) via condensatie met zonnewarmte uit de lucht boven vochtige grond of uit brak water of zee. Dit water moet men nog wel koken voor het gebruik. Maximaal 1.6 liter per dag per 'cone' is echter bij lange na niet genoeg om het watergebruik van circa 265 liter per dag in huis 1938 te kunnen leveren. Verminderen van het verbruik en winning uit regenwater of grondwater bieden wel perspectief.

Waterverbruik huis 1938 per 1 oktober 2012

Waterverbruik	m^3	vereiste kwaliteit
Douche boven	35	warm, schoon
Wastafel boven	10	warm/koud, schoon
Afwassen	6	warm/koud, schoon
Eten en drinken	1	koud, schoon
Wasmachine	5	helder
Schoonmaak	1	helder
WC beneden	28	helder
WC boven	10	helder
Tuin	1.5	regen
Totaal	97.5	m^3/jaar

Huis 1938 ligt niet aan een beek of rivier. Ook is er geen ander oppervlaktewater in de buurt. Een openbare pomp is er al heel veel jaren niet meer. In de geschiedenis is de dorpspomp de bekendste verschijningsvorm voor een kleine water voorziening. Zou een eigen put uitkomst bieden?

Een kleine installatie voor lokale winning van water voor opwerken tot drinkwater is technisch goed uitvoerbaar. Het bestaat uit eenvoudige onderdelen en het is voor een doe-het-zelver haalbaar

(waterbronslaan.nl). Filteren van ijzer, mangaan en kalk is dan wel noodzakelijk voor onder andere de was doen en biologisch filteren voor consumptie is ook nodig. Hoewel aanleggen van een kleine ‘gespoten’ putbron alleen een meldingsplicht kent, zijn er wel gebieden met een verbod en beperkingen. Er is bij grootverbruik een grondwater-heffing van 0.17 euro/m³ om rekening mee te houden boven de 10 m³ per uur ([CUWVO, 1999](#)). De bestaande grondwater vervuilingproblematiek, en de toename van warmte-koude opslag activiteiten in de bodem, op voor lokale drinkwater winning interessante diepten ([Provincie Utrecht, 2010](#)), en de dure ont-ijzering maken het slaan van een eigen put voor winning van drinkwater een weinig aantrekkelijk als alternatief voor -eveneens uit de bodem gehaald- leidingwater.

Het winnen van grondwater is bij huis 1938 verder dan ook niet uitgezocht omdat andere mogelijkheden meer voor de hand liggen. Een eigen grondwaterput slaan zou in de toekomst nog als tweede (reserve) water voorziening nuttig kunnen zijn.

Verdeling van 212 m³ per jaar invallend regenwater op het perceel

Plaats	Oppervlak m ²	Type	Bergings- coëfficiënt	Afvoer	Volume m ³ /jaar
Tuin	200	gras/grond	85%	bodem	97
Vakwerkhuisje	4	pannen	85%	bodem	2
Erker	2	bitumen	75%	bodem	1
				bodem	(100)
Werkplaats	42	pannen	85%	bodem	21
Veranda/fietsen	28	bitumen	75%	bodem	13
Kas	4	bitumen	75%	bodem	2
Uitbouw achter	10	bitumen/grind	60%	riool	4
Schuurzolder	6	pannen	85%	riool	3
Keuken en bijkeuken	17	bitumen	75%	riool	8
Huis	50	pannen	85%	riool	25
				systeem	(76)
Verliezen : verdamping circa 17 %, afstroom buiten het erf circa 3%.					(42)
Totaal perceel	363			regen	212

Regenwaterwinning ligt meer voor de hand. In Nederland valt gemiddeld 600 mm per jaar en zo is er op het perceel van huis 1938 met een grootte van 363 m² in theorie 212 m³ per jaar beschikbaar. Er zijn droge periodes die tot 21 dagen kunnen duren ([KNMI.nl](#)). Het regenwater dat neervalt verdampt voor een deel weer of stroomt van het erf af en dat deel bereikt de regenwaterinstallatie of de bodem nooit. De zogenaamde bergingscoëfficiënt hangt van het soort oppervlak, de oriëntatie ten opzichte van de zon en dus ook van de hellingshoek af ([BIM, 2010](#)).

Er verdampt naar schatting 17% van het regenwater dat in de tuin en op de daken terecht komt, er gaat netto ongeveer 100 m³ de tuin in. Vanaf de daken van de werkplaats en het huis loopt nu rond 76 m³ deels de tuin in en deels naar het riool.

De verharding van de bodem en afvoeren via het riool van regenwater is in Nederland vaak bezwaarlijk voor de rioolwaterzuivering installaties en het werkt verdroging van de bodem in de hand. Opvangen, gebruiken en in eigen tuin laten weglopen heeft dus positieve kanten. Als iedereen plotseling de regenwaterafvoer ontkoppelt ontstaat er mogelijk wel een grondwaterspiegel probleem. Het ontkoppelen van hemelwater afvoer is dus vermoedelijk wel iets dat de Gemeente, die een 'grondwaterzorgplicht' heeft, wil weten. Misschien is het afkoppelen vergunning plichtig.

Hierover is op 4 augustus 2013 een vraag naar de Gemeente verstuurd. Op 5 augustus komt een ontvangstbevestiging binnen die binnen 2 weken antwoord belooft. Op 20 augustus 2013 is nog geen reactie binnen en wordt de gemeente op het verstrijken van de termijn geattendeerd. Op 2 september 2013 komt op de vraag "*is het afkoppelen van een hemelwater afvoer van het gemengd riool vergunning plichtig ?*" het antwoord van de gemeente binnen: "*. . . bij bestaande situaties is er geen verplichting om een gescheiden stelsel tot de erfgrans aan te leggen . . .*". De interpretatie van dit -wat cryptische- antwoord is dat afkoppelen van regenwaterafvoeren niet als issue wordt herkend en dat het probleem van te veel of te weinig water in de riolering niet met gemeentelijke regels is omgeven. Afkoppelen van een hwa bij huis 1938 kan dus op elk gewenst moment !

In België zijn er aanbevelingen voor het duurzaam renoveren van bestaande gebouwen op het gebied van lokale waterwinning. Het daarvoor aanbevolen systeem, bestaand uit een regenton, een cisterne van ongeveer 5 m³ en een watertank onder het dak met leidingwerk en filters, kost tussen 2000 en 8000 euro. Met omgekeerde osmose is uit het opgevangen regenwater ook drinkwater te bereiden op een prijspeil dat veel lager ligt dan bijvoorbeeld water in algemeen bij de supermarkt verkrijgbare 5 liter PET flessen (BIM, 2010) of -inclusief bezorgen- in 18,9 liter polycarbonaat drums voor een dispenser van omgerekend 161,- euro per m³ (Aqualight.nl).

Het tweeledig doel van het watersysteem in huis 1938 moet dus zijn:

- minder leidingwater gebruiken
- minder afvalwater in het riool terecht laten komen.

(6.1)-Eco-toilet begane grond

Als het toilet op de begane grond, als belangrijke waterverbruiker, op een duurzamere manier van doorspoelwater kan worden voorzien is dat een grote stap.

Verschillende manieren zijn hier mogelijk. Uit de afvoer van de douche boven komt voldoende water dat bovendien warmte meevoert die anders naar het riool weg zou stromen. Ook komt van het grote pannendak op het huis voldoende regenwater af om de wc er mee door te kunnen spoelen. In beide gevallen is de zwaartekracht voldoende om het water naar de doorspoelbak te doen stromen.

Douchewater

Hoe zou een systeem vanuit de douche afvoer er uit gaan zien? Er kan uit de douche afvoer op de eerste verdieping voor doorspoelen van het toilet op de begane grond energielooos 'afval water' via de zwaartekracht worden verzameld. Dit kan zomer en winter doorgaan en heeft weinig last van een droge of koude periode. Hiervoor is het nodig om bij het toilet een vorstvrije vuil water tank te plaatsen. Deze aanpak behoudt ook een deel van de warmte in het douchewater voor verwarming

binnenshuis, warmteterugwinning dus, in feite een soort douche wtw. Er is een overloop beveiligingen nodig in de opslagtank. Een aparte spoelbak is niet nodig, een drukknop of hendel aan een stortpijp volstaat. Deze is naast of boven de op drinkwater werkende bestaande spoelbak te plaatsen.

Het eco-toilet bespaart zo fors op het waterverbruik omdat water van de douche en wastafel boven als eerste grootverbruiker (45m^3) hergebruikt wordt bij de wc beneden als tweede grootverbruiker (28m^3). Met dit eco-toilet is dus circa 30% vermindering van het gebruik van drinkwater mogelijk, geheel zonder energiegebruik. Berekeningen laten zien dat de vuilwater tank ten minste circa 100 liter groot moet zijn. Hiervoor is ruimte tegen het plafond in de wc of aan de buitenmuur nodig. Een constructie volume van $0.9 \times 0.9 \times 0.3 \text{ m}^3$ biedt daar voldoende mogelijkheden.

Speurwerk bij leveranciers laat zien dat er allerlei uitvoeringen van vuilwatertanks zijn die voornamelijk in boten en caravans hun toepassing vinden. Een bruikbaar liggend type voor op een stelling tegen het plafond is bijvoorbeeld de B S30061 van Drocom met afmetingen van $880 \times 480 \times 300 \text{ mm}$, te koop voor voor 108 Euro (drocom.nl). De zelfde 126 liter tank B48xL88xH30 kost bij dewatersportwinkel.nl op het internet 130 Euro (dewatersportwinkel.nl). Er zijn ook staande of verticale tank modellen, bijvoorbeeld de 354023 van Damme kunststoffen met afmetingen $L500 \times H575 \times B350 \text{ mm}$ (dammekunststoffen.nl).

De afvoer van de douche loopt op 1 oktober 2012 via een pvc pijp naar de dichtstbijzijnde regenwater afvoer die op zijn beurt op het riool is aangesloten. Een nieuwe pijp met een afschot van 1 cm per meter naar de regenpijp bij de wc is nodig. Deze zal vrijwel horizontaal op plafondhoogte moeten lopen om zo min mogelijk hoogte te verliezen in verband met de plaatsing van de vuilwatertank boven in de wc.

De pvc pijp vanuit de douche naar de vuilwatertank loopt buiten in de winter bevroeringsgevaar. De vraag is of de leiding binnendoor kan. Of kan de functie bij vorst uitgeschakeld worden?

Een route binnendoor blijkt niet mogelijk zonder koven en doorboringen op vreemde plaatsen in de huiskamer boven de bank en boven de eettafel. Esthetisch is dit ongewenst. Door de afvoerleiding in een koof langs en door de boeiboord constructie buiten aan de gevel te laten lopen is hij onzichtbaar en is er esthetisch geen effect. Met afschot van 1 cm/meter blijft er geen water in de buis staan.

Door de buisdiameter groot genoeg te kiezen (PVC 50 mm) blijft er ondanks eventuele ijsvorming toch een doorgang open. Het bevroeringsgevaar blijft dus wel bestaan maar het warme douchewater zal snel de doorgang in praktijk weer vrij van ijs maken. Isolatie in de koof rondom de buis vertraagt het bevriezen en beperkt warmteverlies bij het smelten van ijs door warm afvalwater.

Bijkomend voordeel is dat ook na het overschakelen op regenwater als bron van al het water, toch het hergebruik van douchewater zinvol blijft. De benodigde capaciteit van het watersysteem wordt er aanmerkelijk kleiner door en de restwarmte komt aan het binnenklimaat ten goede.

Groot nadeel van deze aanpak is de vervuiling van het systeem door schimmels, algen, zeepresten, bacteriën, huidschilfers, haar, stof en zand. Dat levert regelmatig schoonmaakwerk op en leidt tot stankoverlast door rottend doorspoelwater. Daarnaast is de technische uitvoering moeilijk in te passen op een esthetisch verantwoorde wijze. Het plafond moet verlaagd, de isolatie moet wijken, de muren moeten doorboord. De buitenzijde moet betimmerd.

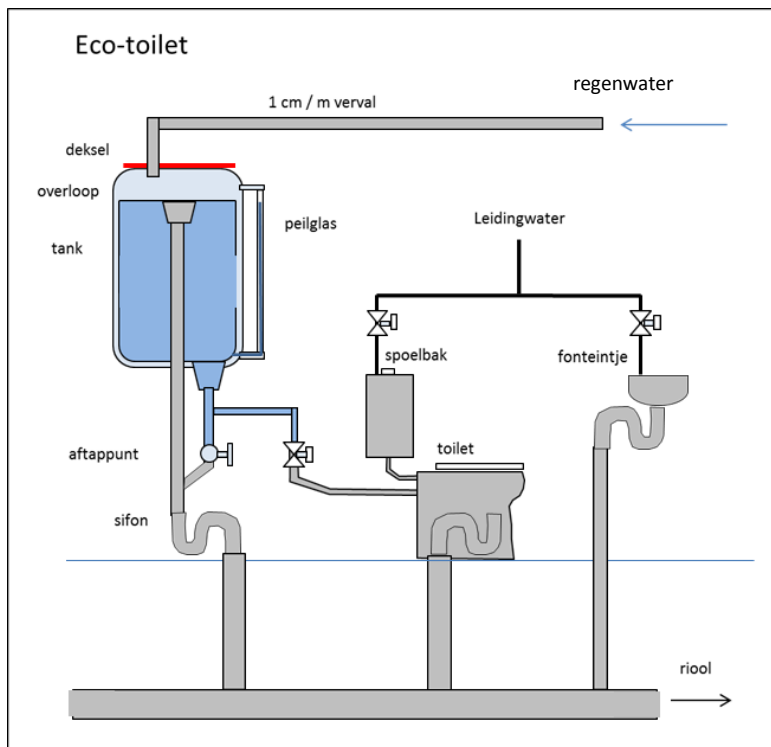
Mede om hygiënische redenen is het voeden van het eco-toilet niet met douchewater maar met regenwater vanaf het dak mogelijk eenvoudiger en dus aantrekkelijker. Het ontwerp blijft het zelfde, de duurzaamheidswinst is iets minder vanwege het nu onbenutte warmteverlies.

Er is nog een andere overweging om niet voor douchewater te gaan. Er zijn douches op de markt verschenen die het water recirculeren en zo een grote besparing op het waterverbruik realiseren

(upfallshower.com). Toepassen van dit concept zou betekenen dat er voor het doorspoelen van het eco-toilet te weinig watertoevoer ter beschikking is. Bij de transitie van huis 1938 is hier niet voor gekozen vanwege de prijs die eind 2014 voor een douchecabine volgens dit principe circa 4000,- euro bedraagt.

Regenwater

Een eco-toilet gebaseerd op regenwater is een al veel toegepast concept. Na het verzamelen van regenwater in een bak of tank is er een pomp die het naar de doorspoelbak brengt. Het nadeel hiervan is het stroomverbruik. Kan het ook zonder pomp ?



Eerste ontwerp voor een eco-toilet.

Als de opvangtank hoog genoeg staat kan ook hier de zwaartekracht voor vervoer van het water zorgen. Nadeel is dat een regenopvang bak, ton of tank doorgaans buiten staat en zo niet gemakkelijk vorstvrij gehouden kan worden.

Er bestaan allerlei ontwerpen waarbij de tank in een omkasting wordt gezet. Zonder energietoevoer blijft het vorstvrij houden toch een knelpunt. Ook is hij in huis neer te zetten maar dat neemt ruimte in beslag. Een ton die op een verhoging op de begane grond staat heeft weinig hoogteverschil met de doorspoelbak in de wc en neemt plaats bij de achterdeur in. Dit zijn belangrijke nadelen.

Afweging

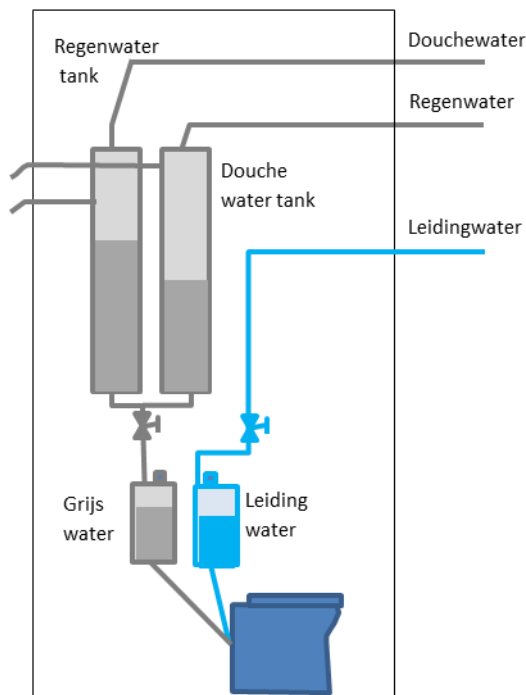
Voor huis 1938 zijn zowel regenwater als douchewater beschikbaar als bron van grijs water voor een eco-toilet.

Toevoer van regenwater van het hoger gelegen pannendak op het huis is zowel in de zomer als in de winter beperkt. In de winter door vorst, in de zomer door droogte. In de winter en in de zomer zal er dus behoefte aan leidingwater voor doorspoelen blijven.

Aanvoer van douchewater is het hele jaar door vrijwel constant. Dat betekent een kleinere buffer tank en minder behoefte aan leidingwater.

De noodzaak om te kunnen schakelen van grijs water naar leidingwater maakt het plaatsen van een aparte doorspoel bak voor grijs water naast de bestaande doorspoelbak voor leidingwater de handigste werkwijze. De twee waterstromen komen zo pas in de wc pot zelf bij elkaar, belangrijk voor de hygiëne.

Het eco-toilet zal dus eerst douchewater, dan regenwater en tenslotte pas leidingwater moeten benutten. Eventuele grijs watertanks zullen binnen in de wc moeten zitten om vorstvrij te blijven.



Eco-toilet: principe ontwerp dat in delen kan worden aangelegd.

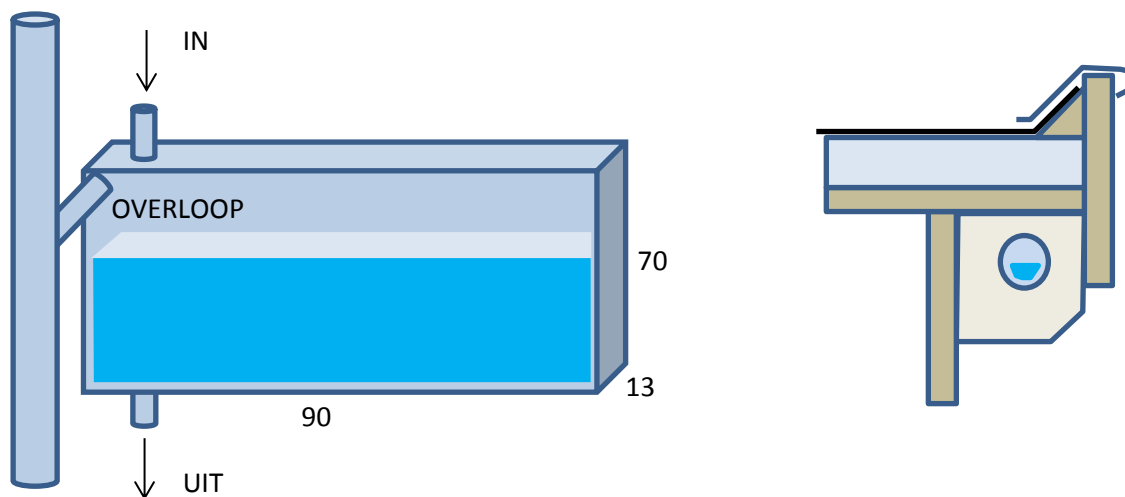
Uitvoering

De aanleg zal bestaan uit het plaatsen van een douchewater opslagtank met ontluchting en overloop naar buiten en daarna - indien nodig - een regenwater opslagtank met overloop en ontluchting naar buiten. De overloop van de douche moet naar het riool, die van de regenwatertank kan later naar de cisterne. Van deze tanks loopt het water via een T-stuk en een toevoerkraan naar een grijs water doorspoelbak met vlottermechanisme.

Voor de twee extra tanks is tegen het plafond van de wc, direct onder het dak een ruimte beschikbaar. Het bestaande verlaagd plafond met plafonniere voor verlichting moet dan vervallen. De 90x90x20 cm ruimte biedt plaats voor circa 150 liter. Twee aanvullende ruimtes van elk 25x25x110 cm tegen de buitengevel bieden plaats aan nog eens circa 50 liter elk. Met de 28 m³ per jaar die in de wc beneden werd gebruikt bij de start van het transitieproject in 2012 als basis kan een dagelijkse grijs water balans voor de wc beneden worden opgesteld. Per dag is 28000/365=77 liter/dag spoelwater nodig, zonder rekening met besparingsmaatregelen te houden. Met de 35 m³ uit de douche boven is er genoeg spoelwater beschikbaar: 35000/365=96 liter/dag.

Uitgaande van regelmatig douchen kan de inhoud van de douchewatertank dus tot circa 100 liter beperkt blijven. Uitgaande van de zeer grillige beschikbaarheid van regenwater waarbij vaker per jaar wekenlang geen neerslag valt (KNMI.nl) loopt het benodigde opslagvolume al snel op tot ver boven de beschikbare ruimte. Een regenwatertank in de wc lijkt zo gezien niet zo handig. Een eventuele oplossing met regenwater moet bijvoorbeeld van een cisterne met hydrofoor komen of van een veel grotere – niet vorstvrije - tank op het dak van de bijkeuken.

Op 6 september 2015 is met het ontwerp en de bouw van het eco-toilet voor de wc beneden begonnen. Een tank met 77 liter inhoud past er precies in. Ruimte voor een tweede spoelbak is er pas als de spoelbak voor kraanwater naar opzij verplaatst wordt.



De eerste stap is het ontwerpen van een grijs water tank met leidingwerk, gevoed vanuit de afvoer van de douche boven, in de wc tegen de buitenmuur geplaatst. De tank krijgt een overloop naar de buiten, direct naast de wc, aanwezige regenpijp die is aangesloten op het riool.

De tweede stap is de toevoer van de douche naar deze 80 liter tank. Die moet buiten langs de gevel worden geleid en een klein afschot hebben. Door de pvc leiding door de betimmering aan de dakrand te voeren is hij grotendeels aan het zicht onttrokken.

De derde stap is het aansluiten van de tank uitgang op de grijs water spoelbak en de wc pot.

Afweging

Hoewel het technisch ontwerp duidelijk is geworden en het aanzicht vanaf buiten gezien esthetisch aanvaardbaar is ontstaat toch een ernstig bezwaar. De ruimte in het al krappe toilet beneden neemt door de tank en extra spoelbak sterk af. Vorstvrij houden zal niet met zekerheid lukken zonder een verwarmingselement aan te brengen. In de winter het eco-toilet niet gebruiken betekent dat de water besparing minder zal zijn dan geraamd is. Op 18 maart 2016 is het eco-toilet project voor onbepaalde tijd uitgesteld.

(6.2)-Regentonnen bij de veranda en de kas

Bij de werkplaats is aan de westkant van de veranda een geschikte plek voor een regenton. Het hemelwater van het zuidelijke dak boven de werkplaats, kas en veranda stroomt naar die plek. Om al het water op te vangen is een nieuwe afvoerleiding van de noordelijke dakgoot op de werkplaats naar de zuidelijke hemelwaterafvoer bij de regenton nodig. Water voor de tuin en de kas is daar ter plaatse het meest nodig. Regentonnen van kunststof compleet met een aftapkraan zijn in allerlei maten en soorten verkrijgbaar. Een eenvoudig groen kunststof model van 200 a 220 liter kost circa 60 Euro ([Bol.com](#)) ([Twenga.nl](#)). Een kleiner model regenton van circa 100 liter past mooi bij de kas.



Juni 2014 Een regenton vangt regenwater vanaf de kas op.



Oktober 2014 Bij de veranda staat de tweede regenton.

Een ton zelf moet, om geen kostbaar regenwater te verliezen, verder zijn voorzien van een overloop vanwaar het regenwater doorloopt naar een cisterne. Deze overloop moet zodanig gemaakt zijn dat water dat doorloopt naar de cisterne niet met de bacteriën die in de ton kunnen ontstaan besmet kunnen raken. Een door een vlotter bewegend gootje is hier handig bij. Het geheel is eventueel met FSC hout af te timmeren zodat de techniek -naar smaak- aan het oog kan worden onttrokken. Met de regenton is zonder energiegebruik circa 2% vermindering van het gebruik van leidingwater mogelijk. De regenton kan in de winter bevriezen. Dat betekent geen sproeiwater voor de tuin in een seizoen waarin dat toch al niet nodig is. Wel zou bevriezen van de regenton en het gootje met vlotter niet tot verstopping van de afvoer naar een cisterne mogen leiden. Water afkomstig van smeltend ijs en sneeuw is verder prima bruikbaar voor het watersysteem.

Op 29 mei 2014 is voor 27 Euro de eerste regenton aangeschaft. Het is een slank model met ruim 100 liter inhoud en hij past mooi onder de regenpijp van de kas aan de kant van de schutting. Op 4 juni 2014 is hij klaar. Nog twee dezelfde maat regentonnen komen op 15 oktober 2014 binnen. Op 30 oktober 2014 is het houten onderstel voor beide tonnen klaar. Daarna is een verharding bij de veranda, inkorten van de regenpijp en wat leidingwerk voor overloop en de kraan aan de uitloop nodig. De tweede 100 liter ton is op 31 oktober 2014 bij de veranda regenpijp geplaatst. Hij is donkergroen en van gerecycled plastic gemaakt. De derde 100 liter ton vind op 1 augustus 2015 zijn

plek bij het recyclinghok in de achtertuin. Vanaf 13 november 2015 is hij op de regenpijp bij het hok aangesloten. Dat hok is op de plaats van het Limburgs vakwerk huisje gebouwd in de zomer van 2015.

Materiaalkeuze

Bij de bouw van het recycling hok is gekozen voor verduurzaamd hout. De belangrijkste argumenten daarvoor zijn dat er minder hout hoeft te worden gebruikt, dat het duurzaam gewonnen hout uit de regio kan zijn en dat er overheidstoezicht op het productie proces en de recycling na de gebruiksfase is. Het alternatief is toepassen van weerbestendig en insectenbestendig hout dat van verre moet worden aangevoerd, zoals hardhout of Douglasshout.

Verduurzaamd hout is geschikt voor toepassingen buiten en op plaatsen waar het aan weersinvloeden onderhevig is. De belangrijke parameter hierbij is het vochtgehalte. Als dit onder de 20% blijft is verduurzamen tegen houtrot niet nodig. Toepassing buiten, zoals bij het buiten op te trekken recycling hok te verwachten is, levert door dat het hout in aanraking met regenwater komt een hoger vochtpercentage op. Een insectenwerende werking is ook wenselijk voor buiten opgesteld timmerwerk. Middelen voor houtverduurzaming moeten dus zowel schimmels als insecten weren (De Jonge, 1991).

In de handel verkrijgbaar tuinhout is doorgaans geïmpregneerd met koper-chroom zouten. Hiermee behandeld hout is, in verband met het risico van blootstelling aan giftige stoffen, met name Chroom-VI, onderwerp van onderzoek geweest bij het RIVM. Toepassing in kinderspeeltoestellen en allerlei constructies in tuinen, aan gevels en in afrasteringen maakt het beoordelen van dit risico belangrijk. Als doe-het-zelver verwerken van het hout levert bij een inventarisatie de inhalatie van fijn zaagstof en de aanraking met de stof op de huid als belangrijke situaties op. Het RIVM stelt na onderzoek en berekeningen dat de blootstelling ook voor de doe-het-zelver, die buiten een constructie uit dit hout maakt, gering is en nauwelijks zal voorkomen (RIVM, 2011).

Bij de realisatie van het recycling hok is grof gezaagd, grof gevild en buiten gewerkt om elk risico zo klein mogelijk te houden. Alle onderdelen zijn geschroefd zodat aan het eind van de gebruiksduur alle delen losgenomen en gerecycled kunnen worden.

(6.3)-Rioolozing verkleinen

Er gaan bij de start van het project in oktober 2012 twee waterstromen het riool in: afvalwater en regenwater. Vrijwel het gehele verbruik aan leidingwater ($97.5 \text{ m}^3/\text{jaar}$) gaat uiteindelijk als afvalwater naar het riool. In totaal gaat het, na aftrek van drink en kook water (1 m^3) en in de tuin gebruikt sproeiwater (1.5 m^3), om afgerond 95 m^3 afvalwater per jaar.

Van het regenwater valt 75 m^3 op daken die zijn voorzien van regenpijpen die voor ongeveer de helft op het riool aangesloten zijn. Vanuit de regenpijp aan de noordkant van de werkplaats loopt 10 m^3 naar het achterpad weg en die gaat daarmee dus buiten de tuin de bodem in. Er gaat volgens het rekenmodel 40 m^3 naar het riool en nog 25 m^3 naar de tuin. In de tuin zelf valt nog eens 100 m^3 . Samen genomen gaat er dus 135 m^3 afval- en regenwater naar het riool en er komt 126.5 m^3 in de tuin terecht.

Wat zijn de effecten van de diverse besparingsprojecten op de afvalwaterstroom?

-De afvalwaterlozing afkomstig van de wc's is te verminderen door het aanbrengen van gewichtjes in het doorspoelmechanisme. Dit vermindert de lozing met 18 m^3 per jaar.

-Een zuinigere douchekop in de douches boven en beneden bespaart warm water. Spaarperlators in de wastafel kranen en de keukenkraan doen dat ook. Hiervoor is 5 m³ per jaar verbruiksreductie geschat.

-Verder vermindert het gebruik van regenwater om de wc op de begane grond door te spoelen de totale hoeveelheid leidingwater lozing op het riool. Dit 'eco-toilet' kan zo ook de nog resterende hoeveelheid spoelwater van circa 20 m³ per jaar besparen die overbleef na de plaatsing van de gewichtjes.

(6.4)-Cisterne en leidingen

Zou er een mogelijkheid zijn om zonder aansluiting op de drinkwaterleiding toch het huishouden door te laten gaan? Er is bij huis 1938 genoeg regenwater via de daken ter beschikking voor het eigen verbruik. De 600 mm regenwater die gemiddeld in Nederland per jaar valt komt grillig en onregelmatig neer. Droge perioden tot 21 dagen komen 's zomers voor. Het opvangen van water is dus nodig en dat doet men al duizenden jaren in een ondergrondse vorstvrije en donkere cisterne. Na invoeren van besparingen door wc doorspoelgewichtjes, spaarkoppen, zuinige wasmachine, eco-toilet en regenton, is het leidingwaterverbruik gedaald tot minder dan 65 m³ per jaar in huis 1938. Bij een zelfvoorzienend watersysteem dat dit kan leveren past een cisterne van circa 5 m³. Hiervoor is plaats naast de uitbouw in de tuin. Er zit daar geen leidingwerk in de weg en er ligt een grindpad van ruim een meter breed dat een luik of deksel kan verbergen.

Een cisterne is op verschillende manieren te realiseren: in beton en in kunststof.

Beton

Er is voldoende hoogte boven het grondwaterpeil om bijvoorbeeld een overdekte langwerpige betonnen bak van 1 x 1 x 5 m te construeren. Onder een deklaag van 40 cm grond dringt de vorst niet door. Met een coating aan de binnenzijde is de bak waterdicht te maken. De waterkwaliteit kan via een vijver rondpompsysteem met beluchting, een grof 'vortex' voorfilter van 80 cm diameter met bodemdrein, een 300 micron zeefilter hoofdfilter en een UV belichting goed gehouden worden (Tuinbase.nl). Materialen hiervoor zijn beschikbaar in de handel voor vijvers en tuin aanleg. Een overloop beveiligd de cisterne. Hij loopt naar een er naast aan te leggen zinkput (ook wel aangeduid als infiltratie-unit) en eventueel van daar uit verder via een stankontluchter en ratten vang rooster alsnog naar het riool. Een geïsoleerd toegangsluik en ondergrondse leidingdoorvoeren naar de grijs water filters completeren het geheel.

De cisterne kan in eigen beheer worden gemetseld en van een waterdichte coating voorzien. De keuze voor een rubber vijverfolie, vinyl doek of polyethyleen coating is afhankelijk van de verkrijgbaarheid en verwerkbaarheid (NBI, 2011).

Kunststof

Het kan ook met kunststof tanks. Voordeel van kunststof is dat het direct inzetbaar is en meteen een goed afgewerkt binnen oppervlak heeft. Deze tanks zijn in diverse maten verkrijgbaar. Bijvoorbeeld twee ondergrondse watertanks type A135 / 2500 Liter, met afmetingen 2060 x 1350 x 1160 mm, à 1299 Euro per stuk, zijn met H=1.16 m geschikt voor de geringe grondwaterdiepte in Nederland. Samen zijn ze groot genoeg. Deze twee tanks zijn geschikt om regenwater op te vangen en bieden de mogelijkheid om regenwater uit de ene tank te filteren naar grijs water in de andere tank. Hiervoor is allerlei regel, pomp en filter apparatuur op de markt verkrijgbaar (dbcom.nl).

Over een ingegraven kunststof tank onder een dikke grondafdekking en een grindlaagje is wel te lopen maar niet met allerlei zware machines meer te rijden, daarvoor zou versterking nodig zijn. Het door een mangat in een tank gaan kan pas na het leegpompen en goed ventileren van de tank. Er zijn geen vergunningen nodig voor het ingraven van een cisterne. Ook is er in de gemeente waar huis 1938 staat geen subsidie regeling voor het afkoppelen van regenwater afvoeren van het rioolstelsel. Ook is er geen vergunning of melding nodig voor het afkoppelen.

Regenwater loopt bij het begin van het project deels van het erf af, deels de tuin in en deels via de regenpijpen het riool in. Om de cisterne voldoende water te laten verzamelen is verzamelen nodig en dus is er nieuw leidingwerk nodig. De bestaande regenpijpen zijn los te halen van het riool en op nieuwe, grotendeels ondergrondse, verzamelleidingen aan te sluiten. Vanaf het pannendak van het huis, het pannendak van de werkplaats, het platte veranda dak en vanaf de schuine en platte daken van de uitbouw is zo het regenwater goed te verzamelen. Er is tenslotte een verbinding van de verzamelleidingen naar de cisterne nodig.

Cisterne ontwerp

Om in de winter bij vorst de cisterne te kunnen blijven gebruiken is het zaak voldoende gronddekking te realiseren op de cisterne zelf en op de leiding naar de waterbehandeling binnen in de woning. Verder zijn niet alle dak oppervlakken even geschikt voor regenwater opvang in verband met verschillende soorten vervuiling en verschillende soorten filters. Voor een gemiddeld huishouden is 4 tot 5 m³ cisterne volume geschikt. Een beveiliging tegen overlopen van de cisterne kan eenvoudig via een met zand gevulde zinkput worden gerealiseerd. Als er een overloop naar het riool is moet er ook een rattenbeveiliging en een opstuwbeveiliging tegen terugloop vanuit het riool zijn geïnstalleerd. Vanaf circa 60 cm diepte is een ondergrondse watervoerende leiding vorstvrij (ewu-aqua.de). Met een cisterne alleen is er wel water maar nog geen geschikte waterkwaliteit te realiseren.

(6.5)-Filtersystemen voor winning van grijs- en drinkwater

In Nederland is regenwater niet zo schoon als leidingwater. Fijn stof, roet en opgeloste chemische stoffen kunnen er in voorkomen. De zure regen problematiek ligt gelukkig goeddeels achter ons. De kwaliteit van hemelwater dat vanaf een dak via regenpijpen afstroomt kent nog een aantal andere vervuilingbronnen. Zo kunnen (nieuwe) bitumen dakbedekking en zinken goten in combinatie zware metalen en fenolen afgeven. Ook vanuit daklood en verduurzaamd hout kunnen stoffen in oplossing gaan. Rottend blad brengt bacteriën in het water en maakt het onbruikbaar voor consumptie ([Meire et al, 2005](#)). Waterbehandeling is dus nodig.

Er valt, behalve de winbare hoeveelheid van 75 m³ vanaf de daken, nog bijna 100 m³ regenwater per jaar in de tuin, zo nodig ook voor een deel op te vangen en te gebruiken. Met behulp van tijdelijke folie trechters kan bij watertekort in de cisterne nog regenwater bijgevangen worden. Bij het ontwerp van een regenwatersysteem zijn drie soorten water te onderscheiden:

Regenwater

De eerste en meest duurzame soort is schoon regenwater dat tijdens een bui zo uit een folietrechter is af te tappen. Meer praktisch is om het regenwater dat van een dak afstroomt op te vangen. Met een regenton aan een regenpijp is zo -op een in de jaren dertig ook al lang gebruikelijke wijze- een

voorraad sproeiwater voor de tuin te verkrijgen. Hiervoor is 1.5 m³ per jaar nodig, voornamelijk te winnen met een regenton. Dit laat nog 73.5 m³ over voor het vullen van de cisterne.

Grijs water

De oppervlakken die het regenwater opvangen verzamelen behalve regen echter ook fijnstof, pollen, vogelpoep, roetdeeltjes en stoffen afkomstig uit de dakbedekking. Deze hygiëne problemen maken dit water niet direct geschikt voor gebruik in machines of voor consumptie. Er is zowel preventie van vervuiling als filtering nodig. Met spandraden op nokken, randen en hoge punten is het landen van vogels tegen te gaan. Geschikte, teervrije, dakbedekking is nodig. Met een grof gaas is gevallen blad te verwijderen en met een sedimentfilter kan stof afgevangen worden nog voor het in de cisterne komt. Slim gebruik maken van het regenwater in toepassingen, anders dan voor menselijke consumptie, is daarmee goed te doen. Apparatuur voor filteren en fysisch-chemisch behandelen van regenwater is op de markt beschikbaar. Uit de cisterne kan daarmee de tweede soort water worden opgepompt en gefilterd: gezuiverd regenwater, ofwel grijs water. Dit water is helder, zacht en bevat geen kalk. Daarmee kunnen de wasmachine, het doorspoelen van de wc boven en de schoonmaakkraan in de keuken worden gevoed. Er is volgens het rekenmodel ongeveer 15.5 m³ grijs water per jaar nodig.

Drinkwater

Uit dit grijs water is via omgekeerde osmose de derde soort water te winnen: drinkwater dat aan de hoogste hygiëne eisen moet voldoen. Voor gebruik in de douches en wastafels, bij het eten en drinken maken en voor het afwassen is circa 51 m³ schoon koud en warm tapwater per jaar nodig. Dit kan uit grijs water worden gemaakt. Dat betekent dat er in totaal een capaciteit van 66.5 m³ grijs water bereiding per jaar beschikbaar moet zijn dat naar verwachting volledig uit de cisterne gewonnen kan worden. Een overloop van 6.5 m³ naar de zandput maakt het stroomschema kloppend.

Plaatsing van een voor de 51 m³ schoon water benodigde water behandelingssysteem bestaande uit een hoge druk pomp met een filter en een omgekeerde osmose drinkwater bereidingsinstallatie is praktisch goed uitvoerbaar (Aquatechnic.nl). De biologische gezondheidsrisico's zijn daarmee beheerst. Op basis van een eenvoudig systeemontwerp blijkt een investering van circa 2100 euro voldoende te zijn. De filters gaan een beperkte tijd mee en leiden tot een bijvoorbeeld jaarlijks terugkerende kostenpost.

Van het voor douchen, koken en drinken benodigde water is het grootste deel, circa 40 m³, voor douchen nodig. Teruggerekend per dag is het warm water verbruik dus circa 136 liter. Dit zou betekenen dat een warm tapwater boiler inhoud van 150 a 200 liter voldoende is. Dit stemt ook overeen met de grootte die door Schans en Thercon in het gesprek op 5 juni 2013 werd geadviseerd. Als zelf gewonnen en gefilterd water door het warm tapwater systeem gebruikt wordt moet het een waterdruk hebben die met de waterleidingdruk overeenkomt. De druk is in de Drinkwaterwet onder artikel 32 lid 1 wel genoemd maar niet in een getalswaarde vastgelegd. In praktijk ligt de druk tussen 1.5 en 3.5 bar. De maximaal toelaatbare druk is op 4.0 bar gesteld maar in flats kan hij incidenteel oplopen tot 5.0 bar. Waterleidingbedrijven richten zich op 2.5 bar druk van het water aangeboden bij de watermeter.

In een opvangvat voor zelf gefilterd drink water is de druk nul. Het middel om dit water met de juiste druk aan het warmtapwatersysteem aan te bieden is een hydrofoor, een pomp die de druk aan de

uitgang op een bepaald niveau houdt. Deze apparaten zijn op de markt verkrijgbaar voor de particuliere markt.

Ook kan gekozen worden voor een drukloos schoonwater buffervat van waaruit via een aparte hydrofoor het schone water weer verder wordt geleid. Een geschikt type zou bijvoorbeeld de Aquapresso1 van Aquacombi zijn. Met 12 liter per minuut is de capaciteit ruimschoots voldoende om de 7 liter per minuut van de douche aan te kunnen. Een dergelijk apparaat gebruikt dan 370 Watt elektrisch vermogen (aquacombi.nl).

Als resultaat van deze maatregelen is een vermindering tot nul drinkwaterleidingwater verbruik te realiseren. Het loskoppelen van het drinkwaterleidingnet is op deze wijze technisch binnen bereik.

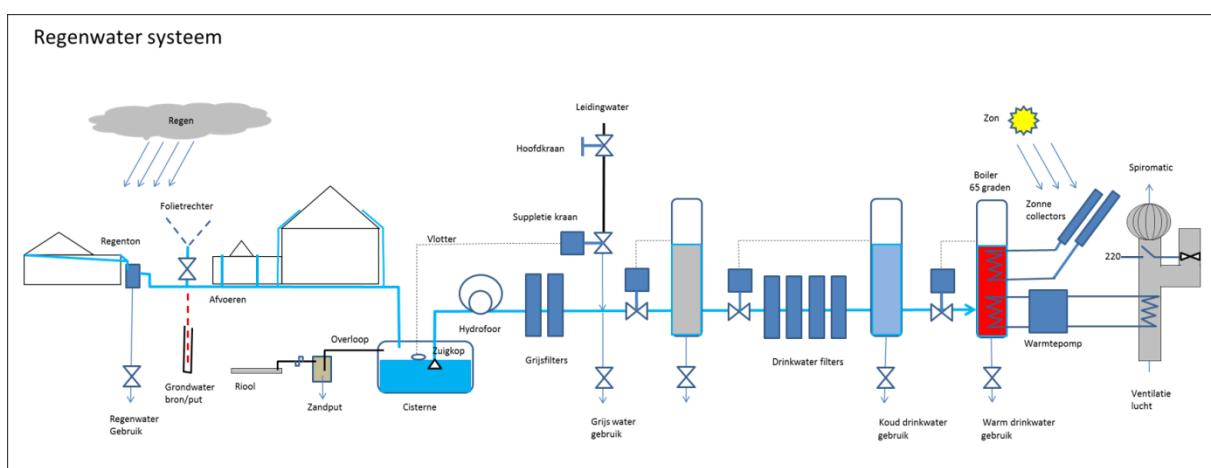
Verdere vermindering van riool lozing

Wat voor effect levert de eventuele toekomstige aanleg van een regenwatersysteem op de riool lozing op?

-De installatie van een regenton, een cisterne en een grijs water filter systeem zou tot gevolg hebben dat er 40 m³ regenwater per jaar van de daken wordt opgevangen in de cisterne in plaats van dat het via de regenpijpen in het riool wordt geloosd.

-De cisterne verdeelt het opgevangen regenwater over twee delen: een grijs water circuit dat 67 m³ per jaar verbruikt en een overloop van 6.5 m³ naar de tuin via een zandput. Van de 67 m³ grijs water gaat in totaal 16 m³ per jaar direct naar wasmachine, wc boven en schoonmaakkraan in de keuken en na gebruik door naar het riool. De overige 51 m³ worden via schoon drinkwater bereiding als warm en koud tapwater verbruikt. Via een hydrofoor, een warm tapwater boiler met zonnecollectors en via de koud drinkwaterkranen belandt dit schone water in de douches, wastafels en in de gootsteen van het aanrecht. Bij het bereiden van eten en drinken verdwijnt circa 1 m³ uit circulatie door verdamping en opname in eten en drinken. Circa 20 m³ loopt, na gebruik in de douche boven, via het eco-toilet en pas na hergebruik in het riool. De rest van 30 m³ loopt na gebruik rechtstreeks door naar het riool.

Het ontwerp van een compleet watersysteem zou er als volgt uit kunnen gaan zien:



2013 Concept ontwerp voor een 'autarkisch' watersysteem

Er zijn in theorie dus twee doelen met het geschetste complete watersysteem te realiseren:

1-minder of geen leidingwater gebruiken,

In plaats van -na diverse besparingen- 61 m³ leidingwater (komend vanaf 97 m³) per jaar te verbruiken, komen regen-, grijs- en drinkwater nu uit het eigen winningssysteem en is het leidingwaterverbruik tot nul gereduceerd, kortom 100% vermindering.

2-minder water in het riool terecht laten komen.

In totaal komt in de tuin nu 108 m³ en in het riool 66 m³ afvalwater per jaar terecht.

Dit betekent een vermindering van 135 naar 66 m³ per jaar lozing naar het riool ofwel 49% vermindering.

Afweging

Hoewel in theorie een compleet watersysteem technisch realiseerbaar is en een loskoppeling van het waterleidingnet dus uitvoerbaar is, kleven er ook nadelen aan. Een eigen watersysteem, zoals in de voorgaande hoofdstukken beschreven, leidt tot een lichte vermindering van comfort maar vooral tot nog onbekende risico's voor de gezondheid.

Opgevangen regenwater bevat veel bestanddelen die aan dat risico bijdragen. In de literatuur wordt gewaarschuwd voor de chemische stoffen en de organische bestanddelen die vanuit de lucht en vanaf de dakbedekking worden meegevoerd met het opgevangen regenwater. Bitumineuze stoffen, zware metalen, rotting bacteriën, pollen en vogelpoep zijn de belangrijkste daarvan.

De benodigde installatie is verder nog tamelijk omvangrijk en ingewikkeld. Een voldoende grote, vorstvrij te houden binnenruimte die de diverse tanks, kleppen en filters zou moeten gaan herbergen is er in huis 1938 eenvoudigweg niet. Dat betekent dat het behoud van comfort als randvoorwaarde bij dit transitieproject hier in het geding is. Een grote ondergrondse opslagtank die vorstvrij blijft zou moeten worden bijgebouwd. Er is daarom besloten de realisatie van de cisterne en de daarbij horende systemen voor waterbehandeling voor onbepaalde tijd uit te stellen.

Het uiteindelijke systeem zou zowel 'schoon' leidingwater voor consumptie als 'grijs' water, gefilterd en opgepompt uit een regenwater cisterne, voor gebruik in overige toepassingen moeten leveren.

(7)Uitbreidingen en verbeteringen

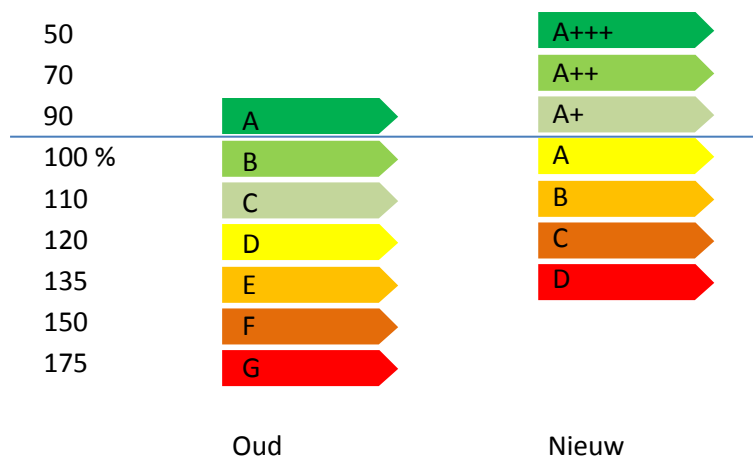
Enkele verbeteringen aan de duurzaamheid van de in huis 1938 al bestaande apparatuur zijn al binnen de looptijd van het project gerealiseerd. Andere zijn voorbereid zodat ze in de toekomst mogelijk zijn. Het project beoogt ook rekening te houden met voorzienbare toekomstige verbeteringen en uitbreidingen. Dit heeft slechts een beperkte impact op het ontwerp en de uitvoering van het project. Voor zover mogelijk zijn de hierbij interessante onderwerpen verkend en is na wat afwegingen een concept ontwerp vastgesteld.

(7.1)-Zuiniger en duurzamere apparatuur kiezen

Apparatuur wordt -als die aan vervanging toe is- nieuw ingekocht. Hierbij is het zaak een zuiniger type te kiezen dan het bestaande apparaat. Ruime mogelijkheden zijn hier aanwezig omdat de witgoed handel bij veel producten een energielabel heeft. Hiervoor is een bescheiden besparing geraamd van 5% van het totale elektriciteit gebruik binnen de 4 jaar looptijd van het project. Er zijn geen investeringen of kosten in het project voor opgenomen omdat de apparatuur toch al aan vervanging toe was. Het belangrijkste middel dat een consument ter beschikking heeft bij de keuze voor zuinige apparatuur is het energielabel.

Dat lijkt een eenvoudig concept maar in praktijk zijn het invoeren van een nieuw label en de introductie van steeds zuiniger producten door marktpartijen de oorzaak van grote onduidelijkheid. Waar bij de oorspronkelijke invoering de schaal A . . . G was, is nu het hoge energie gebruik deel D tot en met G vrijwel buiten gebruik geraakt. Met een uitbreiding aan de lage energie kant is voorbij A een reeks met A+, A++, enzovoorts verschenen. De schalen hebben verschillende waarden voor verschillende typen apparaten. Zo is A++. . .E voor verlichting in gebruik en A+++. . .D voor koelkasten. Verder is de invoering van een nieuw energielabel voor stofzuigers per medio 2014 en voor ruimteverwarming en waterverhitters pas per 2015 te verwachten. De geplande introductie van nieuwe labels na 2015 verschilt nog steeds per type apparaat. Daarnaast worden de kleuren verschoven om nieuwe scherper gestelde eco-doelen te onderstrepen. Een ooit groene A wordt zo bijvoorbeeld een oranje A. Verder zijn producenten gehouden aan veranderende wettelijke voorschriften die er toe hebben geleid dat het ene type product vanaf A+ en het andere vanaf D is toegelaten. Verschillende gedeelten van de per product type verschillende schalen zijn daarmee verboden gebied (Koek et al, 2014). De EU energielabels zijn er voor bepaalde apparaten wel en voor andere (nog) niet. Een apparaat met label "A+++" is ruwweg 50% zuiniger dan "A". Dit verschilt overigens aanzienlijk per soort apparaat (newenergylabel.com). Dit chaotische beeld maakt vergelijking tussen oude en nieuwe apparaten bijzonder lastig.

Toch is het energielabel nodig om een energiebewust besluit over de aanschaf van nieuwe apparatuur te kunnen nemen. Hiervoor is als gegevens ontbreken eventueel de volgende vereenvoudigde werkelijkheid te gebruiken:



Wasmachine

In het verbruiksmodel staat de wasmachine voor 98. kWh/jaar. De model berekening gaat uit van een verbruik van 1020 Watt gedurende 2 keer een uur per week gedurende 48 weken per jaar. Dit zijn 96 wasbeurten. Het waterverbruik daarvoor is op 5. m³ per jaar geraamd. Er kan per keer maximaal 8 kg was in maar dat wordt meestal niet volledig benut.

Verder heeft de bestaande Bosch Aquastar 1200 wasmachine een (oud) label B. Wasmachines zijn nu te koop bijvoorbeeld met een (nieuw) label A+++. Op 8 maart 2013 wordt een AEG Lavamat L71670FL met A+++ label door BCC bij huis 1938 afgeleverd. Op dezelfde dag is hij aangesloten. Een directe vergelijking tussen het oude B label en het nieuwe A+++ label is bijzonder lastig (Beeep, 2012). Het energiegebruik is per stap grofweg 10% lager en oud A is vergelijkbaar met nieuw A+ dus mag uitgegaan worden van niet vier maar drie stappen (B;A/A+;A++;A+++) verbetering, en dus naar schatting 30% minder stroomverbruik bij een onveranderde manier van gebruiken.

Het nieuwe energielabel gaat uit van 220 wasbeurten per jaar. Er zijn formules voor de consument op internet geplaatst om de vergelijking tussen wasmachines met oude en nieuw labels mogelijk te maken (energielabel.nl).

Op het bij de nieuwe wasmachine meegeleverde energielabel is te zien dat bij 9 m³ waterverbruik in een jaar 167 kWh elektriciteit nodig is. Er kan per keer 7 kg was in. De oude machine waste 96x8 kg per jaar en verbruikte 98 kWh en 5 m³ water. De nieuwe machine zal 8/7x96 wasbeurten nodig hebben voor diezelfde hoeveelheid was en verbruikt dan $8/7 \times 96 / 220 \times 167 = 83$ kWh en $8/7 \times 96 / 220 \times 9 = 4.5$ m³ water. Dit is circa 15% minder elektriciteit en 10% minder water.

De genoemde vergelijkingsformules geven voor de oude machine aan: $E(\text{oud}) = 165 \times 98 / 96 + 10 = 178$ kWh/annum. Op het label van de nieuwe machine staat 167 kWh/annum, ongeveer 7% minder.

Tenslotte is nog een vergelijking van het energiegebruik per cyclus te maken. Bij de oude machine was dit $98/96 = 1.02$ kWh/cyclus, bij de nieuwe is het $167/220 = 0.76$ kWh/cyclus, ongeveer 25% minder. Conclusie: de besparing ligt ergens tussen 7% en 25% van 98 kWh/jaar. De nieuwe zuinigere wasmachine gaat op 9 maart 2013 in bedrijf.

Koelkast

Het zelfde energielabel probleem geldt voor de bestaande Siemens-Bosch koelkast KGV2400 met oud energielabel B. Ook heeft hij wat afwijkende afmetingen waardoor hij precies in het hoekje tegenover de kookplaats past. Het verbruik is niet precies bekend omdat er bij de aankoop nog geen op een standaard manier vastgesteld verbruik voor op het energielabel was. Op het internet zijn wel

voor vergelijkbare Bosch koel-diepvriescombinaties van 55 cm breed en 150 cm hoog gegevens te vinden. Bijvoorbeeld type KDV24V00 dat 286 kWh/jaar verbruikt en energiekلاسe A heeft. Het verbruik van vergelijkbare types varieert sterk en ligt tussen 272 en 300 kWh per jaar. Het Infocentrum-Bosch in Hoofddorp schat het verbruik zelfs op meer dan 365 kWh per jaar (Bosch, 2013). Op basis hiervan moet worden aangenomen dat het verbruik van de oude koelkast dus minstens 275 kWh per jaar was maar wellicht zelfs 365 kWh/jaar. Daarmee is hij de grootste elektriciteitsverbruiker in huis 1938 bij het begin van het project op 1 oktober 2012. Dit klopt met de landelijke cijfers: een gemiddelde koel-vries combinatie in een huishouden heeft een gemiddeld verbruik van 286 kWh/jaar en daarmee gaat circa 18% van het stroomverbruik op aan koelen en vriezen. De perceptie bij een koel-vries combinatie is echter dat hij niet bijzonder opvalt tussen het witgoed (Schuitema & Steg, 2005).

Welke keuze aan zuiniger of anders werkende koel-vries kasten is er beschikbaar? In de meeste caravans zit een koelkast standaard al ingebouwd, die omschakelbaar is tussen het 220 Volt lichtnet, een 12Volt accu of propaangas. Op bio-gas werken of op PV paneel zonnestroom of op een met zonne energie opgeladen accubatterij lijkt technisch dus ook mogelijk.

Kan koelen 100% duurzaam? Waarmee kan je nog meer iets koel houden? Misschien zou de ijskelder uit de middeleeuwen opnieuw in zwang moeten raken. Een kuil in de tuin met bodem, wanden en deksel bekleed met isolatiemateriaal maken is goed uitvoerbaar. Hem in de winter volscheppen met ijs zal moeilijker zijn maar kan wel door het deksel open te zetten en met regenwater uit een cisterne langzaam vol te laten lopen en bij koud weer laten bevriezen. De 'ijskast' zou dan ook kunnen terugkeren in een hedendaagse vorm: een kast waarin brokken ijs, afkomstig uit de voorraad in de ijskelder, de etenswaren in de keuken koel houden. Een afvoer terug naar de cisterne voor het smeltwater completeert het geheel. Erg praktisch is dit alles niet. Na een zachte winter is er zo geen ijs.

Elke koelkast heeft nu een warmtepomp die de binnen lucht als warmte afgifte punt gebruikt. Het grondwater van 10 graden Celsius gebruiken als koude bron zou gunstiger zijn dan de bestaande binnen lucht van 20 graden Celsius. Er zou van binnen in de keuken ter plekke van de koelkast een boorgat naar een bodem warmtewisselaar nodig zijn. Behalve om praktische redenen is hiervan ook afgezien omdat de warmte door het jaar heen meestal goed van pas komt bij het verwarmen in huis. Kan met meer exotische concepten gekoeld worden? Met een Peltier element is het is mogelijk maar het rendement is aanmerkelijk lager (COP van 0.3 – 0.5) (Min & Rowe, 2006) dan met de thermodynamische cyclus in het koelmedium van een gewone koelkast (COP van 3.0 tot 6.0) (Ait-Ali, 1996).

In huis 1938 is gekozen voor een systeem dat 220 Volt als centrale energievoorziening beoogt. De ergonomische "driehoek" in de keuken moet blijven en dus moet een vervangende koelkast daar ook kunnen staan.

Een rode jaren 50 retro design koelkast type SMEG FAB28LR1 is met label A++ (EU, 2010) zuiniger met energie. Hij kost 839,- euro (Deschouwwitgoed.nl) oplopend tot 999,- Euro (Bemmel-Kroon). De PKV154ROO retro koelkast van Pelgrim is net zo rood en kost 779,- Euro (Mediamarkt.nl). Beide typen passen niet precies in het hoekje waar de oude koelkast op 1 oktober 2012 staat. De SMEG past er het best. Op 29 augustus 2013 wordt deze geleverd door SMEG Outlet Amsterdam voor 829,- Euro. Alles past er precies weer in. Op het bijgeleverde label staat A++ en een verbruik van 180 kWh/annum. Dit is 35% minder dan het geschatte minimale verbruik van de oude koelkast en 51% minder dan de door de toenmalige leverancier opgegeven waarde na circa 10 jaar veroudering.

Wasdroger

De wasdroger is in het begin van het project buiten bedrijf gesteld. In het verbruiksmodel staat hij voor 64. kWh/jaar. Op 16 maart 2013 werd hij voor 40 euro via Marktplaats verkocht aan een pas getrouwd jong stel in Tiel. Het wasrekje in de achterkamer op de 1^e verdieping verhuist naar de zolder en het altijd op een kier staande raam op de 1^e verdieping gaat dicht. De was wordt vanaf 3 april 2013 alleen nog op de zolder aan de waslijn of op het wasrekje bij het raam van de dakkapel op een kier gedroogd. In de winter van 2012 - 2013 blijkt dat goed te werken.

Magnetron, fornuis en oven

In het verbruiksmodel staat de magnetron voor 55. kWh/jaar op de lijst. Waar koken het meest energiezuinig op gas kan, kan eten opwarmen het meest energiezuinig met een magnetron. Eten bakken kan energiezuinig in een hete lucht oven, ook als die elektrisch is. Opwarmen met de magnetron is de helft zuiniger dan opwarmen op een gaspit (consumerenergycenter.org). Er zijn combinaties van een magnetron en een hete lucht oven op de markt. Deze apparaten zijn er in verschillende uitvoeringen. Energie gebruik door altijd aan staande klokken of displays moet worden vermeden. De afmetingen zijn ook van belang: groter betekent meer energiegebruik. Goede keuzes kunnen zo het energieverbruik met tot 30% beperken (Consumentenbond.nl - C).

Een combinatie van magnetron en hete lucht oven is de meest milieuvriendelijke aanschaf (milieucentraal.nl).

Een dergelijke "combimagnetron" en een kookplaat zijn samen aanmerkelijk compacter dan het oude ETNA 1681 RVS/IS gasfornuis met elektrische oven en de oude PROline SM107 magnetron van 1150 Watt.

Er zijn veel verschillende combimagnetron uitvoeringen op de markt. Er zijn er maar weinig met een energielabel "AA". De Sharp Combi-magnetron R-898AL-AA heeft met 26 liter inhoud maar net plaats voor een rechthoekige glazen ovenschaal. Een diepvries pizza, laat staan het grote ronde blik voor de paella, gaat er niet in (Sharp.nl). De eerstvolgende op het web aangetroffen kandidaat heeft energielabel A: Miele H 6600 BM RVS met 76 liter inhoud. Deze lijkt groot genoeg. De prijs is met 2068 euro erg hoog (keukenhuys.nl). De overgrote meerderheid van de combi magnetrons wordt via internet op prijs en levertijd aangeboden zonder vermelding van het energielabel. Zoeken is daarmee niet goed mogelijk. Er is eerst een verkenning in de witgoed winkels of een vergelijking op technische specificaties voor nodig.

Die aanduiding "AA" is niet door de EU bepaald maar door de producenten. Voor wasmachines geven die bijvoorbeeld ook "A-30%" als aanduiding. Het probleem is dat dergelijke aanduidingen niet rechtstreeks vergelijkbaar zijn met de EU energielabel aanduidingen. De EU energie labels zijn er voor bepaalde apparaten wel en voor andere (nog) niet. Voor combimagnetrons zijn ze er in november 2014 niet (newenergylabel.com).

Bij het afkoppelen van het aardgasnet is een alternatief voor het koken nodig. Op propaangas koken of een elektrische kookplaat zijn -technisch gezien- eenvoudig te realiseren zonder de kookgewoonten in huis 1938 aan te passen. De investering in een propaan kookplaat en wat leidingwerk is te overzien. In plaats van de oven in het gasfornuis en de oude magnetron zijn bijvoorbeeld een inductiekookplaat en een combimagnetron geschikt als vervanging. Verder onderzoek aan duurzamer koken leverde een all-electric inductiefornuis met hete lucht oven op.

Koffiezet apparaat

Koffie zetten eindigt hoog op de lijst van elektriciteitsverbruik. Een vervanging op termijn door een zuiniger apparaat zal een bescheiden besparing opleveren. Het ontwerp is gemaakt voor een thermoskan zodat er geen energie verslindend warm-houd plaatje met thermostaat in gebruik is. Op korte termijn zijn wel twee besparingen mogelijk die de duurzaamheid vergroten: een kunststof koffiefilter en het verkleinen van de te zetten hoeveelheid filterkoffie.

Vanaf november 2012 is met de ingebruikname van een permanent kunststof koffiefilter voor 10.95 Euro het verbruik van filterzakjes verleden tijd (factoryprices.nl). De koffie smaakt evengoed als voorheen . . .

Stofzuiger

Met het in gebruik nemen van een Dyson DC23 Origin stofzuiger, in plaats van een Miele S3111, al enige tijd voor 1 oktober 2012, was ook het verbruik van papieren stofzuigerzakken verleden tijd. Ook de filters hoeven bij de Dyson niet te worden vervangen (stofzuigerstore.nl).

Te zijner tijd zal een nieuwe stofzuiger conform de nieuwste EU richtlijn ([EU, 2013](#)) worden aangeschaft om verdere energiebesparing te bereiken.

Draadloos

De ICT systemen in huis 1938 zijn aan voortdurende veranderingen onderhevig. Steeds nieuwe aanbiedingen en combinaties leiden er toe dat telefonie, internet en TV samen worden aangeboden. De vaste telefoonlijn krijgt daardoor weer een centrale rol terug nadat steeds meer mensen overgingen naar draadloos bellen en de vaste lijn verdween. Na de enkele telefoon die in 1984 op de vaste telefoonaansluiting zat en de grote kleuren TV in de woonkamer zijn in 2013 maar liefst 5 telefoontoestellen, 6 computers, 3 TV toestellen en 5 afstandsbedieningen in gebruik. Zelfs de zonnepanelen hebben een omvormer die Wifi heeft (ongebruikt maar toch . . .). De smart meters aan elektriciteit en gas hebben draadloos contact met de nutsbedrijven. Vrijwel al de apparaten zijn draadloos met elkaar of met de buitenwereld verbonden. De kabels die in de loop der tijd alle muren hebben doorboord en de afstanden hebben geslecht verdwijnen langzamerhand weer . . .

Analoge antennekabel

Aanvankelijk was er een antennekabel met analoge TV signalen (kabel TV) waardoor plaatsing van een TV antenne op het dak bij huis 1938 niet nodig was. Na een plaatselijk centrale antenne bedrijf werd uiteindelijk een van de grote landelijke kabels er eigenaar van. Digitale TV, HD-TV en allerlei ICT diensten deden langzamerhand hun intrede. Analoge TV raakte verouderd en in onbruik. De antennekabel concurreerde met de telefoonkabel maar met de komst van een glasvezelnetwerk konden opeens ook de meest veeleisende ICT diensten via de telefoonkabel worden aangeboden. Eind augustus is daarvoor een “alles in een” deal met KPN gesloten. Voor de TV boven is een digitenne abonnement aangeschaft. Dat blijkt niet direct nodig want de al dertig jaar in gebruik zijnde centrale antennekabel blijft een analoog signaal leveren na afsluiting van het Ziggo account. De kwaliteit hiervan en de zenderkeuze zijn beperkt zodat uiteindelijk toch de digitenne apparatuur is geplaatst. Op 20 februari 2014 is de Digitenne apparatuur in werking. De analoge TV antennekabel is zo niet langer in gebruik en kan op dat moment worden afgekoppeld. Op 11 april is het derde TV toestel - werkend maar onbruikbaar - naar de kringloop winkel gebracht.

(7.2)-Uitbreiding met PV zonnepanelen

In 2014 zijn de zonnepanelen 2 jaar in gebruik. Een mooi moment om een eerste balans op te maken. De 9 eerst geplaatste PV zonnepanelen leveren ongeveer 1700 kWh per jaar op. Daarvan komt ongeveer 1000 kWh als teruglevering ten goede aan de vermindering van de elektriciteitsrekening. Kunnen er nog meer PV zonnepanelen bij ?

Er is op het huis op het dak aan de voorzijde nog plaats voor 3 extra PV zonnepanelen naast de eerder geplaatste 3. Op het schuine dak aan de zuidkant van de werkplaats passen nog 8 extra panelen. Er is dan nog een aantal stukken vlak dak over waarop nog meer panelen passen. Het gunstigst is de veranda waar nog eens 5 panelen op passen. Met een vast steunframe voor de juiste schuinite zijn die panelen optimaal op de zon te richten. Dat zou het totaal aantal PV zonnepanelen - in theorie- op $6+3+6+5+2=22$ brengen. Dat aantal is goed voor $22/9 \times 1700 = 4155$ kWh per jaar, nog binnen het maximale criterium van 5000 kWh voor de teruglevering tegen standaard tarief.

Extra zonnepanelen zijn niet alleen nuttig als vergroting van het in huis 1938 opgewekte vermogen en voor de financiële opbrengst via saldering. Ze zijn ook nodig om de elektrische energie voor het warmtepompsysteem, de warmwatervoorziening en een kookplaat te verschaffen.

Schatting

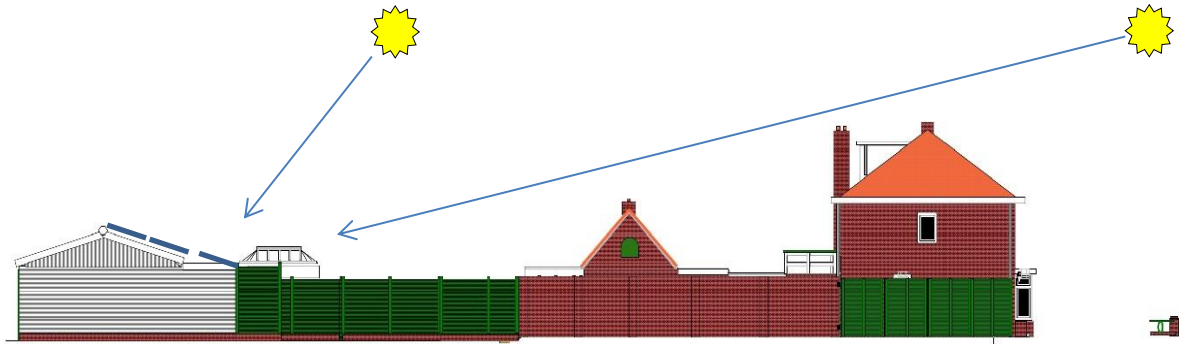
De metingen van het netto elektriciteitsgebruik laten zien dat de plaatsing van de eerste 9 PV panelen leidde tot een daling van 2500 naar 600 kWh/jaar. Dat is 211 kWh/per jaar per paneel. De plaatsing van de eerste warmtepomp zorgde voor een stijging van 600 naar 800 kWh/jaar. Bij een volgende, tweede, warmtepomp komt er dus ruwweg opnieuw 200 kWh/jaar aan verbruik bij. Voor de derde warmtepomp is minder nodig, circa 100 kWh/jaar. Om naar een jaargemiddelde van 0 kWh stroomverbruik te komen is compenseren van het restverbruik met extra PV zonnepanelen de aangewezen weg. De vraag rijst dan hoeveel extra panelen er nodig zijn.

Voor een bij de tweede warmtepomp in te bouwen warmtepomp boiler bedraagt het jaarverbruik naar schatting 300 kWh/jaar. Een elektrische kookplaat gebruikt circa 350 kWh/jaar.



December 2015 Op het schuine dak van de werkplaats passen nog $6+2=8$ extra panelen. Op de veranda kunnen er, met een voldoende schuin montageframe, nog eens 5 bij.

Dat brengt het totaal aan elektra rest-jaarverbruik op $800+200+100+300+350=1750$ kWh/jaar. Dat is te compenseren met $1750/211=8.3$ extra panelen. Het totaal aantal moet dus volgens deze ruwe schatting minimaal $9 + 8.3 =$ (naar boven afgerond) 18 zonnepanelen worden. Dit zou betekenen dat er nog minimaal 9 panelen bij moeten.

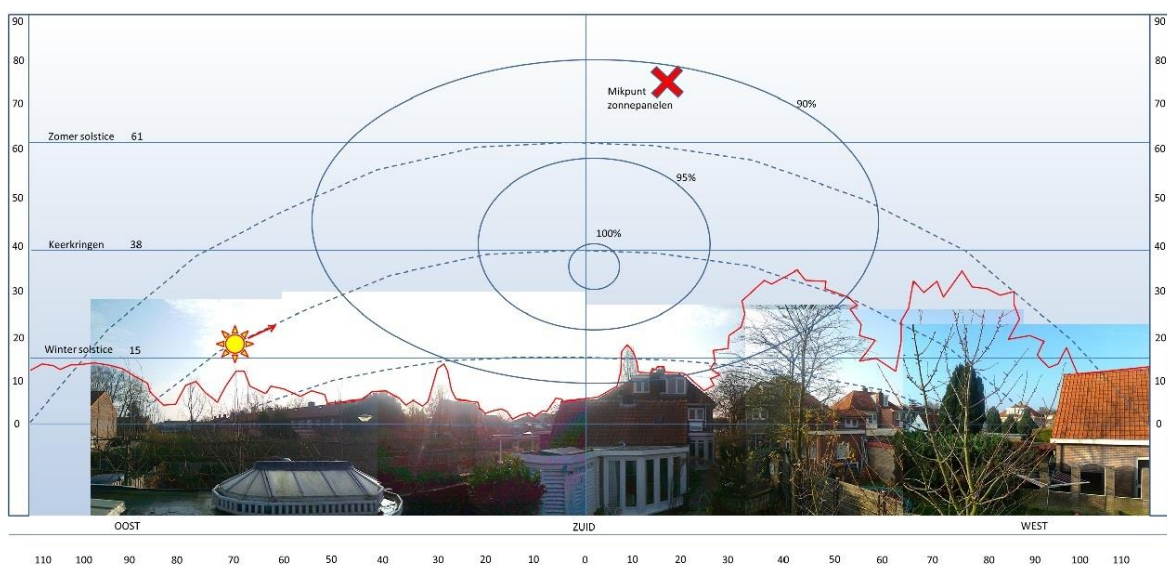


Het dak van de werkplaats en de veranda nader beschouwd

Tilt factor en opbrengst

Het dak van de werkplaats ligt vrijwel op het zuiden, het is tussen zuid en zuidzuidwest gericht om precies te zijn. Het dak op de werkplaats ontvangt voor een groot deel van de dag en het hele jaar door zonlicht uit alle instralingshoeken tussen de hoogste (61.5°) en de laagste (14.5°) zonnestanden.

Niet alleen direct invallend zonlicht speelt een rol, ook diffuus licht van de rest van de hemel koepel doet mee. Bij mooi helder weer met een blauwe lucht is het bij de horizon lichter dan recht boven bij het zenit. Bij bewolkt weer is dit effect er niet of zelfs andersom. Hoewel direct zonlicht op een naar het zuiden gericht paneel in Nederland op 52 graden noorderbreedte in theorie maximaal is bij een hellingshoek van $90^\circ - 52^\circ = 38^\circ$ graden, levert de 'tilt-factor' bij gemiddeld weer over het jaar een iets beter resultaat bij 30° schuinite op. Het garagedak helt tussen 11° en 15° en een zonnepaneel is op die plaats daarmee nog voor iets meer dan 90% efficiënt (Siderea.nl).



De zuidelijke hemel gezien vanaf het dak van de werkplaats. De rode X geeft het mikpunt van de loodlijn op de zonnepanelen aan. Dit punt valt binnen het 90% efficiency gebied.

Obstakels en opbrengst

Vanaf de zonnepanelen gezien is het blikveld niet helemaal ongestoord. De zuidelijke hemel is aan het begin van het transitie project nog geheel bedekt aan de oostelijke helft door een grote berk. Nadat die is verwijderd resten nog een paar kleinere bomen aan de westelijke kant die naar schatting minder dan 5% van het directe zonlicht tegenhouden. Ook het topje van de koepel op de kas geeft bij lage zonnestand wat schaduw.

Esthetische afweging

Verder is er nog een esthetische overweging. De 3 PV zonnepanelen op het dak van het huis aan de straatkant ontsieren het jaren 30 huis toch een beetje. Als ze naar de veranda achter verplaatst zouden worden is het esthetische probleem verholpen. Op de werkplaats en de veranda is het totaal bereikbare aantal panelen $6+6+5+2=19$. (Met een grote constructie aan de andere kant van de nok zou er zelfs nog een rij van 6 panelen op het dak passen maar dit is technisch niet aantrekkelijk.) Dat aantal betekent dat er gemiddeld over het jaar zelfs wat energie 'over' is. Een toekomstige elektrische auto opladen of een straalkachel in de douche in de winter gebruiken voor de uitzonderlijk koude dagen kan daarmee dus ook, terwijl het netto elektriciteitsgebruik per jaar nul blijft. De overige vlakke dak delen zijn relatief vaak in de schaduw en minder geschikt voor zonnepanelen. Zo is op het naar het zuiden gerichte dak van de zolder op de uitbouw -in theorie- nog plaats voor PV panelen. In de wintermaanden is de zonnestand echter zo laag dat dit dak grotendeels in de schaduw van het huis valt en er weinig opbrengst te verwachten is. Twee vlakke plaat zonnecollectoren voor warm tapwater zouden dit stukje dakoppervlak in de zomer nog goed kunnen benutten. Het kan ook heel anders. Een bewegend, zich op de zon richtend, zonnepaneel wordt onder de naam Smartflower op de markt gebracht. Met een opbrengst van 3200 kWh per jaar voor een aanschaf bedrag van 13000,- euro is dit wel een erg dure oplossing (Smartflower.com). Eind 2015 verschijnt in de pers een eerste bericht over een gerealiseerd zonnedak dat uit dakpannen met zonnecellen er op bestaat. Pannen en zonnecellen zijn zwart en ook duur. Voor huis 1938 met de kenmerkende rood-oranje dakpannen biedt dit geen aantrekkelijk alternatief . . .

Verbruiksmetingen

Op 30 november 2016 staat de CV een maand uit en zijn de drie warmtepompen een maand in bedrijf. De maand november 2016 heeft tamelijk zacht weer gehad maar er was ook een paar keer nachtvorst. Even aannemend dat deze maand als gemiddelde voor het winterseizoen van 4 maanden mag gelden en dat de warmtepompen de andere 8 maanden slechts een kwart van het winterverbruik per maand hebben, ontstaat een volgende iets minder ruwe schatting van het nieuw te verwachten elektra jaarverbruik. Aflezen van de meterstanden levert een maandverbruik in november 2016 van 690 kWh. Voor het hele jaar wordt dat met deze aanname dan ongeveer $4 \times 690 + 8 \times 690 / 4 = 2760 + 1380 = 4140$ kWh/j.

Na meting en registratie over alle maanden van december 2013 t/m november 2015 van de opbrengst van de 9 zonnepanelen blijkt dat de opbrengst 212 kWh per jaar per zonnepaneel is, dicht bij de eerste schatting van de opbrengst per paneel van 211 kWh/jaar dus. Om gemiddeld over het hele jaar energieneutraal te zijn zouden dus $4140 / 212 = 19.5$ afgerond naar 20 zonnepanelen totaal nodig zijn. Dat zou betekenen dat er nog 11 extra panelen bij moeten. Dit houdt echter nog geen rekening met onzekerheden, nieuwe aanschaf van apparatuur en variaties in de opbrengst als gevolg van het weer. Hiervoor is toevoegen van 2 extra panelen een oplossing. Toevoegen van 13 panelen op de werkplaats en de veranda zal dus tot een 'energie-neutraal' huis leiden met nog een

een kleine overgebleven marge van 10 % voor onzekerheden, meer schaduw effecten en geleidelijke zonnecel degradatie.

Afweging

Om tot een nul-energie huishouden te komen is uitbreiding naar in elk geval 20 zonnepanelen noodzakelijk. Er is achter het huis op de werkplaats en veranda plaats voor maximaal slechts 19 panelen. De esthetisch minder fraaie 3 zonnepanelen op het dak aan de voorzijde kunnen dus niet allemaal naar de werkplaats worden verplaatst zodat ze niet langer vanaf de straat te zien zijn. Verplaatsen om esthetische redenen zou inhouden dat “nul op de meter” niet gehaald zal worden. Hiervoor is daarom niet gekozen en de 3 panelen op het dak aan de voorkant van het huis blijven dus zitten.

De uitbreiding naar 19 zonnepanelen op de werkplaats levert totaal 22 panelen op huis 1938 op. Dit betekent het toevoegen van 13 panelen in het voorjaar van 2016. Het realisatie werk houdt het volgende in:

- Plaatsen van 13 nieuwe panelen op de werkplaats, in één groep van 13 panelen waarvan 5 panelen op de veranda op een hoekframe.
- Aanleg van nieuwe bekabeling door de tuin
- Plaatsen van een nieuwe omvormer in de kast onder de trap
- Aansluiten van deze nieuwe omvormer aan de 220 Volt leiding naar de meterkast.
- Koppelen aan de zonnestroom meter zodat van alle panelen de opbrengst in beeld is.

Uitvoering

Op 9 december 2015 wordt, gebaseerd op dit werkplan en na opmeten op het werkplaatsdak, een offerte aangevraagd bij PTW elektrotechniek voor plaatsing van 13 panelen met de zelfde schuinte, compleet met ondersteuning, kabels en omvormer. De gewenste realisatie datum is uiterlijk maart 2016.

Na een kleine e-mail wisseling komt op 27 januari 2016 de offerte van PTW voor 13 panelen binnen en wordt de opdracht verleend. Het geheel gaat 4465,- euro kosten. Levering zal in week 6 gaan plaatsvinden.

Op de offerte staat dat de panelen zonder schaduw 2400 kWh/jaar gaan opleveren. Dit is minder dan de voorspelling van $13 \times 212 = 2756$ kWh/jaar uitgaande van de bestaande paneel opbrengst. In totaal leveren de 9 bestaande en de 13 nieuwe panelen dan naar schatting $9 \times 211 + 2756 = 4664$ kWh/jaar. Dit is circa 10% boven de -grof geraamde- behoefte van 4140 kWh/jaar.

Daarmee is het elektriciteitsverbruik gemiddeld over het jaar nul en waarschijnlijk 500 kWh/jaar negatief geworden. Verbruiksmeting in de jaren na de installatie zal dat moeten uitwijzen. Hierbij is ook de schaduw van de koepel op de kas en van de omringende bomen van belang.

Die installatie vindt op 12 februari 2016 plaats. Het zonnetje laat zich op deze frisse winterdag even zien en het werk verloopt vlot. Om 08.00 uur begint PTW met uitladen het en om 15.30 uur is het geheel van 13 panelen en een nieuwe omvormer in bedrijf gesteld.



1



2



3



4

12 februari 2016 - De 13 extra zonnepanelen komen er bij.

- 1 Bevestiging op het pannendak
- 2 Bevestiging op het platte dak
- 3 De eerste 8 extra panelen zitten er op
- 4 Vanuit de tuin zijn ze bijna niet te zien
- 5 Instellen van de omvormer onder de trap



5

(7.3)-Windgenerator

Wind energie opvangen is in principe aantrekkelijk omdat het soms ook 's nachts waait als PV zonnepanelen geen stroom leveren.

Op de dakkapel bij de nok van het dak is de beste plaats voor iets dat windenergie op vangt. Wat zou dat "iets" kunnen zijn?

Een zoektocht op het internet levert een groot aantal soorten en uitvoeringen van windgeneratoren op. Ze zijn in drie hoofdgroepen in te delen: horizontale as-, verticale as- en overige typen.

Horizontale as

De windmolens met horizontale as zijn het bekendst. De klassieke Hollandse molens bij Kinderdijk zijn wereldberoemd. Ook de Amerikaanse veelbladige windmolen is een klassieker. De windmolens met een horizontale as zijn inmiddels tot een grote familie uitgegroeid. Ze zijn er zowel heel klein, op bijvoorbeeld een caravan of een plezierboot, als heel groot, in de windmolenparken voor de Noordzeekust. Ze zijn er met een concentrator ring, de "ducted fans", en met rechte of gekromde bladen zoals de "Loopwing" en de "Windball". Ze zijn er ook als schoepen in een tonvormige opstelling, zoals de "Windpod" en ze kunnen alleen of met heel veel stuks tegelijk werken zoals in de "Array" of "Serpent" vormen.

Verticale as

De tonvorm met schoepen, de "Savonius" rotor, is veel toegepast op schoorstenen en op ventilatie punten. Ze zijn er in kleine, zoals de "Aspiromatic", en grote uitvoeringen. Ze kunnen in bol- en cilinder vorm zijn uitgevoerd. Het nog niet gebouwde "Maglev concept" ontwerp heeft een nagenoeg cilindrische rotor die hoger is dan de Domtoren in Utrecht. De groep windgenerators met verticale as is in de loop der jaren uitgebreid met twee of meerbladige "Darrieus" rotors, met fraai gekromde "Helix" schoepen, met spiraalbladen en met tijdens het draaien bewegende schoepen.

Overige typen

De wind kan op alles wat in de luchtstroom staat een kracht uitoefenen. Zo kan een gespannen draad gaan trillen, een aan een veer gemonteerd vaantje gaan slingeren, een lange paal kan heen en weer gaan buigen en op het oppervlak van omstroomde objecten kunnen wisselende krachten optreden. Ook kan een windgenerator hoog in de lucht aan een ballon of een vlieger worden bevestigd. Er zijn zelfs ontwerpen waarbij een ballon door de wind gaat draaien om zijn as.

Windgenerator en huis 1938

Met 1 of 2 kleine windgeneratoren op een paal op of het dak zou - in theorie - tot 1000 kWh per jaar te oogsten zijn. De opbrengst hangt van de grootte van de generator en van de plaats waar hij staat af. Er zijn bij huis 1938 een paar belangrijke beperkingen. De eerste is dat huis 1938 gelegen is in een woonwijk met veel bomen in het wind-arme midden van het land. Een windgenerator in stedelijk gebied stuit verder op rijksoverheid beleid, op hinder voor omwonenden, op sterkte problemen van het dak, op trillingen in huis, op vergunning problemen en op een beperkte effectiviteit (www.milieucentraal.nl). Aan de genoemde beperkingen wordt gewerkt. Zo hebben de TU Eindhoven en enkele particuliere bedrijven een met het dak geïntegreerd windgenerator concept ontwikkeld (irwes.com, 2013). Het principe lijkt aan een groot deel van de bezwaren tegemoet te komen. Het is wellicht ook toepasbaar voor bestaande woningen. In mei 2015 lees ik in de krant dat er windmolens zonder wieken mogelijk zijn !

Afweging

Interessant maar nadeel bij al die vormen is wel de aantasting van het 'jaren dertig' uiterlijk bij huis 1938. Enkele gemeenten zijn bezig met onderzoek hoe een vergunningenbeleid te ontwikkelen. Ook bedrijven zijn bezig met ontwikkelen van windturbines die passen bij particuliere woningen ([agentschap.nl/duurzame energie in uw woning](http://agentschap.nl/duurzame-energie-in-uw-woning)). Zelfs in hout worden nieuwe rotorbladen ontwikkeld. (EAZ Wind, 2015) Als kleine windmolens op prijs-prestatie niveau getest worden is hun opbrengst teleurstellend. Men stelt zelfs de vraag of ze daadwerkelijk een bijdrage aan verbetering van het milieu leveren (Lowtech Magazine.be). Een overzicht van windmolenprestaties voor verschillende typen laat zien dat zelfs bij de nieuwste ontwikkeling, de manshoge LIAM Urban Windturbine, die opbrengst tot circa 1200 kWh opbrengst per jaar bij 5 m/s gemiddelde windsnelheid beperkt blijft (dgem.nl). Voor huis 1938 is de jaargemiddelde windsnelheid in de periode 1981-2010 echter minder dan 3.5 m/s (klimaatatlas.nl) Een windgenerator is voor huis 1938 dus niet aantrekkelijk en valt daarmee voor dit transitieproject af.

(7.4)-Systeem stroomregelaar

Huis 1938 elektriciteit komt na installatie van zonnepanelen deels uit eigen productie en deels van het 220 Volt net. Dat blijft zelfs zo als er gemiddeld meer energie wordt opgewekt dan dat er verbruikt wordt. Vanwege het wisselende energiegebruik en het fluctuerende geproduceerde vermogen is deze koppeling aan het 220 Volt net dus technisch nodig. Koppeling met het net is ook financieel nodig want voor een vergoeding voor de aan de nutsvoorziening terug geleverde energie moet aan de voorwaarden voor saldering worden voldaan.

Een van die voorwaarden is dat er niet meer dan een bepaalde hoeveelheid wordt teruggeleverd. Een andere voorwaarde is dat het om "grid-tied inverters" (het geïnstalleerde type omvormers) gaat. Als het 220 Volt net uitvalt schakelen deze omvormers automatisch uit. Er is dan geen stroom meer terwijl de energievraag in huis 1938 onverminderd aanwezig is en de opwekking van elektrische energie vanuit de eigen zonnepanelen eveneens beschikbaar blijft. Dit is een onbevredigende situatie die bij het zeer betrouwbare 220 Volt net in Nederland overigens gelukkig maar gemiddeld 30 minuten per jaar voorkomt (Netbeheer Nederland, 2013).

De omvormers zijn om veiligheidsredenen nu verplicht zo geschakeld. Een monteur die aan het uitgevallen 220 Volt net werkt zou door toch doorgeleverde zonnestroom elektrocutiegevaar lopen. Het huis 1938 elektrisch systeem is geheel gescheiden van de zonnestroom opwekking. Als het net weer 'opkomt' gaan de omvormers weer aan. Andersom werkt het anders: als er een stop van een groep doorbrandt of de aardlekschakelaar schakelt het hele huis 1938 systeem uit zullen de omvormers op zonnestroom ongehinderd doordraaien. De daar op aangesloten energie opwekkers leveren in dat geval gewoon door omdat hun "grid-tied-converter" nog steeds 220 Volt/50 Hz binnen krijgen.

Noodstroom voorziening

De eerste vraag is of doorleveren vanuit PV zonnepanelen ook bij 220 Volt net uitval -binnen de geldende regels geheel of gedeeltelijk- toch kan, bijvoorbeeld via een apart noodstroom circuit. Het lijkt immers technisch mogelijk om de opgewekte gelijkspanning vanuit de zonnepanelen af te takken vóór de ingang van de omvormers. Dit aftakken kan automatisch in werking treden via een schakelaar die reageert op het uitvallen van het 220 Volt net. Omgekeerd moet bij weer opkomen van het 220 Volt net deze aftakking weer worden beëindigd.

Er ontstaat bij dit doorleveren echter ook een nieuw soort situatie. De fluctuerende energie opwekking moet aan de momentane energievraag in huis 1938 voldoen. Er is niet altijd meer een 'oneindig groot' net beschikbaar waar surplus energie altijd naar toe kan. Afschakelen van een deel van de opwekking of het surplus naar een energie opslag leiden is dan nodig. Als de vraag groter is dan het opgewekte vermogen moet het tekort ergens vandaan komen. Dat kan bijvoorbeeld uit een energie opslag in de vorm van een accubank of vanuit een (bijvoorbeeld op bio-diesel lopend) noodstroom aggregaat komen. Deze gecompliceerde, snel en automatisch uit te voeren taken maken een soort 'systeem stroomregelaar' nodig. Dit regelaar concept wordt niet voor particuliere woningen mee geleverd door de energiemaatschappijen of door zonnepaneel installateurs. Met een dergelijke regelaar zou een noodstroom voorziening technisch wel mogelijk zijn. De regelaar kan op verschillende manieren worden ontworpen: heel basaal op basis van gelijkspanning of, wat gecompliceerder, op basis van wisselspanning. Een experimentele opstelling op vakantiepark Bronsbergen door energieleverancier Liander heeft laten zien dat de combinatie van opslag in accu's en opwekking met PV zonnepanelen tot een autonoom werkende lokale elektriciteitsvoorziening kan leiden. Op een schaal die aanmerkelijk groter is dan die van een enkel huishouden blijkt het goed mogelijk om een lokaal 220 Volt netwerk zowel autonoom als aan het landelijk net gekoppeld te laten functioneren. Bij uitval van het landelijk net blijft het lokale net gedurende een bepaalde tijd in de lucht. Bij hervatten van stroom levering op landelijk niveau koppelt het lokale net weer veilig aan (Liander.nl). Ook op de schaal van een enkel huishouden is het mogelijk. Aan de uitgang van de daarvoor meest geschikte zonnepanelen, ofwel aan de ingang van hun omvormer, is een extra aansluiting te maken die de opgewekte gelijkspanning aftakt.

Noodcircuit 220 Volt wisselspanning

In een 220 Volt noodcircuit op zonnestroom is een autonome omvormer noodzakelijk. Die maakt 220 Volt, 50 Hz van de opgewekte zonnepaneel gelijkspanning zoals in de normale situatie de "grid-tied-inverters" dat ook doen. Het probleem is hier dat de 50 Hz van dit noodcircuit niet synchroon loopt met het 220 Volt net en dat apparatuur dus niet veilig tegelijkertijd aan zowel het 220 Volt systeem in huis 1938 als aan een dergelijk apart 220 Volt noodcircuit gekoppeld kan zijn. Dat betekent dat bij uitval van het 220 Volt net bijvoorbeeld op het niveau van een hele groep naar het noodcircuit moet worden omgeschakeld. Ook dit kan in principe met behulp van een enkele schakelaar worden gedaan. Ook bij het weer 'opkomen' van het 220 Volt net moet de schakelaar van een dergelijke groep weer teruggezet worden. Hiermee blijven de twee net- en nood-220 Volt voorzieningen steeds gescheiden. Automatiseren van de schakelaar via een relais schakeling is mogelijk. Eenvoudiger is het om het noodcircuit als 'appliance' ofwel 'gebruiker' handmatig aan een 12V-220V omvormer/accubank systeem of een aan een noodaggregaat te koppelen. Als een groep zo omgestoken wordt van het 220 Volt net naar het 220V Volt noodcircuit is er altijd een volledige elektrische scheiding. Apparaten kunnen aan beide circuits (het 220 Volt net en het 220 Volt noodcircuit) aangesloten worden maar niet tegelijkertijd met beide circuits verbonden zijn. Een accubank kan via het 220 Volt net steeds in opgeladen toestand worden gehouden. Het noodstelsel tapt dan na uitval van het 220 Volt net de gelijkstroom af van de accubank en middels een aparte omvormer levert het 220 Volt aan het aparte 220 Volt noodcircuit. Dit zou met stekkerdozen en kabels in een aparte kleur -bijvoorbeeld blauw- kunnen worden uitgevoerd. Nadeel van deze handmatige omschakeling is dat hij traag verloopt en dat de stroomvoorziening dus wel degelijk even hapert.

Bij gevoelige ICT apparatuur is een piek- en dip-loze overgang bij netstroom uitval belangrijk. Hiervoor is een heel snelle overname nodig met een 'uninterruptible power supply' (UPS) die de tijd, nodig voor het opstarten van een (biodiesel) noodaggregaat of voor het veilig uitschakelen van ICT apparatuur, overbrugt. In de handel zijn allerlei maten en soorten 'no-break power supplies' beschikbaar die op apparaat niveau of voor het hele huis in te zetten zijn. Dit is verder niet uitgezocht omdat er geen gevoelige apparatuur is die tot schade door net-uitval kan leiden in huis 1938. Daarmee valt dit aspect buiten de doelstelling van het huis 1938 transitieproject. Ook als bij net uitval de zon niet schijnt is een accubank als energiebron voor een beperkte tijdsduur een logische volgende stap. Als er te weinig of geen energie vanuit de zonnepanelen beschikbaar is zal een autonome omvormer via het noodcircuit niet genoeg stroom leveren. Om dan het tekort aan vermogen ergens vandaan te kunnen betrekken is een accubank of, vanwege lawaai minder aantrekkelijk, maar wel langer inzetbaar, een noodaggregaat nodig, bijvoorbeeld op biodiesel ([welke-kiezen-kopen.nl](#)). Op benzine en geluidsarm kan het ook, de Powermate PMI 2000 (2kW) kost 765,- Euro en de Honda EU10i (1 kW) kost 965,- Euro ([gentec.nl](#)).

Noodcircuit gelijkspanning

Een gelijkspanning noodcircuit dat betrouwbaar werkt kan het best ook aan een accubank worden gekoppeld en niet rechtstreeks aan de PV zonnepanelen. Een accubank kan alleen speciaal daarvoor geschikte apparatuur veilig rechtstreeks van gelijkspanning voorzien. Dit gelijkspanningsysteem heeft voor huis 1938 niet de voorkeur hoewel het eenvoudig is en kan beginnen als een 220 volt laad apparaat, verbonden aan een 24 Volts accubank. Aan een klein gelijkspanning noodstroom circuit kunnen alleen speciaal daarvoor geschikte apparaten worden aangesloten. Dat zou betekenen dat er van elk aan te sluiten apparaat naast een 220 Volt exemplaar ook een 24 Volts uitvoering in huis 1938 aangeschaft moet worden.

Autarkisch systeem

De grootste uitdaging voor een volledig zelfstandig, ook wel Autarkisch systeem genoemde stroomvoorziening is om bronnen en verbruikers in huis 1938 goed te reguleren. Zonnepanelen en een bio-diesel aggregaat zijn de bronnen en de huis1938 installatie en de accu-bank energie opslag zijn verbruikers. Dergelijke systemen zijn op de markt verkrijgbaar en vinden hun weg naar caravans, campers, vakantiehuisjes en afgelegen woningen. Het gedrag van de bewoners is een zeer belangrijke factor bij het welslagen hiervan. Onder andere in de "Earthship" type woningen is dit uitgebreid beproefd. Bij huis 1938 is autarkie niet het doel omdat een koppeling aan een "grid" duurzamer is ([Rotmans, 2012](#)).

Regionaal of lokaal systeem

De "grid" gedachte houdt in deze case study voorlopig in dat huis 1938 aan het landelijke 220 Volt net gekoppeld blijft. In de nabije toekomst zou dat een regionaal, lokaal of zelfs nog kleinere gebiedjes, bijvoorbeeld een straat, met een eigen "grid" kunnen leiden. TNO heeft het Powermatcher concept hiervoor ontwikkeld en experimenteert er mee in Groningen ([TNO.nl, 2014](#)). Dit systeem reguleert de bronnen en verbruikers in huis en stemt af op de omstandigheden in het lokale "grid". Dit concept vereist een "smart-grid" waarin ook omgevingsfactoren mee beschouwd worden ([Cecati, 2011](#)).

Een conclusie over een systeem stroomregelaar is niet zinvol zonder de mogelijkheden voor energieopslag nader te verkennen. Daarover gaat het volgende hoofdstuk.

(7.5)-Energieopslag systeem

Er zijn diverse manieren van energie opslag denkbaar. Zo is een voorraad aanleggen van fossiele brandstof een vorm van energieopslag. Niet alleen brandstof, ook warmte, beweging, druk of elektriciteit die duurzaam wordt gemaakt zou zelf kunnen worden opgeslagen. Er zijn dus veel soorten energie opslag die in een enkel huishouden zouden kunnen passen.

Brandstof

Eenvoudig zou de opslag van bio-diesel zijn, maar ook duurzaam gewonnen brandbaar gas is denkbaar. Met overvloedige zonnestroom en CO₂ gemaakt of uit een vergistingsinstallatie opgewekt methaangas is ook denkbaar. Gewone benzine kan ook maar is niet duurzaam. Bio-ethanol als brandstof ligt technisch moeilijker en is twijfelachtig als het op duurzaamheid aankomt.

Mechanisch

Opgeslagen energie in een perslucht tank is als aandrijving voor een mechanisch apparaat direct inzetbaar. Uit een vliegwiel kan dat ook.

Warmte

Warmte kan in de bodem worden opgeslagen, koude ook. Dit biedt grootschalig, in bijvoorbeeld een woonwijk of een terrein met kassen, goede mogelijkheden om warmte uit de zomer in de winter te benutten, en andersom ook koude van de winter in de zomer.

Warmte kan ook kleinschalig in een 'phase-change' materiaal bewaard worden ([Khudair et al, 2004](#)) ([Tyagi et al, 2007](#)). Er zijn 'zoutbuffers' in de handel waarin warmte aan- of afvoer een fase verandering veroorzaakt: smelten of stollen en de daarbij horende warmte. Deze fysische omzetting van de stof gebeurt rondom 23 graden Celsius, een handige temperatuur in een woning.

Met een chemische omzetting en de reactiewarmte kan het ook. Een systeem ter grootte van 5 m³ met magnesiumchloride-hydraat zou seizoensopslag op de schaal van 1 huishouden mogelijk moeten kunnen maken. Er is een enkele tientallen m² groot zonnecollector oppervlak bij nodig waarmee 's zomers de warmte opslag gevuld wordt. De ontwikkeling verkeert in 2010 nog in de laboratorium fase ([Brunner, 2010](#)).

Op 3 oktober 2014 haalden twee Lichtenvoordense broers het NOS journaal met een phase change / warmtepomp / zonnecollector concept dat ze in bestaande kruipruimten van woningen kunnen plaatsen. De gasrekening kan in veel huishoudens naar nul , betogen ze, als voor 15000,- euro een 5 m³ groot systeem wordt aangeschaft ([solarww.nl](#)). Ironisch genoeg is dat moment enkele weken na het vervallen van de kruipruimte in huis 1938 ten gunste van een geïsoleerde betonvloer met vloerverwarming bedoeld voor aansluiting op warmtepomp nummer 2.

Elektrisch

Elektrische energie in de vorm van lading in een condensator (een 'capacitor bank') is direct beschikbaar. In 'no-break power supplies' gebruikt men ze om de eerste seconden tot minuten te overbruggen tot een noodaggregaat aangaat.

Deze soort opslag is, net als de mechanisch opgeslagen energie in een snel draaiend vliegwiel met een dynamo, vooral geschikt voor onmiddellijke en kortdurende energie teruglevering ([Energieleveranciers.nl](#)).

Potentiele energie

Water, opgepompt tegen de zwaartekracht in naar een hoog gelegen plaats, gebruikt men als een grootschalige manier van energie opslag. Deze nu 'potentiele' energie moet eerst weer via een turbinegenerator in een waterkrachtcentrale naar elektriciteit omgezet worden om hem in te kunnen zetten. Deze vorm is aantrekkelijk voor een elektriciteitsnet in een aantal landen met een gezamenlijk net. Op de schaal van een enkele woning kan dit in principe, weliswaar kortdurend, maar toch ook worden toegepast. Er zijn kleine turbines te koop maar die zijn het best in te zetten in een stromende beek of rivier (Microhydropower.com). De meeste woningen in Nederland zijn niet aan een beekje gelegen. In praktijk zou opslaan van potentiele energie in water leiden tot het oppompen naar een tank bovenin een soort watertoren in de achtertuin. In Macapa, Noord Brazilië, is zo'n watertoren – overigens alleen voor watervoorziening bedoeld – normaal in het straatbeeld, zo bleek uit de virtuele wandeling. Dit heeft ook nadelen. Water heeft al gauw een groot gewicht en kan bij lekkage veel schade aanrichten. Een grote tank binnen op zolder is dus niet zonder meer veilig. Maar is dat oppompen wel een bruikbaar idee?

Stel, het is toegestaan om met een klein windmolentje geheel duurzaam wat regenwater naar omhoog te pompen, hoeveel kWh is dan uit 1 m³ opgepompt water in een bak op bijvoorbeeld 5 meter hoogte te winnen? De potentiele met een turbine te winnen energie bedraagt bij benadering:

$$E_{\text{pot}} = f \cdot M \cdot g \cdot H$$

Hierin is:

- M massa, hier 1000 kg.
- g versnelling van de zwaartekracht, 9.81 m/s²
- H valhoogte, hier 5 m.
- f rendementsfactor, hier 0.75 voor een turbine ([Sonneveld et al, 2011](#)).

De wind-watertoren in de achtertuin kan dus opleveren: $0.75 \cdot 1000 \cdot 9.81 \cdot 5 = 36788 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$.

Deze 36788 Joule is omgerekend met 1 kWh=3600 kJ gelijkwaardig met 0.01 kWh aan terugwinbare elektrische energie, ofwel een uur lang 10 Watt. Dit is een teleurstellend kleine hoeveelheid energie, zeker in verhouding tot de in te zetten middelen.

Voor een woning is opslaan van energie pas zinvol als het openbare 220 Volt net de ter plaatse opgewekte surplus stroom niet zou kunnen opnemen of bij net uitval de eigen opwekking te kort schiet. Tekort aan energie is vanuit een dergelijke opslag binnen de woning aan te vullen. Surplus energie zal naar een opslagvoorziening in huis moeten worden geleid of de opwekking moet worden gestopt.

Waterstof

Rifkin's waterstof economie voorziet ook in decentrale opslag van energie. Het vullen van een waterstoftank gebeurt in zijn visie langs de weg van de elektrolyse, een techniek die al lang bekend is ([Quakernaat, 1992](#)). De wetenschappelijke speurtocht naar de ideale katalysator bij het splitsen van water in H₂ en O₂ met opgewekte wind- en zonnestroom loopt echter nog ([Hoed, 2008](#)), net als de zoektocht naar de beste opslagvorm voor mobiel transport ([DOE-EERE, 2013](#)). Waterstof winnen uit een elektrolyse proces op zonne energie is mogelijk maar duur. De waterstof technologie biedt (nu nog) geen geschikte mogelijkheden voor particuliere huishoudens.

Chemisch - Accu batterij

Een ontwerp met accubatterijen lijkt voorlopig de enige haalbare en praktische mogelijkheid in een woning. Gebaseerd op de gedachte dat het huis aan een "grid" verbonden zou moeten blijven zal het

ontwerp van een decentrale opslag van elektrische energie rekening met het 220 Volt net moeten houden. Dat kan op verschillende manieren met chemische stoffen in accu batterijen.

Een mogelijke uitvoering van een “grid-tied” (aan het 220 Volt net dus) opslag voorziening met accu’s bestaat uit vier delen:

A-een laadregelaar

Een bepaalde soort accu’s dient op een bepaalde wijze te worden opgeladen. Als de energie opslag vol raakt zal de laadstroomregelaar de energietoevoer stoppen. Een ruwe dimensionering voor huis 1938 leidt tot een benodigde capaciteit van circa 500 Ampere uur. Met bijvoorbeeld de Samlex 80 Ampère automatische lader geschikt vanaf 400 Ah van Samlex kan een geschikte AGM accubank worden opgeladen met 14.8 volt laadspanning.

B-een accubank

De accubank bestaat bijvoorbeeld uit 4 stuks MT-AGM 120 MT 12 volt accubatterijen van fabrikant AGM leverbaar via Mobilenergy a 120 Ah per stuk in parallelschakeling. Zo is er 480 Ah capaciteit beschikbaar waarmee het volledige elektriciteit gebruik in huis 1938 gedurende ongeveer 12 uur achtereen te leveren is.

C-een autonome omvormer

Een omvormer zoals bijvoorbeeld de HQ 12V Zuivere sinus Omvormer, 2000/2200W van Mobilenergy zet de geleverde 12 Volt uit de accubank om in 220 Volt/50Hz wisselspanning. Met dit apparaat kan 2000 Watt continu worden geleverd.

D-een gescheiden 220 Volt noodstroom circuit aan de uitgang van de omvormer

Met aparte bekabeling en stekkerdozen in een afwijkende kleur is hier veilig mee om te gaan.

Voor huis 1938 zou uiteindelijk kunnen worden gekozen voor een accu-laadbank als energie opslag die een 24 Volts gelijkspannings noodcircuit een bepaalde tijd kan voeden. Omdat de 220 Volt net spanning gemiddeld slechts 30 minuten per jaar uit valt volstaat enkele uren als maximaal benodigde tijdsduur voor werking van het noodcircuit.

Ontwikkelingen

Midden november 2014 haalt een 100 jaar oud batterij ontwerp van Edison, de Nikkel-ijzer batterij, het NOS journaal. Bij de TU Delft werken onderzoekers aan een verbeterde versie daarvan omdat dit type batterij een lange levensduur en een korte laadtijd heeft en uit goed verkrijgbare materialen bestaat. Tussen 1912 en 1918 werden elektrische auto’s gemaakt door de Detroit Electric Car Company die van dit type batterij voorzien waren. Tegenwoordig importeert men ze uit China van het fabricaat Changhong uit Sichuan (stafco.be).

In december 2014 zorgt de Duitse nutsgigant Eon voor wereldnieuws. Het bedrijf gaat zich opdelen in twee stukken: een met de oude kolen- en kerncentrales en een met duurzame energie ([Visser, 2014](#)). Begin mei 2015 staat in de krant dat Tesla met een combinatie van oplaadbare batterijen en een soort systeemregelaar op de markt gaat komen. De ze “Powerwall” bevat een Lithium-ion accu en levert tot 10 kWh voor 3500 dollar. De opslagcapaciteit is genoeg voor ongeveer een dag en het systeem bevat ook een soort systeemregelaar functie. Op 21 december 2015 meldt het NOS journaal dat Eneco dit product in vanaf begin 2016 in een 7 kWh uitvoering op de markt zal brengen in

Nederland. In één adem wordt brandgevaar genoemd. Een kortsluiting of oververhitting kan leiden tot een moeilijk te blussen brand of zelfs explosie. Toch maar buiten het huis omringd door stenen muren plaatsen dus . . .

Afweging

Het concept van de “Powerwall” is ook met andere typen accubatterijen te realiseren. De vraag is of elektriciteitsmaatschappijen dit centraal moeten aanbieden of dat miljoenen huishoudens dit decentraal zouden moeten doen. Het lijkt op het eerste gezicht een goed idee om in elk huis een eigen opslag te maken. Het maakt afsluiten van het net voor de meeste huis eigenaren helaas niet mogelijk want in een bebouwde kom zijn geen windmolens toegelaten en in de winter is er ook geen eigen energie opwekking met zonnepanelen beschikbaar. Opslag van bijvoorbeeld een maand stroombehoefte vergt vele kubieke meters accu per woning en ligt daarmee ver buiten de praktische mogelijkheden. Dat betekent dat behoefte aan de aanschaf van miljoenen noodaggregaten, om decentraal ook in de donkere winter periode zelf energie te kunnen maken, gaat ontstaan.

Het centrale concept lijkt toch aantrekkelijker. Al die miljoenen noodaggregaten en voor consumenten ontworpen omkastingen kunnen vervallen als de centrale de opslag op industriële schaal aanpakt. Het grillige verbruiksgedrag zou zo zelfs beter hanteerbaar voor de netbeheerder zijn, immers een opslag kan sneller bijspringen dan dat een centrale bijgeschakeld kan worden. Het bestaansrecht van elektriciteitsleveranciers zou wel eens aan deze vorm van centrale energie opslag verbonden kunnen zijn. Deze problematiek is niet binnen het kader van deze transitie in huis 1938 nader te analyseren, laat staan op te lossen.

Als centraal realiseren van energie in de toekomst opslag concreter vorm gaat krijgen is aanschaffen van een opslagvoorziening niet zinvol. Ook niet vanuit de gedachte om stroomverbruik binnen een etmaal te “egaliseren”. Als decentraal opslaan meer in zwang raakt en centraal opslaan niet wordt ontwikkeld zou de opslag in de accu van een elektrische auto via de laadpaal in de tuin de voorkeur hebben. Dat zou betekenen dat -hoe dan ook- op korte termijn de aanschaf van een accubatterij nog niet verstandig lijkt.

De overweging dat het huishouden in huis 1938 steeds kwetsbaarder voor stroomuitval is, leidt tot de wens om wel een eigen 220 Volt noodstroom voorziening te maken. Die is alleen geheel gescheiden van de bestaande 220 Volt net gebonden installatie te realiseren en zou een aggregaat moeten bevatten. Dit 220 Volt noodstroom circuit zou vanwege de veiligheid aparte bekabeling en stekkerdozen in bijvoorbeeld een rode kleur moeten krijgen. Alleen de hoogst noodzakelijke apparatuur zou aangesloten mogen worden. Welke functies dat betreft is in te zien met behulp van het volgende tabelletje. Bij toenemende tijdsduur worden steeds meer functies kritisch. Het tabelletje is gemaakt voor het slechtste geval: een koude en donkere winter avond.

Tijdsduur stroom uitval	1min	1uur	1dagdeel	1etmaal	1week
Verlichting	x[kaarsen]				
Telecom, ICT, opladen		x[batterijen]			
Radio/TV		x			
Koelkast			x		
Verwarming			x		
Koken, douchen, wassen			----->	x[alternatieven]	
Overige functies					x[alternatieven]

Een noodstroom circuit zou dus - na de kaarsen en na leegraken van de batterijen – het best voor noodverlichting en voor oplaadpunten kunnen zorgen. Ook telecom, ICT, radio en TV zijn na vrij korte tijd van belang. Daarna volgen koelkast en tenslotte verwarming. Beiden leiden binnen een dag tot problemen. Een koelkast is nog wel op een klein noodcircuit aan te sluiten maar bij de 3 warmtepompsystemen is dat minder gemakkelijk. Die hebben eigen groepen en vooral een groot stroomverbruik. Een oplossing zou zijn om alleen de 1^e warmtepomp op een noodcircuit te laten werken. Zo niet dan ontbreekt een snel inzetbaar duurzaam alternatief voor de verwarming. Alternatieven zoals een houtkachel of een propaangas kachel zijn bij het begin van de transitie in 2012 niet aanwezig in huis 1938. Voor andere functies zoals koken, douchen en wassen is noodstroom niet nodig omdat er alternatieven voor het maken van warm water voorhanden zijn zoals koken op een kampeer gasstel. Dit heeft wel het veroorzaken van meer CO₂ als nadeel. Aggregaten hebben dat ook hoewel bij de keuze van brandstof nog onderscheid naar de mate waarin dat een klimaatinvloed heeft mogelijk is.

Aggregaten voor de consumentenmarkt leveren van 1000 tot 8500 Watt continu vermogen, afhankelijk van hun grootte en uitvoering. Bij gebruik van een noodstroom circuit is voor 10 LED lichtpunten, 2 batterijladers en de TV aan, na stroom uitval op de bewuste koude winteravond, het stroomverbruik af te bakenen op minder dan 200 Watt. (Zie bijlage 1) Voor de onderdelen van warmtepomp WP-1 is een elektrisch vermogen van circa 3000 Watt opgegeven in de technische documentatie van de leverancier Toshiba. Dat zou betekenen dat een noodaggregaat voor huis 1938 tot circa 4000 Watt totaal zou moeten kunnen leveren. Een geschikt type zou hier bijvoorbeeld de Yanmar GP4500 (Diesel) zijn die in de handel is voor 2900,- Euro. Ook geschikt zou de SDMO HX 4000 (Benzine) zijn die 1050,- Euro kost (gentec.nl).

Conclusie: Dit project is niet direct nodig, is relatief duur in verhouding tot de mogelijke gevolgen van de huidige geringe stroom uitval in Nederland en heeft weinig met duurzaamheid van doen.

Realisatie

Omdat een noodcircuit met voldoende vermogen voor verwarmen niet direct nodig blijkt is als volgend doel het beschikbaar hebben van noodverlichting mogelijk wel haalbaar. Dat kan eenvoudig, duurzaam en goedkoop. De oplossing bestaat dan uit een aantal (zak)lampen met LED lampjes met oplaadbare batterijen. In 2016 aan het eind van de transitie zijn ze er.

(7.6)-Autolaadpunt plaatsen

Het ontwerp van het elektrisch systeem moet op termijn met een autolaadpunt uit te breiden zijn. Helemaal zeker is de noodzaak daarvan nog niet maar elektrische auto's zijn duidelijk in opmars. Elektrische auto's zijn er al lang, in 1835 reden ze voor het eerst. De motor werkte dankzij accu's waarin de elektrische energie was opgeslagen.

Opladen

De accu's moeten opgeladen zijn voor dat zo'n auto te gebruiken is. Een paal met een laadsnoer in de voortuin, voldoende dicht bij de elektrische auto om die langdurig op te kunnen laden is daarvoor nodig. Wanneer het alleen om auto batterijen opladen gaat is het laadpunt een simpele "appliance" waarvan de stekker in het stopcontact kan worden gedaan.

De ontwikkelingen op het gebied van laadmethodes (mode 2 via het 220 Volt stopcontact, mode 3 opladen met krachtstroom met control pin en omvormer en mode 4 met gelijkspanning snel laden), stekkers (Mennekes, CHAdeMO, Combo) met laadtijden variërend tussen 0.5 en 11 uur hebben nog niet tot een uniforme standaard geleid (Nederlandelektrisch.nl).

Accu wisselen

Veel sneller dan ‘opladen’ werkt een accu-wisselsysteem, ook dat concept bestaat al lang. Als de infrastructuur voor elektrische auto’s daarop gebaseerd zou worden is er geen laadpaal in de voortuin noodzakelijk. Wisselen zou dan gemakkelijker bij ‘e-tankstations’ plaats kunnen vinden. In 1890 reed er voor het eerst een elektrische tram met loodaccu’s tussen Den Haag en Scheveningen. Al in 1904 werd om bedrijfseconomische redenen een bovenleiding aangelegd ([Donselaar et al, 1994](#)). De geschiedenis lijkt zich hier te herhalen want, net als rond 1900, lijkt ook nu het accu-wissel concept niet voldoende aan te slaan. Het op Schiphol in 2012 gevestigde en door de EU mede gefinancierde Battery Switch Station voor elektrische taxi’s (BetterPlace.com) ging in al in 2013 failliet (Duurzaambedrijfsleven.nl). Behalve accu’s wisselen lijkt er ook nog een verwisseling van alleen de accuvloeistof mogelijk. De ontwikkelingen van deze nieuwe flow-accu zijn echter nog niet zo ver gevorderd dat er een product rijp is voor de markt (Fraunhofer.de). Bij huis de accu opladen lijkt voorlopig dus een goede strategische keuze.

De auto als opslag voor energie

Andersom kan het ook. Als in de auto een H₂ (waterstof) gas brandstofcel zit kan de auto het huis van stroom voorzien. Hiervoor is er een extra omvormer nodig die, net als bij zonnepanelen, gesynchroniseerd 220 Volt aan het systeem in huis aflevert. Dit concept is al op de STER reclame te zien, maar het vergt voor toepassing in huis 1938 nog nader onderzoek. Er loopt wel een praktijktest in Lochem en er zijn plannen voor een grotere test in Amsterdam. ([Trouw, 14 mei 2014](#)) In de Utrechtse wijk Lombok staan er al twintig: “retourpalen” (energieleveranciers.nl).

Er is nog een collectief aspect aan ook: als het mooi weer is komt er veel te veel elektrische zonne-energie in het 220 Volt net terecht. Er is nog geen collectieve opslag voor zonne-energie en wind-energie aan het net. De grootste in theorie nu beschikbare opslagcapaciteit van dit moment zijn de auto accu’s van de meer dan 7.7 miljoen auto’s in Nederland ([Beuningen et al, 2012](#)). De elektrische auto kan zo dus een toekomstige oplossing voor het opslaan van surplus opgewekte decentrale zonne- en wind stroom zijn. In dit geval moet de laadpaal geschikt zijn voor twee richtingsverkeer. Het huis en de auto zouden elkaar zo afwisselend van stroom kunnen voorzien. Bij huis 1938 is dit tijdens de transitie nog niet aan de orde maar de mogelijkheden moeten open blijven.

De zonne-auto

Op zelf met zonnepanelen opgewekte stroom autorijden geeft een grote duurzaamheidswinst. Minder benzine, minder CO₂ uitstoot en lagere kosten maken dit een aantrekkelijke ontwikkeling. Een voertuig met zonnepanelen er boven op dat geen laadpaal nodig heeft zou het ideaal zijn. De Nederlandse inzendingen voor de wedstrijden met voertuigen op zonne energie laten al meer dan 10 jaar zien dat dit goed mogelijk is. De NUON/TU Delft teams gooien hoge ogen (Nuon.com, 8-8-2013). Het kan ook kleinschalig : in Spakenburg rijdt sinds 2012 een elektrische tuktuk op zonne energie rond (Rtvutrecht.nl 2 aug 2012). Decentraal, bij huis, de accu opladen met zonnestroom lijkt dus zowel om strategische redenen als vanwege de duurzaamheid een goede keuze.

Elektrische auto's

In het najaar van 2014 begint een inventarisatie van de concrete mogelijkheden. Welke keuzemogelijkheden zijn er tussen iets zoals een tuktuk en een racewagen zoals de Nuna7 ? Het aanbod is sterk in ontwikkeling. In oktober 2014 zijn er 15 elektrische auto's op de markt. De kleinste is de Renault Twizy, een tweepersoons voertuig zonder deuren met een actieradius van 100 km. De introductie van nog eens 8 elektrische auto's wordt voor het eind van 2014 verwacht. Ook zijn er hybride modellen, 14 in totaal, op de markt en daarvan komen er op korte termijn nog 8 typen bij. Tenslotte zijn er 5 typen auto met een brandstofcel.

Al meer dan 20 jaar geleden kwam Toyota met een hybride auto op de markt: de Toyota Prius. De tegenwoordige oplaadbare uitvoering, de Prius Plug-in, heeft een elektrische actieradius van 25 km. Bij de hybride auto's worden twee typen onderscheiden: een met een generator die de accu's bijlaadt aan boord en een met een volledige benzinemotor en aandrijving naast een elektrische aandrijving, de 'plug in hybrids'.

Elektrische auto's, elektrische auto's met range extender, plug-in-hybride auto's en brandstofcel auto's zijn verschillend in hun ontwerp. De elektrische auto heeft een accu en een elektromotor en heeft een actieradius van circa 130 km. Daarna moet hij aan de kant om enige tijd op te laden. (Voorbeeld: Renault Kangoo Z.E.)

De typen met Range extender hebben een generator aan boord die de accu's zo nodig bijlaadt. De actieradius zonder hulpmotor is 60 km. Die generator op benzine of diesel brandstof maakt de actieradius groter. (Voorbeeld: Opel Ampera met 500 km complete radius)

De plug-in hybride auto heeft twee aandrijvingssystemen: een op brandstof en een op stroom uit de accu's. De actieradius elektrisch is 60 km, op brandstof is het een gewone benzine auto. (Voorbeeld: Mitsubishi Outlander PHEV, deze auto mag een aanhanger trekken.) Ook hier is de complete actieradius een middel om te concurreren: de Ford C Max energi plug-in hybrid heeft 800 km actieradius, de grootste op het moment van een eigen inventarisatie in oktober 2014. Hybride auto's hebben diesel of benzine als brandstof.

Met waterstof als brandstof is ook een verbrandingsmotor direct aan te drijven. Een dergelijk concept, goed vergelijkbaar met een LPG aangedreven motor, is nog maar in een enkel type auto toegepast. (Voorbeeld: BMW Hydrogen 7)

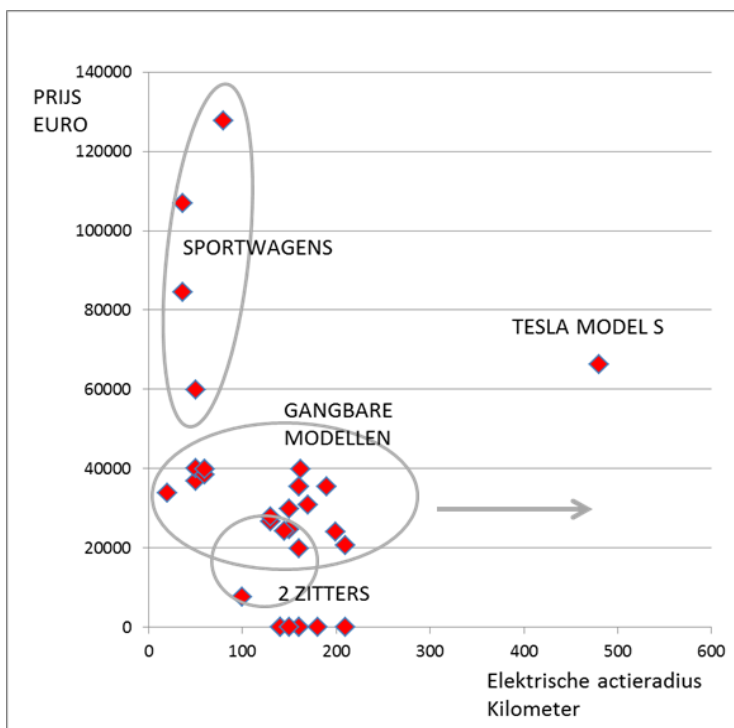
Een auto met een waterstof brandstofcel genereert stroom die ook aan het huis geleverd kan worden. De actieradius ligt in de buurt van 500 km. De crux is het tanken van waterstof, in Nederland zijn er nog maar twee tankstations waar dit kan. (Voorbeeld: Toyota Fuel Cell Sedan, verwacht in 2016) (anwb.nl).

Voor huis 1938 lijkt een plug-in-hybride auto op korte termijn het meest geschikt. Dat type kent geen beperking in actieradius, geen langdurig ergens stil staan op een verre plek om de accu's op te laden en er kan gewoon overal mee getankt worden. Wel moet hij 's nachts aan de laadpaal voor het huis. Bij de mix van korte en lange afstanden die de bewoners van huis 1938 maken zal dan een aanzienlijk deel van de kilometers 100% elektrisch worden afgelegd. Als de auto ook een aanhangwagentje moet kunnen trekken is de keuze nog zeer beperkt: het zou een Mitsubishi Outlander PHEV, of een ander binnenkort op de markt komend alternatief zoals de Toyota RAV4 EV hybrid moeten zijn. Daar is wel een zwaardere type laadpaal voor nodig (Hybridcars.com).

Op de langere termijn is het een ander verhaal. Met eigen zonnestroom alleen elektrisch rijdend toch een voldoende grote actieradius halen is het ideaal. Op 21 oktober 2014 haal ik met m'n Toyota RAV4 op benzine een haast dezelfde kleur hebbende Tesla Model S in voor de Galecopperbrug in

Utrecht. Een paar seconden later rijdt hij weer voor me: een indrukwekkend acceleratie vermogen. Een paar dagen later vertoont National Geographic Channel een documentaire uit 2012 over de eerste proefproductie van dit model in de Tesla fabriek in Fremont, Californië. De fabriek is dan nog maar voor een klein deel gevuld met ultramoderne productie apparatuur. De toekomst van elektrisch rijden is begonnen vinden de initiatiefnemers daar. En inderdaad, als de actieradius met het grootste accu-pak 480 kilometer is zou ik er de afstanden in mijn normale werkdag zonder tussentijds opladen mee kunnen afleggen. Dat opladen past dan precies in de ruim 8 uur nachtrust bij een 10 kW laadpunt (teslamotors.com).

Hoe ver de Tesla z'n concurrenten vooruit is blijkt wel uit een grafiekje van alle 30 typen elektrische auto's op de markt in Nederland per eind oktober 2014 (anwb.nl) (elektrische.nl). Jammer dat de levertijd van Model S zo lang is: 14 maanden, en dat de prijs zo hoog is: inclusief 'subsidie' ergens boven 66.000 Euro . . .



Prijs en actieradius: eind oktober 2014 zijn op de Nederlandse markt ruim 30 typen elektrisch aangedreven auto's verkrijgbaar. Ze ontwikkelen zich in de richting van een grotere elektrische actieradius. Tesla Model S ligt op kop. Van sommige nieuwe modellen is nog geen prijs bekend.

Bij de stekker auto hoort een laadpaal

Om een passend type laadpaal te kunnen kiezen moet het type auto bekend zijn. Ook zijn er keuzemogelijkheden in de snelheid van het opladen. Voor een laadpaal in de voortuin is dan bijvoorbeeld een 3.7 kW lolo smart laadpunt aan een aparte groep in de meterkast met 1-fase 16 A maximale stroomafname en type-2 aansluiting geschikt. Hij kost circa 1000,- Euro exclusief installatie en aanpassing in de meterkast. Als op termijn het ideaal van 500 km elektrische actieradius bereikbaar gaat worden is een 10 kW laadpaal nodig, daarvoor zal iets meer geld moeten worden neergeteld. Pas als de brandstofcel technologie meer gangbaar wordt en Rifkin's waterstofeconomie van de grond komt zal een twee richtingen laadpaal ontwerp aan de orde komen. In december 2014

kondigt Toyota de komst van de waterstof auto type Mirai in 2015 voor Europa aan. Jammer dat er in Nederland nog maar twee tankstations voor zijn . . .

De 3.7 kW laadpaal heeft een stopcontact op 1 meter hoogte en maakt gebruik van een digitaal gebruikspasje. Op eigen grond is er geen vergunning voor nodig (Thenewmotion.com).

Ontwikkelingen

De ontwikkelingen op het gebied van elektrisch rijden gaan in snel tempo door. Zowel de techniek van het opladen als de plaats die het opladen in het straatbeeld inneemt veranderen.



2015 FastNed oplaadstation langs de A50

Langs de snelwegen verschijnen langzamerhand meer oplaadpunten bij tankstations. In het straatbeeld verschijnen allerlei soorten laadpalen. Er zijn allerlei nieuwe verkeersborden bij de parkeerplaatsen naast die laadpalen verschenen. Een standaard bord lijkt nog te ontbreken.



Wildgroei in verkeersborden bij laadpalen



Evatran LE laadplaat, 2014

Er is zelfs een nieuw type irritatie ontstaan: “die parkeerplaatsen voor elektrische auto’s blijven leeg terwijl ik m’n auto niet kwijt kan . . .”

Al een tijdje wordt er melding gemaakt van draadloos opladen voor elektrische auto’s. Voor de Chevrolet Volt en de Nissan Leaf is een draadloos oplaadsysteem ontwikkeld dat in 2012 onder de naam Plugless Power door het startende Amerikaanse bedrijf Evatran gepresenteerd werd. In 2014 volgde het Nissan Infiniti LE concept waarbij een auto in de garage rijdt en door een op de grond liggende “pad” automatisch opgeladen wordt zodra hij boven de pad staat. In 2015 is de Plugless L2

in productie bij Evatran. Hun toekomstvisie is dat laadplaten in wegen zitten en auto's onderweg voortdurend beetje bij beetje opgeladen worden (Pluglesspower.com).

In augustus 2015 werd bekend gemaakt dat het Nederlandse bedrijf Proov de nieuwe Londense dubbeldekker bussen in het 'Transport for London' project draadloos gaat opladen (Trouw 20 aug 2015). Gebruik makend van in Duitsland ontwikkelde technieken zijn diverse pilot projecten in het openbaar vervoer gerealiseerd. Het bedrijf Proov heeft voor de toekomst ook personenauto's in het vizier (proov.nl) (ipt-technology.com).

Draadloos opladen met deze techniek zou dus een mogelijkheid voor de Nederlandse particuliere elektrische auto bezitters kunnen worden. Dat zou betekenen dat een zichtbare laadpaal in de voortuin niet meer nodig is en een "laadplaat" op of in de grond de batterijen in de auto oplaadt. Het werkingsprincipe van "Inductive Power Transfer" berust op elektromagnetische inductie en dit is - in theorie - in twee richtingen mogelijk. Een zendende grond inductie laadplaat en een ontvangende auto bodem inductie laadplaat brengen zo de energie voor het opladen van de auto accu van de 'grid' naar de auto. Andersom kunnen de twee platen via inductie – eveneens in theorie - ook de energie uit een brandstofcel in de auto maar de 'grid' overbrengen.

Tijdens de transitie in huis 1938 is de inductie energie overdracht technologie nog niet inzetbaar maar het concept is veelbelovend. Het zou tot een decentrale en geleidelijk op te bouwen koppeling tussen de grootste beschikbare elektrische opslagcapaciteit (miljoenen auto accu's) en de "grid" (het 220 Volt net) kunnen gaan leiden.

Oprit aanleggen

In de voortuin van huis 1938 is een auto oplaadpunt eenvoudig te plaatsen. Een plek daarvoor is er echter niet bij het begin van het transitie project. In het najaar van 2014 start de aanleg van een oprit in de voortuin zodat er in de toekomst een elektrische auto voor het opladen terecht kan. Een leiboom en een paar buxus- en hortensia planten sneuvelen op 10 oktober 2014. Daarna volgt het nodige grondwerk : het leggen van een stenen omranding met daarbinnen anti-worteldoek en een rooster om grind op het zand stabiel te kunnen houden. Tenslotte moet het tuinhek aan de straat een grotere opening krijgen.

De gemeente is op 10 oktober 2014 benaderd over hoe de aanvraagprocedure in elkaar zit om een oprit in de trottoirband te realiseren. Op 7 november 2014 mag een schets ingeleverd worden om vóór het doen van een formele aanvraag (Leges 166,- Euro !) eerst te laten kijken of een oprit wel vergunbaar is en wat het aanleggen dan gaat kosten. Op 11 november 2014 is er goed en slecht nieuws. De oprit is weliswaar vergunbaar maar kost 1329,35 Euro. Niet iets om al te doen als er nog geen dagelijks gebruik van gemaakt wordt. Een paar stukken hout tegen de stoeprand leggen als het een enkel keertje nodig is lijkt voorlopig voldoende.

Op 23 juli 2015 is de oprit klaar. Een dubbele rij stoeptegels langs het trottoir en dan grind. De betonnen versiering op de vervallen gemetselde pilaar in het tuinhekje gaat naar de pilaar op de erfscheiding. Alsof het nooit anders geweest is . . .

Nu de stoep nog. Op 27 augustus 2015 ligt de aanvraag bij de gemeente. Dikkere tegels en schuine stoepranden zijn nodig om met alle denkbare voertuigen er overheen te kunnen. Op 2 september 2015 is de vergunning klaar. De openbaarmaking is op 9 september 2015. De leges rekening valt op 19 september 2015 op de deurmat. De aanleg door het bedrijf Verseveld uit Rhenen is op 29 oktober 2015 klaar. De rekening voor de oprit in het trottoir volgt kort daarop, op 21 november 2015 komt hij

binnen (Aanlegkosten: 1172,70 Euro). Op 4 december 2015 volgt nog een kleine verandering in de voortuin: twee ronde perkjes worden samengevoegd zodat de fiets er nog langs kan als er een auto op de oprit staat. Een stukje anti-worteldoek er bij en het grind aanharken en het is klaar . . .



10 oktober 2014 Een boom, een paar struiken en een tuinhek moeten eerst worden verwijderd.



23 juli 2015 De oprit in de tuin is klaar.



29 oktober 2015 De aanleg van de oprit in het trottoir duurt van 07.00 uur tot 10.30 uur.

Afweging

In het begin van 2016 is het aantal typen elektrische auto's opnieuw groter geworden. Prijzen dalen en oplaadplaatsen nemen toe. Ook komen er steeds meer typen hybride auto's op de markt. De aanschaf moet echter voorlopig nog, in elk geval tot na de looptijd van het transitieproject, worden uitgesteld.



21 oktober 2015 Elektrische tuktuk in Lissabon, transport elektrisch maken kan !

(7.7)-Gas loskoppelbaar maken

Loskoppelen van het aardgas is zeer wenselijk vanwege de hoge vast recht kosten en vanwege de gerezen problemen met de Nederlandse aardgasvoorziening op termijn. Begin november 2015 valt de jaarrekening van Eneco in de bus. Uit alle cijfers valt op te maken dat van de 100 Euro per maand het gas ruim meer dan de helft beslaat : circa 63,- euro !

Maar er is op dat moment ook een belangrijke mijlpaal gepasseerd in huis 1938. Na de installatie in oktober 2015 van het tweede en derde warmtepomp systeem, die verwarming in het huis verzorgen en warm tapwater voor de keuken en de douches leveren, is het zover: de CV-ketel wordt uitgezet. Dan blijft er nog één enkele kleine gasverbruiker over: het gasfornuis. Koken op een inductie kookplaat blijkt eenvoudig te realiseren. Een elektrische hete lucht oven, net als die in het oude gasfornuis zat, is dat ook. Met de combinatie van die twee, een "all-electric" fornuis, is op 9 december 2015 het elektrisch koken een feit. Ook de laatste gasverbruiker is afgekoppeld ! Daarmee wordt het gestelde doel na ruim 3 jaar gehaald: op 10 december kan de gaskraan in huis 1938 dicht! Op 22 december volgen telefoontjes naar Eneco en Stedin zodat de leveringscontracten stopgezet worden. Een monteur van Stedin verzegelt uiteindelijk op 28 december de gasmeter. Dat betekent dat bij de eerstvolgende jaarrekening alleen nog elektriciteit van Eneco zal worden afgenomen. Eneco schrijft in die jaarrekening van november 2015 bovendien nog dat aan particulieren alleen maar duurzaam gewonnen groene stroom wordt geleverd . . .



16 januari 2016 Een belangrijke mijlpaal: de CV ketel is verwijderd !

(7.8)-Water loskoppelbaar maken

Na een paar jaar ervaring opdoen met op eigen grond winnen van regenwater en het aanhouden van een hoge kwaliteitsnorm is een volgende stap te zetten: loskoppelen van het waterleidingnet. Met regenwater is een grijs water circuit goed realiseerbaar. Als ook drinkwater van eigen grond gaat komen moet dit wel veilig kunnen worden gerealiseerd.

In landen om Nederland heen is het heel gewoon dat er drinkwater in de winkel wordt gekocht. Op vakantie is dit voor veel mensen ook een vaste routine. Er is daarmee al een veilig alternatief voor drinkwater voorhanden. Een noodvoorraad drinkwater is zo eenvoudig te realiseren. Nadeel is dat er PET flessen bij nodig zijn en dat kost in principe onnodige energie, ook al worden ze gerecycled. Water is geen schaars goed in Nederland en zal dit naar verwachting ook niet snel worden. Een sterke prijsstijging is daarmee onwaarschijnlijk. Loskoppelen van de waterleiding heeft zo gezien geen hoge prioriteit. Grijs water gebruiken zal daarom geleidelijk worden ingevoerd. Drinkwater maken is voor onbepaalde tijd uitgesteld.

(7.9)-Elektra loskoppelbaar maken

Echt loskoppelen is niet het doel in dit project. Het 220 Volt net wordt in het huis 1938 project als 'smart grid' gezien volgens de denkbeelden van Jeremy Rifkin. In Nederland is het 220 Volt net gelukkig zeer betrouwbaar. Het is daarom nu geen echt nadeel dat bij uitval van het 220 Volt net ook de zonnestroom uit gaat. Het wordt anders als er vaak uitval van het net optreedt. Incidenteel van het net kunnen loskoppelen vereist minimaal een systeem stroomregelaar en een noodcircuit. Permanent van het net loskoppelen vergt in plaats van het completeren van het systeem concept volgens Jeremy Rifkin, een autarkische benadering die meer op een "Earthship" lijkt. Het gaat dan om

een autonoom werkende woning die niet alleen elektriciteit produceert maar ook opslaat voor eigen gebruik. Bij surplus aan opgewekt vermogen en een volle opslag betekent dat dus uitschakelen van een deel van de eigen productie. Dit is minder duurzaam dan het leveren van surplus aan een 'grid' omdat dan tekort aan energie elders kan worden verholpen. Bij tekort aan opgewekte energie is het uitzetten van apparatuur, stroom gebruiken vanuit energie opslag zoals een accubank, of opstarten van een noodstroomvoorziening, zoals een bio-diesel aggregaat, aan de orde. Ook dit is – uitgaande van sober gebruik onder normale omstandigheden – minder duurzaam dan het energietekort vanaf een 'grid' aanvullen. De bittere werkelijkheid is dat heel veel particuliere producenten tegelijkertijd surplus energie aan het net zullen leveren in de nabije toekomst. Diezelfde particuliere producenten zullen ook allemaal tegelijk om energie verlegen zitten als het koud en donker is . . .

In de hoop dat er op termijn een Europees *supergrid* zal ontstaan, met een grootschalige energie opslag er aan, is besloten om huis 1938 aan het 220 Volt net gekoppeld te houden, als ware het een "grid" volgens de visie van Rifkin.

(7.10)-Open voor nieuwe technologie

Nieuwe technologie is voortdurend in ontwikkeling. Bijvoorbeeld een Ewicon windvlak ([Ewicon](#)) maakt het opwekken van elektriciteit vanaf buiten de woning opgestelde wind vang oppervlakken mogelijk. Er zitten geen bewegende onderdelen in. De verschillende uitvoeringsvormen hiervan zullen elk via een eigen omvormer op het 220 Volt circuit in het huis aan te sluiten moeten zijn. Er is ook een hybride energieopwekker in ontwikkeling die zonnenergie en windenergie combineert. De techniek bestaat uit een hoge schoorsteen waarin aan de bovenkant water wordt verneveld. De daar aanwezige lucht koelt af en zakt daardoor naar beneden. Aan de onderkant stroomt de lucht door windturbines de schoorsteen uit en zorgt zo voor elektrische energie opwekking. Met een beoogde bouwhoogte van 670 meter is dit concept zeker niet geschikt voor een enkel huishouden ([Solarwindenergytower.com](#)).

Door met 220 Volt net aansluiting te werken is de kans groot dat nieuwe technologie compatibel is en in huis 1938 zal kunnen worden ingezet. Het doel lijkt zo het best te bereiken en de transitie is op dit punt dan ook als klaar beschouwd.

(7.11)-Windgedreven ventilatie

In huis 1938 zijn twee plaatsen waar ventilatie belangrijk is: in de douche boven en in de bijkeuken beneden. In die bijkeuken staat de wasmachine en er is een 2^e douche.

In de bijkeuken beneden en in de douche boven zijn bij het begin van het transitieproject op 1 oktober 2012 al ventilatie openingen met doorvoeren in het dak aanwezig. Er zit geen mechanisch aangedreven ventilator in de pijpen en de ventilatie is daarmee passief.

Als in de natte nazomer van 2015 de witte muurverf in de douche boven schimmelplekken begint te vertonen valt het besluit: de plaatsing van een actieve afzuiging voor de douche boven is noodzakelijk, in de bijkeuken is dat niet het geval.

Er zijn vier verschijnselen om rekening mee te houden:

1-Natuurlijke ventilatie

In de douche boven staat het raam altijd op een kier. Boven elk openslaand raam zit ook een ventilatie opening met schuif en insectengaas die altijd openstaat. In het plafond zit een rooster met daarachter een pijp met dakdoorvoer. Tijdens het douchen is de deur

dicht waarmee de mogelijkheden voor aanvoer van verse koele lucht beperkt zijn. Als het waait stroomt er zo meer lucht door de douche ruimte dan bij windstil weer.

2-Temperatuurverschillen

Tijdens het douchen wordt het in de badkamer warmer. Warme lucht stijgt op waardoor de pijp vanuit het plafond naar het dak vochtige lucht zal afvoeren. Beperkte aanvoer van koele lucht van onderaf belemmert dat hierdoor luchtstroming optreedt.

3-Geforceerde ventilatie

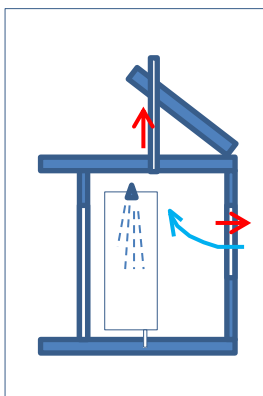
In de douche is in 2012 geen geforceerde ventilatie. Een aangedreven ventilator via een opening in het plafond zou goed aansluiten bij de neiging van warme lucht om op te stijgen.

4-Absorptie van vocht

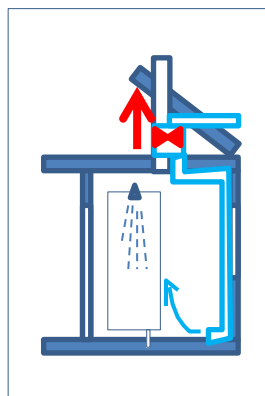
Vocht trekt in de muren en andere oppervlakken in huis zoals handdoeken en gordijnen. Het komt daar vervolgens langzaam uit vrij door verdamping. Ventilatie moet dus na het douchen nog een tijdje, bijvoorbeeld een half uur, door blijven gaan.

De afvoer van vocht in de douche boven is met gebruik making van deze vier verschijnselen nog te verbeteren. Alleen passief ventileren is niet voldoende. Een opening, laag bij de grond in de deur en een actieve ventilatie, via het dak en door een dikkere pijp, vergroten de luchtstroming. Opening en ventilator vergroten de vocht afvoer, gaan schimmelgroei beter tegen en bevorderen dus de gezondheid.

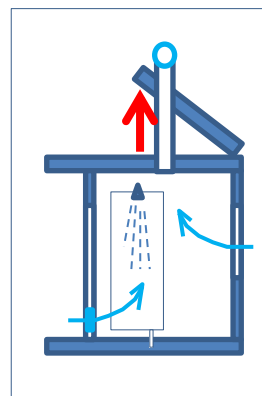
Na nieuwe schimmelwerende verf volgt op 20 augustus 2015 een opening met een rooster, laag in de douche deur, om de toetreding van meer koude lucht te bevorderen. De warme vochtige lucht die zich een weg moest zoeken door raam en afvoerpijp kan na de plaatsing van een grotere diameter pijp en een aangedreven ventilator gemakkelijker naar boven stromen.



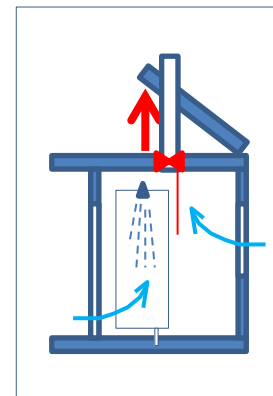
Passieve ventilatie



Decentrale WTW



Windgedreven ventilatie



Opwind-ventilator

De volgende vraag is: hoe kan je een ventilator aandrijven, liefst zonder dat het energie kost ? Dat kan door wind, zon of spierkracht te gebruiken.

--Ventilatoren op zonne energie worden in diverse uitvoeringen te koop aangeboden. Nadeel is dat er zon moet zijn om de ventilatie te laten werken. Een belangrijk deel van de tijd is dat tijdens het douchen, vroeg in de ochtend of later 's avonds, niet het geval. Een extra zonnepaneel zou als compensatie beschouwd kunnen worden omdat het stroom aan het net terug levert die dan op een ander moment voor de ventilator verbruikt wordt. Een elektrische ventilator met een tijd klokje in combinatie met zonnepanelen ter compensatie van het stroomgebruik is de meest praktische oplossing.

--Een door de wind aangedreven mechanische ventilatie is duurzaam. Met de vaak op schepen toegepaste "Aspiromatic" bollen is energie-vrij ventileren mogelijk (Aspiromatic.nl). Nadeel is dat er niet altijd wind is. Op internet is een levendige handel in de verschillende typen en groottes Aspiromatic bollen, zowel nieuw als tweedehands. Er blijken ook verschillende merken die hier sterk op lijken te zijn. Prijzen liggen tussen een paar tientjes tweedehands en meer dan 400 euro voor een nieuw RVS exemplaar. Er zijn ook andere typen rotorkap te koop die met de Aspiromatic vergelijkbare prestaties leveren.

--De mogelijkheid van spierkracht is hier nog niet onderzocht. Om tot een resultaat te komen is eerst een nadere analyse van de mogelijkheden voor warmteterugwinning uit de afgezogen vochtige lucht van belang.

(7.12)-Warmteterugwinning uit ventilatie

In huis 1938 was ruim voor oktober 2012 niet gekozen voor een systeem met mechanische ventilatie, dat verbruikt immers stroom. Een elektrische ventilator die er in de jaren 90 was geplaatst is verwijderd. Een paar goed gekozen openslaande ramen staan altijd op een kier voor de frisse lucht. Maar was dat wel de juiste weg ? Om die vraag te beantwoorden is het nodig om eerst verschillende punten op te helderen:

- Zou meer energie uit warmteterugwinning te halen zijn dan er aan elektrische energie nodig is om het systeem te laten werken?
- Zou een decentraal systeem een gezond, veilig en duurzamer alternatief zijn voor 'frisse lucht' via het open raam ?
- Zou het op zinvolle wijze met de energie-vrije Aspiromatic afzuiging voor de douche boven te combineren zijn ?

Frisse lucht

Een ventilatiesysteem met pijpen kan wat gezondheid betreft niet op tegen een open raam. De keuze om in huis 1938 niet de lijn van het 'passieve huis' - met alle kieren gedicht en een geforceerde ventilatie - te volgen is daardoor ingegeven. In pijpen, warmtewisselaars, bochten en kieren in een systeem verzamelt zich immers stof en vuil. Iedereen kent het bij de roosters voor afzuiging maar bij aanzuiging gebeurt het ook. De kwaliteit van de aangezogen frisse lucht die bewoners inademen na het passeren van een warmte wisselaar voor terugwinning van warmte uit de afzuiglucht kan door vervuiling verminderen. Toch is het interessant om deze richting kort te verkennen.

Rendement

Mechanische ventilatie systemen zijn in de handel verkrijgbaar. Voorbeeld: voor 200 m3 per uur capaciteit verbruikt een dergelijk systeem met afmetingen van 882 x 599 x 270 mm ongeveer 100 Watt. Het geluidsniveau is 28 dB(A) (Colson.nl). Systemen met warmteterugwinning (wtw) zijn er ook. Dit kan centraal met een grote warmtewisselaar op zolder die warmte uit de afblaaslucht in de aangezogen verse lucht brengt (Airfresh.nl).

Hoewel het wtw concept voor huis 1938 als geheel niet in aanmerking komt zou het voor de douche boven nog in een decentrale unit in de beschouwing meegenomen kunnen worden. Decentraal wil zeggen dat in elke ruimte een kleine zelfstandig werkende afzuiging met warmteterugwinning kan zitten die rechtstreeks met de buitenlucht in contact staat. Ook dit is in de handel verkrijgbaar. Bij

het ontwerp daarvan is men uitgegaan van een radiator aangesloten op een CV ketel waarachter dan een warmtewisselaar komt met een ventilator voor aanzuiging en een ventilator voor afzuiging die aangestuurd worden met hulp van een CO₂ sensor en/of vochtigheid sensor (climarad.nl). Dit concept blijkt echter niet eenvoudig verenigbaar te zijn met een warmtepomp systeem dat de CV en de radiatoren vervangt.

Het alternatief is een warmtewisselaar die ingaande en uitgaande ventilatielucht in tegenstroom met elkaar brengt. Voor de douche boven zou dat betekenen dat een aanzuigpunt voor schone lucht nodig is en een pijp naar de warmtewisselaar vlak boven het plafond. Het geheel werkt alleen als er een mechanische ventilatie is die tijdens en tot circa een half uur na het douchen voor voldoende luchtstroom in beide richtingen zorgt. Natuurlijke ventilatie en opstijgen door temperatuurverschil zijn uitgeschakeld in dit concept, immers: alle openingen naar buiten de douche ruimte moeten afgedicht worden zodat via een speciale opening de aangezogen lucht door de wtw geleid kan worden. Het werkt alleen als de twee stromen mechanisch aangedreven ventilatoren bevatten. Een eenvoudige kruisstroom warmtewisselaar heeft een rendement van ongeveer 60% (Horos.nl). Iets betere resultaten voor warmte terugwinning met een warmtewisselaar bereikt men met het tegenstroom principe. Er zijn producten van dit type op de markt die hier bruikbaar zijn (Dahlair.nl). Omdat er geen bewegende delen in zitten en de twee luchtstromen niet met elkaar mengen is er weinig onderhoud aan de warmtewisselaar zelf nodig hoewel er stof en vuil in kan neerslaan.

Aspiromatic

Een Aspiromatic op de pijp op het dak gaat draaien door wind buiten. Als er dan van binnen naar buiten warme lucht wordt weggezogen zal er verse lucht van buiten naar binnen komen ten gevolge van minieme drukverschillen. Bij een woning met veel kieren en openstaande ramen komt die lucht overal verdeeld en ongrijpbaar naar binnen. Als er een raam op een kier staat en als er een opening onder in de douche deur is zal de lucht vooral daar naar binnen stromen.

Het vocht afdrijvend effect is er alleen als de luchtstroom op gang blijft. Omdat zowel het raam als de opening in de deur lager zijn dan de bovenrand van de douchecabine stijgt de warme lucht ook zonder de hulp van de Aspiromatic door de pijp naar boven. Het werkt dus zowel zonder wind bij stilstaande Aspiromatic als met wind. Dan werkt het nog beter. De diameter van de pijp zal voldoende groot gekozen moeten worden. Gebruikelijk is 125 mm diameter.

Hybride systeem

Eventueel kan mechanische ventilatie worden toegevoegd voor het geval dat de wind wegvalt. Dat betekent het steeds bewaken van de luchtstroom snelheid met een sensor. Ook moet de werking zodanig zijn dat de extra ventilator weer afschakelt als de Aspiromatic het weer alleen af kan. Dat kan met een klepje, in de Aspiromatic buis aan een microswitch. Het schakelt die ventilator in een parallel buis dan aan en uit. Al met al zou er zo een gecompliceerd mechanisch systeem ontstaan dat maar zeer ten dele op wind energie werkt voor een vrij geringe duurzaamheid opbrengst.

Product prestaties van rotorkappen

Rotorkappen zijn er in diverse typen waarvan er vier het meest voorkomen. Deze zijn hieronder afgebeeld.



Savonius



Aspiromatic



Turbine



Gek

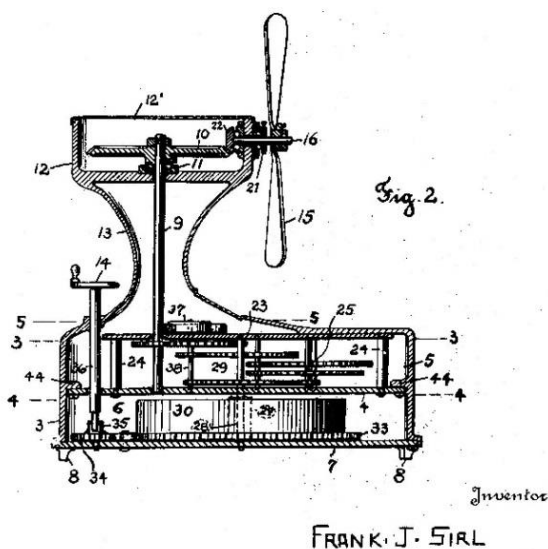
De Turbine typen hebben de hoogste opbrengst. De Aspiromatic en de Gek zijn niet goed regenwater dicht. De Savonius en in mindere mate de Turbine zijn wel regenwater dicht. Savonius, Aspiromatic en Gek zijn leverbaar in aluminium. De Turbine en Aspiromatic zijn leverbaar in RVS. Hoewel de prijzen dicht bij elkaar liggen hoort de Savonius bij de goedkopere typen (Tilmar.nl) (Ventilatieland.nl) (BMT.nl) (Kachelmaterialen.nl).

Als beste product blijkt hier niet de Aspiromatic maar een Savonius rotorkap naar voren te komen. Belangrijk nadeel blijft dat, als er geen wind is, het ventilatie systeem duidelijk minder goed werkt.

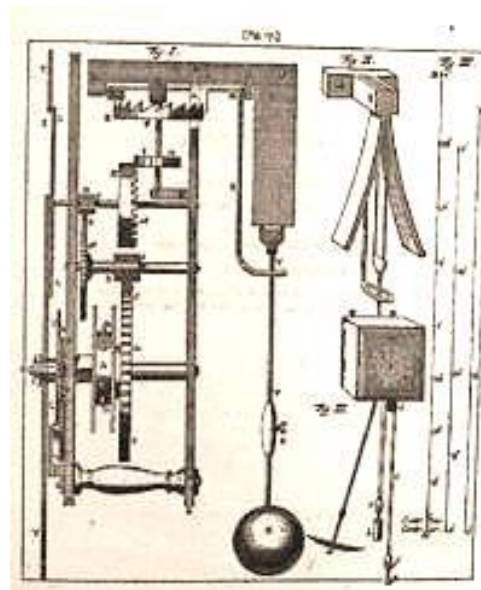
Spierkracht

In 1910 patenteerde Daniel M Pfautz een 'spring motor driven table fan' (US Patent 975,714). In 1928 deed Frank J Sirl haast precies het zelfde nog een keer (US patent 1,687,996).

Met de door beide uitvinders toegepaste techniek van een met spierkracht opgewonden spiraalveer die afloopt en daarmee een ventilator aandrijft, zou voor de tijdsduur van een douchebeurt en een half uur daarna - in principe - een ventilatie systeem te bedenken zijn. Dit concept – een opwindventilator - is dus al meer dan een eeuw oud.



1928 Table fan, US patent 1,687,996



ca 1660 Slingeruurwerk met gewicht

Behalve met een veer kan het ook met een gewicht dat door de zwaartekracht naar beneden getrokken wordt en ondertussen een ventilator aandrijft, precies zoals dat bij mechanische slinger uurwerken al honderden jaren gebeurt. Rond 1660 was het Christiaan Huygens die een slinger uurwerk met een gewicht als aandrijving ontwikkelde. Het met spierkracht ophalen van een gewicht om iets aan te drijven is dus al meer dan 350 jaar oud.

In de handel blijkt, noch met een veer noch met een ophaalgewicht, een compleet, energievrij en praktisch ventilatiesysteem op spierkracht voor de douche verkrijgbaar te zijn. Theoretisch gesproken zou zo voor de douche een product bedacht, ontwikkeld en op de markt kunnen worden gebracht. Dit is om praktische redenen verder buiten deze case studie gehouden.

Afweging

Het warmte terugwinning concept is voor de douche boven als niet goed bruikbaar ter zijde gelegd. Windgedreven ventilatie is wel zinvol en eenvoudig uitvoerbaar.

De daarvoor meest aantrekkelijke oplossing met een Savoniusrotor is in verschillende maten mogelijk. De keuze is gevallen op 125 mm diameter.

Uitvoering

Voor een goede luchtstroming zijn nodig: een aanzuigrooster onder in de douche deur en in het plafond een afzuigrooster met daarachter een afvoerpijp met een dakdoorvoer. Daar boven op, buiten op het dak, komt dan de Savonius rotorkap. Dit systeem verbetert de situatie ten opzichte van die in oktober 2012 aanzienlijk.

Op 29 augustus 2015 is bij ventilatieland.nl een Anjo Savonius 125 mm rotor besteld (175,- euro).

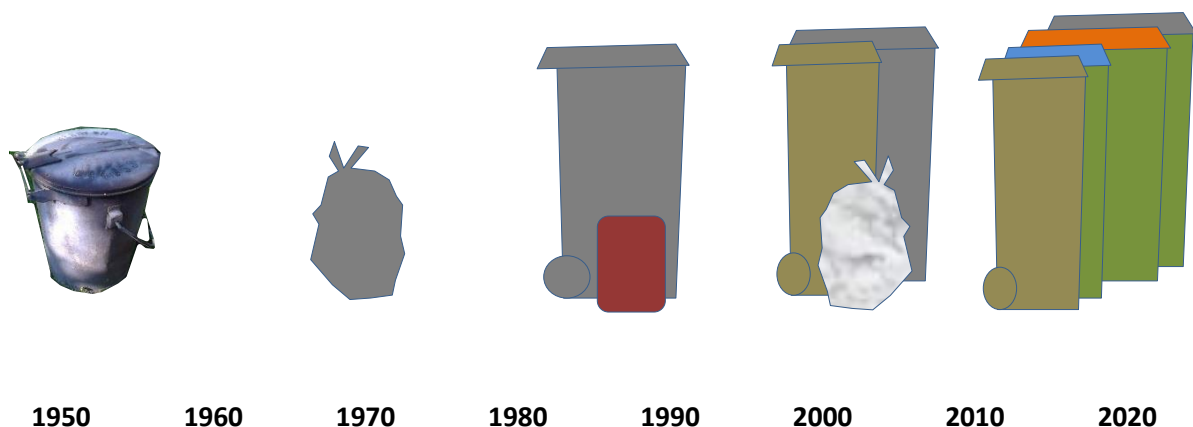
Op 15 september 2015 komt hij binnen. Het duurt een tijdje voor alle andere onderdelen verzameld zijn. Ook moeten de installatiewerkzaamheden voor warmtepomp 3 boven de douche eerst klaar zijn. Maar, in de zomer van 2016 staat de installatie op het dak dan toch in de planning.

(7.13)-Recycling hok

De afvalinzameling door de gemeente waar huis 1938 staat is in de loop van de afgelopen decennia, net als elders in Nederland, steeds verder ontwikkeld. Na de vuur-verzinkte vuilnisemmer, waar je nog hete as uit de kolenkachel in kon weggooiden, kwamen in de jaren 70 de vuilniszakken. Die oude verzinkte vuilnis emmers zijn tegenwoordig weer in de mode als decoratief object in de tuin (Melkbushshop.nl).

Vuilniszakken waren gemakkelijker door de vuilnismannen in de laadklep te gooien. Nadeel: vogels en katten maakten ze soms open op zoek naar eten met een grote smeerboel als gevolg.

Na de vuilniszakken kwamen de klike's. De Nederlandse oorsprong, vanuit het bedrijf van Klinkenberg en Koster in de jaren 50 van deze wereldwijd verkochte huisvuilcontainers, maakte ze al populair voor ze in de jaren 90 ook bij huis 1938 in gebruik kwamen. Speciale vrachtwagens die een klike optilden en leegkiepten waren nodig. Huishoudens produceerden ondertussen gaandeweg steeds meer afval. De grijze klike had met 240 liter dan ook een veel grotere inhoud dan de zinken vuilnisemmer van 75 liter vroeger had. Die grijze klike was bedoeld voor al het afval uit een normaal draaiend huishouden. "Grof vuil" was apart geregeld en was bedoeld voor puin en grond of tuinafval zoals omgehakte bomen. Later kwamen er kleine rode containertjes voor chemisch afval, bruine 140 liter containers voor organisch afval en nog later kwamen er plastic zakken voor plastic afval. Ten slotte werd een aparte blauwe 140 liter papier klike ingevoerd.



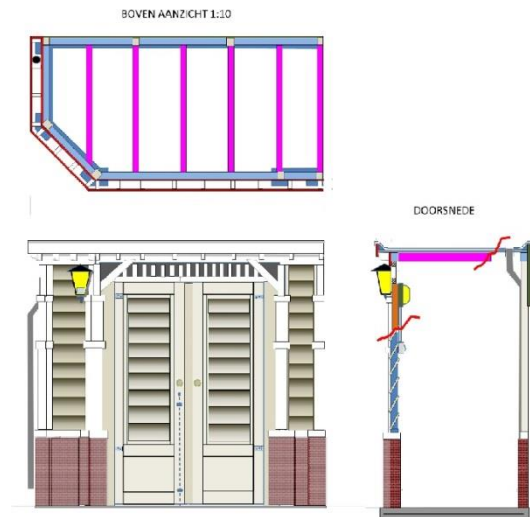
Huishoudelijk afval inzameling door de jaren heen

Aan het begin van het transitieproject bestaat het systeem voor recycling in huis 1938 dan ook uit drie klike's die de gemeente regelmatig komt legen. Ook haalt de gemeente zakken met plasticafval op. Alle overige soorten afval of in onbruik geraakte spullen moeten weggebracht worden. Zo kunnen glaswerk, grof vuil, chemisch afval, snoeiafval, bouw afval, oude kleding, kapotte lampen en batterijen naar inzamelpunten worden gebracht. Dat zijn inzamelbakken in de supermarkt, containers op de parkeerplaats, een kringloopwinkel en een brengstation bij de gemeente. Beleid bij de gemeente is steeds beter scheiden van afvalstromen en dat in de huishoudens zo goed mogelijk doen. De ongescheiden restfractie moet kleiner worden en zal vanaf 2016 per kilogram moeten worden betaald.

In plaats van vuilnisophaalwagens, met een chauffeur en twee mannen achterop die de bakken leegkiepen in de laadklep achteraan de wagen, is er nu een vrachtwagen met een soort hijs-arm die de bakken leegt in een laadklep bovenop, en een camera zodat de bestuurder het in z'n eentje kan

doen. De zakken voor plastic afval zijn in oktober 2015 door een vierde klike met oranje deksel vervangen. Vier afvalstromen kunnen zo met die nieuwe wagens worden opgehaald. Een klike voor organisch afval, een voor plastic en metaal (makkelijk grootschalig en centraal te scheiden), een voor papier en karton en tenslotte nog een klike voor de restfractie.

Bij huis 1938 was geen plaats om zoveel klike's een beetje uit zicht neer te kunnen zetten. De oplossing hiervoor is de bouw van een recycling hok dat esthetisch bij het huis en de tuin past.



24 juli 2015 Het recycling hok in aanbouw, rechts het eerste ontwerp

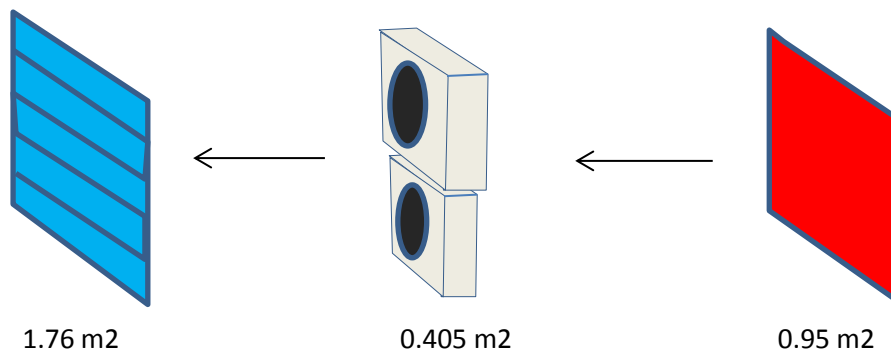
Louvres

Door de wanden grotendeels uit 'louvres' (lamellen) te laten bestaan kunnen ook de buitenunits van de warmtepompen 1 en 2 aan het oog worden onttrokken. Vrije luchtstroming is zo gegarandeerd. Buiten tegen het hok past ook een (derde) regenton die bijdraagt aan de bevoeding van de tuin. Op 2 september 2015 is overlegd met Argion of de buiten unit voor tweede warmtepomp eveneens in het hok zal passen. Dit kan maar een doorvoer naar het dak over de studeerkamer naar de schuurzolder moet mogelijk blijven.



Oktober 2015 – Klike parade. De oude grijze klike (links), waarmee het ooit begon, vervalt de week na het maken van deze foto. De andere vier blijven in gebruik . . .

Een warmtepomp buitenunit mag niet te veel omsloten worden omdat dat de opname van warmte uit de lucht zou belemmeren. De vraag “wat is te veel ?” moet een antwoord krijgen. Een rekensom aan de hand van het plaatje hieronder helpt om het inzichtelijk te maken.



Luchtstroom door een buitenunit: aan de achterzijde wordt warme lucht aangezogen (rood) die er aan de voorzijde (zwart) afgekoeld uitstroomt door de openingen tussen de louvres (blauw).

De aanzuiging aan de achterzijde loopt via de spleet tussen de muur en de kast van de buitenunit. De buitenunit van WP-1 met een omtrek van 2.5 meter hangt 10 cm van de muur, bij die van WP-2 met 3.5 m omtrek is dat 20 cm. (Die 20 cm is meer dan normaal omdat er een dakrand in de weg zat.) Samen is het aanzuig oppervlak van WP-1 en -2 dan dus $2.5 \times 0.1 + 3.5 \times 0.2 = 0.95 \text{ m}^2$. De ventilatoren zitten in een buis met 46 cm (WP-1) en 54 cm (WP-2) diameter. Dat levert samen een uitstroomoppervlak van $3.141592/4 \times (0.46 \times 0.46 + 0.54 \times 0.54) = 0.405 \text{ m}^2$. Tenslotte de louvres van het klike hok: alle openingen samen zijn 1.76 m^2 groot. Als bij normale installatie het aanzuigoppervlak ongeveer 2x groter is dan het uitstroomoppervlak en dat niet van belang is voor de prestaties dan zal een meer dan 4x groter louvres openingen oppervlak naar verwachting ook geen nadelig effect hebben.



8 maart 2016 twee lagen bitumen op het klike hok en een daktrimrand maken het af !

Er zijn nog mogelijkheden om bij extreme winterse omstandigheden iets te verbeteren. Zo kunnen de deuren open waarmee de opening naar de buitenlucht verdubbelt. Ook kan met een afscherming de terugstroom van lucht uit de uitblaaskant naar de aanzuigkant worden verkleind.

Op 11 november 2011 is het dak op het klikohok (geïmproviseerd) regenwaterdicht. De elektra kan er in. Een spaarlamp binnen en een spaarlamp buiten, beiden geschakeld via een infra-rood sensor, maken het doorluchtige bouwwerk met vier kliko's - die inmiddels door twee buiten-units gekoeld worden - ook in het donker toegankelijk. Ook met de geluidsdempingspanelen kan begonnen worden. Op 18 november 2015 neemt de dakdekker – midden in een grote regenbui - de maten op en bepaalt het ontwerp van de definitieve dakbedekking. De realisatie volgt op 8 maart 2016 en daarna vult de regenton zich, via een overloopje in de regenpijp, langzaam met hemelwater . . .

Afvalstromen

Het recycling hok is vooral de plaats waar de afvalstromen zichtbaar worden. Eind september 2015 is de kliko parade compleet: groen/blauw voor papier en karton afval, bruin voor organisch afval, groen/oranje voor plastic en metaal afval, groen/grijs voor rest afval. In de wijk zijn kleding-, glas- en batterij recycling containers. Chemisch afval, elektrische apparaten en grof vuil kunnen bij de Gemeente weggebracht worden. Bouw afval is tegen betaling bij een gespecialiseerd bedrijf met een weegbrug in de buurt af te geven. Oud meubilair en huisraad worden via een kringloop winkel in de buurt, voor zover mogelijk, opnieuw in omloop gebracht.

Dit alles heeft ook z'n weerslag op hoe er in het huishouden van huis 1938 met afval scheiding wordt omgegaan. In de prullenbak in de keuken gaat vanaf eind 2015 alleen nog maar plastic en metaal afval. Hij wordt af en toe geleegd in de kliko met oranje deksel. In het bakje in de gootsteen gaat alleen organisch afval. Papier komt terecht in een doos in de kast in de hal waar ook de lege flessen naar toe gaan. Als de doos vol zit gaat de inhoud naar de blauwe papierkliko. De lege flessen gaan naar de winkel terug voor statiegeld en als dat niet kan naar de glasbak in de wijk.

Het meeste afval afkomstig van de werkplaats is te sorteren over de plastic/metaal en papier kliko's of – met name hout en harde kunststoffen - naar de Gemeente weg te brengen.

Al die stromen zijn aangeboden voor recycling via de door de Gemeente gebaande paden. De afvalstromen uit het huishouden in huis 1938 zijn zo veel mogelijk duurzaam gemaakt dus.

Er blijft ondanks alles een kleine rest afval stroom over. Die rest gaat rechtstreeks naar de kliko met grijs deksel in het kliko hok. Na het minstens 4x legen van de bruine, blauwe en oranje kliko's en wegbrengen van een flinke maar gesorteerde lading naar de Gemeente is de grijze restkliko nog niet vol. Dat wil zeggen dat er meer dan ruwweg $(4 + 4) \times 140 + 4 \times 240$ liter in volle kliko's + circa 240 liter wegbrengen = 2320 liter afval gescheiden en gerecycled wordt vóór er 240 liter restafval is geproduceerd. De stromen naar de wijkcontainers voor glas en kledingrecycling zijn hier niet meegerekend.

De afvalscheiding is daarmee in 2015, drie decennia na de introductie van de grijze kliko voor al het huishoudelijk afval, zo goed geworden dat in de rest afvalcontainer dus nog minder dan 10 % terecht komt.

Huis 1938 bereikt daarmee aan het eind van de transitie een voor meer dan 90% gescheiden afvalstroom . . .

7.14 Wat te doen bij uitval ?

Aan het einde van de transitie in maart 2016 is er tijd om de robuustheid van het nieuwe systeem te bekijken. Vier groepen PV zonnepanelen, drie warmtepompen, en een aantal zuinigere elektrische apparaten doen al weer een tijdje hun werk. De savonius dak ventilatie moet nog geplaatst worden en de dak isolatie is nog niet klaar. Hoe kwetsbaar is dit geheel nu?

Analyse

Uitvallen van een deel van de PV zonnepanelen, of zelfs van allemaal, leidt niet tot onderbreking in de voorzieningen in huis 1938. Dat geldt ook voor de ventilatie en voor de zuinige apparaten. Een raam openzetten en gekoelde etenswaren bij de burens in de koelkast leggen lost het ongemak op. Als een kleine warmtepomp in de studeerkamer achter, of op de 1^e verdieping, uitvalt is het in de rest van het huis nog steeds warm genoeg. Er is geen probleem met bevriezing van waterleidingen. Onderhoud en reparatie van al deze apparaten is geregeld op basis van een jaarcontract á 300,- euro. Als de grote warmtepomp, met de warm tapwater voorziening en de vloerverwarming in keuken en woonkamer er aan, hartje winter bij -20^o Celsius uitvalt is er misschien wel een probleem. De warmte elders kan weliswaar in studeer- en slaapkamers voldoende comfort bieden maar warm water is niet beschikbaar. Met een elektrische waterkoker is afwassen en eten koken nog wel mogelijk maar douchen kan niet meer. De vraag is bovendien of het waterzijdig deel van het grote warmtepompsysteem boven 0^o Celsius gehouden kan worden door de ander twee warmtepompen. Het afkoelen van de geïsoleerde betonvloer met vloerverwarmingsleidingen zal waarschijnlijk tenminste een etmaal duren voor het vriespunt bereikt wordt. Onzeker is hoe snel een reparatie weer voor warmte zal zorgen. Een extra – tijdelijke – warmtebron lijkt hier wenselijk. Uitval van het elektriciteitsnet is de grootste bedreiging voor huis 1938. Dit was al zo voor de transitie maar na de transitie valt bij stroomstoring behalve de verwarming ook het koken uit. Dit vraagt om een noodvoorziening om het huis bewoonbaar te houden en schade af te wenden. Deze noodvoorziening kan in theorie de vorm van een elektrische generator hebben maar ook van een houtkachel. De generator moet erg groot zijn om midden in de winter de warmtepompen en warm tapwater voorziening met 220 Volt te kunnen voeden. Een houtkachel is aantrekkelijker omdat dit ook bij stroomuitval een reservemogelijkheid biedt voor zowel koken als verwarmen. Huis 1938 is gelegen in een bosrijke streek en hout is lokaal voldoende beschikbaar.

Uitvoering

Onderzoek op het internet levert al snel een mix van romantisch ogende oude potkachelletjes en ultramoderne terras fornuizen op hout op. Een praktisch product is de Habo 25 (Kachelenco.nl). Voor circa 470 euro is deze kachel in enkele verschillende kleuren leverbaar en er passen 3 pannen op. Met een vermogen van 8 kW lijkt hij in staat om huiskamer en keuken voldoende te verwarmen. Een klein model als de Huntly levert 5.5 kW. Een mooi alternatief is de Jacobus-kook van 1580,- euro (Kachels.com). Er moet wel nog een rvs rookkanaal bij. Dat kost nog eens 500 euro. Het vergt nog even sparen dus . . .



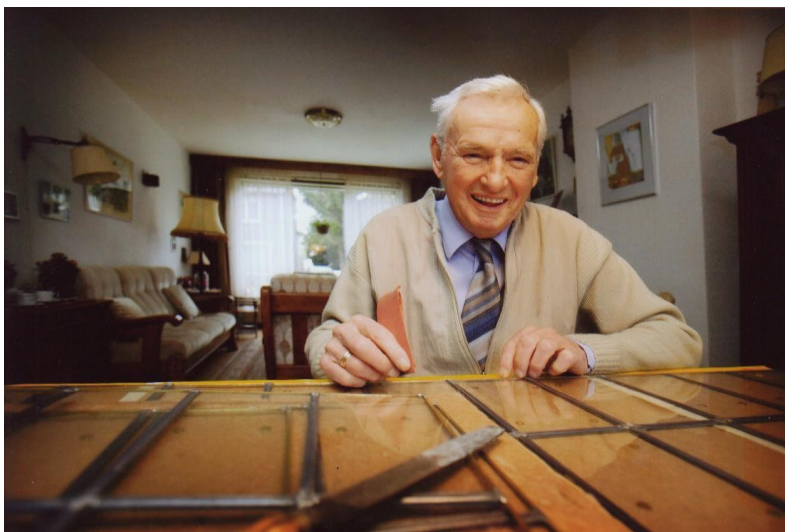
Jacobus-Kook Habo-25 Huntly

(8)-Herstel van jaren dertig stijlkenmerken

Na de bouw in 1938 is het huis door allerlei technische ingrepen langzaam verminkt geraakt. Ook de uitvoering van het duurzaamheidsproject heeft nadelige gevolgen voor het interieur. Zo waren er sloopwerkzaamheden, doorboringen van muren, betonwerkzaamheden, nieuwe elektrabekabeling, afdekking van wanden met isolatie en zo voorts, nodig. Daarbij is schade aangericht aan de oorspronkelijke betimmering. Ook al voor het project begon waren er oorspronkelijke stijldetails verloren gegaan en was allerlei leidingwerk aangebracht. Al die schade moet hersteld !

Herstellen van oorspronkelijke details aan huis 1938 levert op zich geen duurzaamheidswinst op maar maakt de woning wel meer toekomstbestendig. Een huis, dat wat stijl betreft al decennia lang in de smaak valt, zorgvuldig is onderhouden en met respect voor de jaren dertig details aan de moderne tijd is aangepast zal voorlopig wel gewild blijven. De combinatie van duurzaamheid en jaren dertig stijl zal naar verwachting dus ook nog vele jaren goed verkoopbaar blijven.

De sfeer in een huis kloppend krijgen met de tijd waarin het bedacht en gebouwd is vergt aandacht voor detail. Bij huis 1938 is op te merken dat het gebouwd is met deugdelijk materiaal en goed vakmanschap. Veel van het oorspronkelijke grenenhout is in 2012 nog aanwezig en in goede conditie. Raamkozijnen zijn met name aan de voorkant herhaaldelijk hersteld met nieuw grenen, de balklaag boven de kruipruimte vertoont rottende einden en is hier en daar extra ondersteund met gestapelde stenen poeren. De zoldering balken en binten zijn behandeld tegen houtworm en daarna opnieuw geschilderd.



2009 Herman Teunissen bezig met het glas in lood voor de erker

Het stucwerk is ondanks verwijderen van de diverse behanglagen in de periode van 1984 tot 1990 nog in redelijke staat. In de kleine slaapkamer op de 1^e verdieping is voor 1984 een oliehoudende stucmortel toegepast die voor hechtingsproblemen zorgt. Daaroverheen is een structuurbehang laag aangebracht (Rauhfaser) en die is daarna afgewerkt met een witte muurverf. In de periode 1984-2012 zijn al diverse jaren dertig details aan het huis hersteld. Zo is in 2009 het voor 1984 verwijderde glas in lood in de bovenlichten weer terug aangebracht. Dit bleek met een goede leidraad en een beetje oefening goed zelf te doen (Foolen, 1999).

Er zijn desondanks in 2012 nog steeds mogelijkheden voor herstel over gebleven, daarover volgt in de hoofdstukken hieronder meer.

(8.1)Het interieur

In het interieur is bij het begin van het project in 2012 een bescheiden hoeveelheid aandacht voor de jaren dertig stijl. De afwerking van nieuwe uitbreidingen aan het huis sinds 1984 is wel steeds in de bij de bouw gebruikte stijl voortgezet.

De lichte en ruime sfeer is bepaald door wanden met stucwerk met een grove structuur en witte matte muurverf. De crème witte kleur die de houten plafonds en de deuren, kozijnen en plinten oorspronkelijk al hadden is consequent doorgezet voor het houtwerk. De vloeren op de begane grond zijn van massief hout. Een paar plaatsen zijn betegeld omdat daar veel vuil of water op de vloer te verwachten is: het halletje bij de achterdeur en de bijkeuken. Op de 1^e verdieping en de zolder is voor linoleum gekozen. Dat is eenvoudig schoon te houden en zo ook beter voor de gezondheid dan vaste vloerbedekking.

Het huis was bij de aankoop in 1984 “gemoderniseerd” wat inhield dat er een CV in geplaatst was en dat het grote ramen had. Direct daarna zijn het oude granito aanrechtblad vanwege een grote breuk en de loden afvoer pijp vanwege lekkage verwijderd. Ze zijn door moderne middelen vervangen en niet precies in de zelfde vorm zoals oorspronkelijk uitgevoerd. De keuken oogt tegenwoordig met een donker granieten aanrecht blad en verchromde ouderwetse kranen wel passend bij de jaren dertig tijdsperiode. Verschillende ‘retro’ accessoires maken het af, met name de huishoudelijke apparaten en het keukengerei.

Er zijn ook een paar bijzondere apparaten in huis 1938 die uit de jaren dertig periode stammen: een Liesegang diaprojector, een Naumann-Erika mechanische typemachine en een Singer tafel naaimachine. Elk daarvan heeft een interessant verhaal maar ook als gemeenschappelijke factor dat ze tegenwoordig weinig praktisch nut meer hebben. Hoewel ze decoratief zijn hebben ze geen hoge financiële waarde, zo blijkt uit een speurtocht op het internet (Marktplaats.nl).

Meubels

Bij de meubels is in een aantal gevallen ook de crème witte kleur van het binnen kozijnwerk toegepast. Andere meubels zijn in donkere kleuren gehouden of in gebeitst hout uitgevoerd. Ook frisse en heldere kleuren zijn duidelijk aanwezig. Ze komen van een groot aantal boeken, diverse meubels, planten en accessoires.

Kijkend naar de geschiedenis van het meubel, dan valt het bouwjaar van huis 1938 duidelijk na de Arts & Crafts, Belle Epoque, Art Nouveau, Jugendstil en de Art Deco periode hoogtepunten. Tegelijk valt het vóór het hoogtepunt van de Bauhaus stijl. Opkomen van de strakke geometrie naast Art Deco en Modern Movement leidt uiteindelijk tot een tweedeling rond 1925. Het functionalisme dat grote aantallen meubels voor de arbeidersklasse beoogde, bepaalde de meubel ontwerpen uit die tijd. Bij het Duitse Bauhaus heeft men met meubels uit stalen buis een heel nieuwe weg ingeslagen. Ook in Frankrijk door Le Corbusier en Thonet en in Ierland door Eileen Gray werd de lijn van Bauhaus met -nu ook in kleur gelakt- metaal verder ontwikkeld. De Amsterdamse stijlbeweging, kortweg De Stijl, pikte dit op en daaruit kwam onder meer de wereldberoemde, door Mondriaan geïnspireerde stoel uit gekleurde latjes voort van de hand van Rietveld ([Lammens, 1995](#)).

De historische erfenis vanuit de perioden er voor leverde in 1938 ongetwijfeld een mix in het alledaagse interieur op die ook tegenwoordig vaak voorkomt: wat oudere houten meubels in een romantische en versierde uitvoering enerzijds en nieuwe strakke functionele meubels met een stalen buizenframe anderzijds. In huis 1938 is dat tegenwoordig niet anders. Toch waren er flinke verschillen met nu.



2013 Interieur in de woonkamer/keuken

Er zijn op foto's, in prentenboeken en in stijlkamers voorbeelden van het interieur in een 'stads' huishouden te vinden. Waar op het platteland nog de tradities met rieten stoelen en bedstee het interieur bepaalden, had de stad iets met de laatste 'mode' gekregen. In huis 1938 zal de trend van de mode van enkele jaren voor het bouwjaar bepalend zijn geweest. Licht behang aan de muren, vaste vloerbedekking, mahonie of eiken meubelen, koper en messing versieringen en elektrische verlichting zullen het beeld bepaald hebben. Een interieur werd 'gestoffeerd'. Zware gordijnen en met stof beklede stoelen dus. Er zijn geen boeken te zien in het voor die tijd typerende interieur dat in 1934 door V&D in een modelwoning in Tilburg werd gemaakt. Ook zijn de tegenwoordig zeer aanwezige radio, TV en andere audiovisuele apparatuur niet te zien (historietilburg.nl).



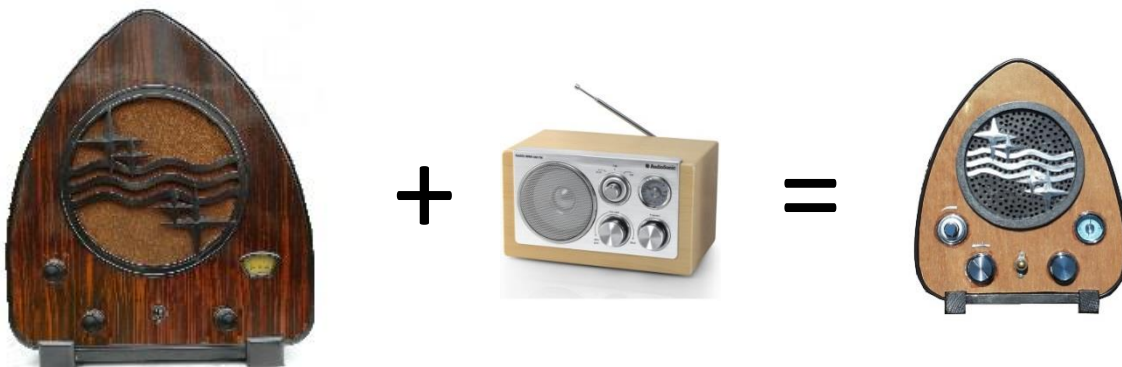
1934 V&D model interieur in een woning in Tilburg (bron: HistorieTilburg.nl)

Boekenkasten

Zijn er ook stijl aanpassingen aan het meubilair te doen zonder dat het huis een in de tijd bevroren museum wordt? Losse boekenkasten waren toen in een gemiddeld huishouden niet zo gebruikelijk en dus is het weinig zinvol om te proberen hier een “jaren dertig stijl” toe te passen. Veel gangbare boekenkasten uit de periode 1800-1920 waren als vitrinekasten met glas in de deurtjes uitgevoerd om stof op de boeken te voorkomen. Ook kleine “Engelse boekenmolens” (open draaibare boekenkastjes) van rond 1900 waren nog in de mode. Fraaie mahoniehouten exemplaren van Maple & Co doen het nog steeds goed in de antiekhandel (antiekarcade.nl). In huis 1938 zijn de oorspronkelijke eenvoudige rechte schappen aangehouden.

“Puntje”

Als het project in 2012 begint, wijken het TV meubel en het grote aantal boekenkasten in de woonkamer het meest van “typisch jaren dertig” af. De audio apparatuur in huis 1938 is onopvallend en klein gehouden. Tussen de boeken valt het niet op. Een kleine extra ‘retro’ radio (Audiosonic RD-1540) verschijnt in januari 2014 in de keuken. Hij lijkt totaal niet uit de jaren dertig te stammen maar valt ook niet echt uit de toon. Hem ombouwen in de stijl van een Philips 930A “puntje” uit 1931 zou beter passen (Philipsradios.nl). De oorspronkelijke afmetingen van een “puntje” in cm zijn 40 breed, 46 hoog en 25 diep (Philipsverzameling.nl). De nieuwe afmetingen, bij 32 cm hoogte, kunnen aanzienlijk kleiner zijn zonder de herkenbaarheid te verliezen.



*Philips 930A “puntje” uit 1931.
(bron: Philipsverzameling.nl)*

*Audiosonic RD-1540 uit 2013
(bron: Audiosonic)*

Huis 1938 ‘combi’ uit 2014

Op 3 mei 2014 wordt eerst met de bouw van een tot circa 60% van de hoogte verkleind “puntje” begonnen. Het verwijderen van de elektronica uit de Audiosonic lukt nog wel. De constructie is echter niet op reparatie gemaakt en de knoppen zijn binnen in de behuizing van MDF aan de potmeters op de print gelijmd. Ze moeten zo worden losgebroken dat het “zicht-deel” behouden blijft en de potmeter het nog doet. Het verlengen van diverse elektra kabeltjes naar de luidspreker, LED lampje en de antenne maakt het mogelijk om het geheel in de nieuwe behuizing met de vorm van een “puntje” te monteren. De radio werkt daarna nog steeds zodat het omslachtige werk om de bedieningsknoppen mechanisch door te verbinden kan beginnen. Op 17 mei 2014 is het klaar. Het resultaat mag er zijn: een retro-look & feel radio die past bij de jaren dertig en bij het huis !

TV kastje

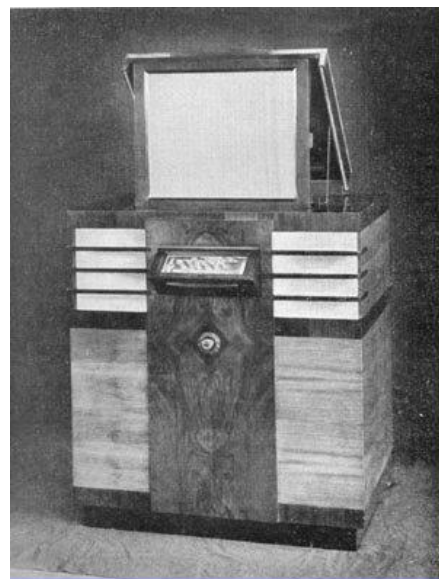
De vraag is of ook een modern TV toestel in een jaren dertig stijl meubel te integreren is. De eerste TV modellen waren zo groot als een tafelmodel koelkast. Ze kwamen midden jaren dertig voor het eerst op de markt. Prachtig bewerkte en gefineerde houten kasten maakten van deze toestellen een eye-catcher in het interieur. Fineren is een kunst en vergt veel vakmanschap (Hendrikx, 2014).

Er zijn maar weinig exemplaren bewaard gebleven. Er waren als interessante typen de Baird T-5 en T-23, de R.C.A. TRK-12. Allemaal modellen die een spiegel aan de binnenzijde van het deksel hadden. Als dat deksel omhoog werd geklapt kon er vanuit de woonkamer via die spiegel naar het in de kast horizontaal zittende beeld worden gekeken.

Het projectietoestel van Philips uit 1938 was een bijzondere variant: een kleine beeldbuis en een lens projecteerden het beeld van achter op een verticale doorschijnende doek die tegelijk met het opklappen van het deksel uit de kast omhoog kwam (Terras.tv).



1936 Baird TV spiegel toestellen
(bron: www.terras.tv)



1938 Philips projectie TV toestel
(bron: www.terras.tv)

Als inspiratiebron is het Philips model interessant. Net als toen is ook nu het beeldscherm iets dat men graag aan het oog onttrekt als het niet gebruikt wordt. Het huidige LED TV beeldscherm zou in een kast kunnen staan achter deurtjes of een rolluik. Die zet men open als de TV aan gaat. Het LED beeldscherm kan ook in een deksel gebouwd worden dat opengaat als er gekeken wordt, te vergelijken met een lap-top.

Nog een andere mogelijkheid is het uit een gleuf naar boven laten komen door middel van een soort autoraam mechanisme. Dat laatste biedt een goede mogelijkheid om een fraai gedecoreerd houten kastje dat lijkt op het 1938 Philips projectie toestel te bouwen.

Er zijn tegenwoordig “tv-liften” in de handel waarmee een tv toestel door een opening in het bovenblad van een kast naar boven kan bewegen als iemand tv wil kijken. Ze variëren in prijs van 300 tot 800 euro, al of niet met een eenvoudig kastje er bij inbegrepen. Ze zijn hydraulisch of elektro-mechanisch (tvmeubelen.nl) (bax-shop.nl) (muurbeugel.nl) (Screentech.nl).

Het kan ook een stuk eenvoudiger. Een LED TV toestel is met een contra gewicht, een rechtgeleiding en een set katrollen ook vrijwel moeiteloos met de hand omhoog en omlaag te bewegen. Ter

vergelijking: op veren en gewichten werkende balanceer mechanismen zijn ook in de handel voor bijvoorbeeld het verlichten van regelmatig terugkerend tilwerk, het ondersteunen van lampen of het gemakkelijker bewegen van schuiframen (pullmanmfg.com). Nadeel is het botsen bij het bereiken van de eindstanden. Voor een LED TV is het vermijden van schokken toch wel belangrijk en dus is de TV lift beter.

Het kan zelfs helemaal anders. De TV is na het vervallen van de analoge antenne aansluiting op het digitale netwerk van KPN aangesloten. Alle TV signalen kunnen daarom, net als bij een computer monitor het geval is, met een geschikte beamer worden geprojecteerd. Dat betekent : geen TV meubel maar alleen een vrij stuk witte muur in de zithoek om op te projecteren.

Een zoektocht op het internet levert op dat er geschikte TV beamers op de markt zijn voor een grote variatie aan prijzen (Consumentenbond.nl -D). Een voor HD geschikt product, de Epson EB-1400WI kost bijvoorbeeld circa 2000 Euro. Er zijn ook bedenkingen bij een beamer. Zo maakt hij lawaai en veroorzaakt luchtstromen voor de koeling van de sterke lamp. Het energieverbruik gaat ook omhoog ten opzichte van de huidige LED TV. Verder heeft hij een plek aan het plafond nodig en is zo een minpunt in het interieur. Er is ook geen mogelijkheid meer om bij de dertiger jaren stijl aan te sluiten. Om tot een keuze uit deze sterk verschillende denkrichtingen te komen is gekeken naar praktische argumenten.

Kosten – De LED TV die vlak voor het project in 2012 was aangeschaft gaat zeker nog 5 jaar mee. De aanschaf van een dure beamer is pas daarna het overwegen waard.

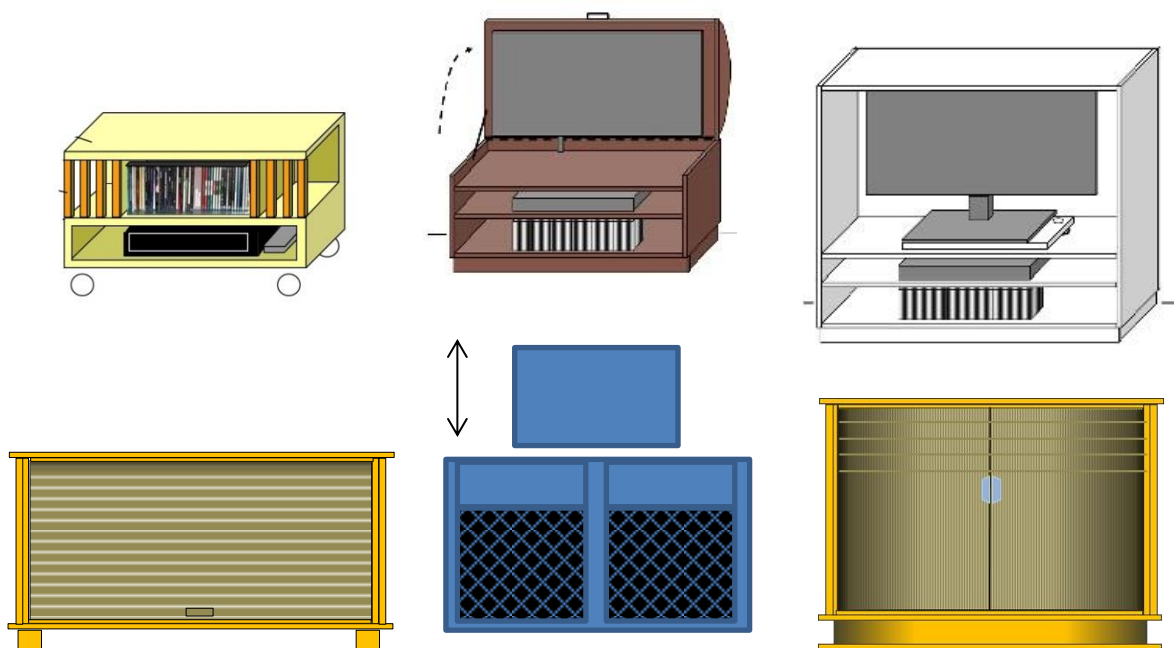
Esthetiek – Een groot, en als hij uit is zwart, TV scherm is niet mooi in een interieur. Niet in de jaren dertig en ook nu niet. Een TV scherm ergens in of achter doen als er niet naar gekeken wordt is dus esthetisch gezien aantrekkelijk.

Ruimte – Een meubel dat alleen de TV bevat en verder geen andere functie heeft neemt een groot deel van de tijd alleen maar plaats in. Toen huis 1938 werd gebouwd was de TV een nieuw iets dat alleen in de rijkere kringen voor kwam, de functie “TV meubel” bestond dus nog niet in de wereld van alledag. Combineren met een andere functie is dus beter passend bij de stijl en efficiënt voor het gebruik van de ruimte.

Eenvoud – Een meubel met elektromechanische apparatuur erin om de TV te bewegen is gecompliceerd en gebruikt energie waar dat niet echt noodzakelijk is. Ook beslaat het mechanisme ruimte buiten het meubel voor de bewegende delen die openklappen en omhoog komen zodat er niets op kan staan, voor kan staan of bovenop liggen. Bewegende delen met scharnieren, zoals deuren en deksels, zijn daarmee niet aantrekkelijk.

De oplossing is een TV meubel dat met een rolluik de TV verbergt en op het bovenblad plaats biedt aan bijvoorbeeld een vaas met bloemen, een paar kopjes koffie en een krant. Het horizontale en verticale lijnenspel van de Philips 1938 TV kast is zo voor een, nieuw in de werkplaats van huis 1938 te bouwen, eigen TV meubel ontwerp als inspiratiebron te gebruiken.

Op 12 april 2014 is na diverse voorstudies een voorlopig ontwerp klaar. Een laag kastje waarin de LED TV achter horizontaal bewegende rolluiken zit. Op het rolluik en er onder zijn details bedacht die herinneren aan de horizontale lijnen in het Philips 1938 TV toestel. Op 20 april 2014 is een mock-up van het TV kastje klaar. Daarna volgt een proefperiode van enkele maanden om de beste afmetingen te vinden.



Diverse voorstudies voor een nieuw TV kastje.

Bij het aanpassen van de sfeer in het interieur zijn de mogelijkheden eindeloos. In 1938 hadden de eerste bewoners de keuze uit de meubels en gebruiksvoorwerpen van de jaren daarvoor. Doe-het-zelfen was ongebruikelijk terwijl het nu veel voorkomt. Toen zou een timmerman wat meubels in opdracht kunnen maken maar waarschijnlijker was dat er eenvoudige donker gebeitste eiken meubelen werden gekocht met gematte zittingen en dat er wat vazen en koperwerk ter versiering op de schouw en op de kast stond. Een liefhebber zou misschien fraai vormgegeven houten Jugendstil meubels aanschaffen (Heller, 1990). Vanaf 1906 werden meubels ook machinaal gemaakt. Meer en meer mensen konden zich moderne meubels veroorloven. Als het budget het toeliet kon vanaf 1933 zelfs al het eerste Bauhaus meubilair van stalen buis en fel gekleurde stof worden aangeschaft (Sembach et al, 1989).

Als het project in oktober 2012 begint zijn buismeubelen aanwezig bij de eetkamertafel, in de zithoek in de woonkamer en in de uitbouw achter. Ze zijn niet voor dit doel gekozen maar toch passend. De jaren dertig zijn bij de elite onder de huizenbezitters ook de tijd van het doorgeefluik, gebogen hout, leer, lamineerwerk en strakke vormen. Daarvan is in huis 1938 niets terug te vinden. Hiermee aan de slag gaan zou kunstmatig en zelfs geforceerd voelen. Het in 2012 bestaande interieur is op “natuurlijke wijze” en “organisch” tot stand gekomen en zonder bewust een bepaalde stijl na te streven.

Er is daarom afgezien van ingrepen alleen bedoeld om een stijl door te voeren. Het interieur is bijeen gesprokkeld uit oude meubels en gebruiksvoorwerpen, hedendaagse fabrieksmeubels die in het huis passen, zelfgebouwd meubilair en apparaten die een nuttige functie vervullen. Als er een “retro design” apparaat of voorwerp ergens goed paste is daarvoor gekozen. Een koelkast, een broodtrommel en een prullenbak in de keuken bijvoorbeeld.

Er is ook niet gekozen voor het consequent aanhouden van een “vintage” stijlperiode of – nog extremer – voor bijvoorbeeld “steam-punk” als thema. Hiermee worden vormen en materialen uit de Britse Victoriaanse periode van 1850-1900 als een soort saus over de nieuwste technologie gegoten.

Dit leidt tot industrieel ogende meubels, opmerkelijke gebruiksvoorwerpen, bijzondere kleding en verlichtingsarmaturen die uit oude onderdelen zijn samengesteld. Tandwielen, gietstukken, goudkleurige versieringen, uurwerkonderdelen, messing, koper en glas worden veel toegepast. Hoe het er uit ziet is belangrijker dan de functionaliteit. Zo bouwt men wel computers om met beeldschermen in een Victoriaanse spiegel omlijsting en toetsen van een typemachine uit 1920. Het is meer kunst dan ambacht volgens liefhebbers (retro.net) (Donovan, 2013).

In augustus 2014 blijkt dat dit ontwerp er voor zorgt dat het beeldscherm toch te laag boven de grond zit. Dat zou leiden tot een soort koelkastmodel, een beetje vergelijkbaar met de Baird TV uit 1936. Er is echter voor zo'n grote kast geen plaats. In de gegeven inrichting van de kamer moet het scherm uiteindelijk dus toch bovenop een laag kastje komen en niet er in. Vorm volgt functie . . .



20 augustus 2014 Het nieuwe TV kastje is in gebruik

Een bezoekje aan de IKEA vestiging in Utrecht in de zomer van 2014 laat zien dat er een ontwerp probleem met de flat screen TV is: veel meer dan constructies van rechthoekige blokken ruim rondom het zwarte scherm is er niet te vinden. Bij een deel er van hangt de TV zelf aan de muur en zijn de snoeren achter een wit kapje verstopt ([IKEA, 2015](http://ikea.com)).

Dit leidt uiteindelijk tot een definitief ontwerp voor een TV kastje. Door het model met het scherm er bovenop, door de afwerking in hout en door de horizontale lijnen heeft het nog een zwakke visuele associatie met de jaren dertig TV modellen van Baird en Philips. Op 20 augustus 2014 is het klaar.

(8.2) Zinken hemelwater afvoeren en daklijsten

Hemelwater afvoeren

Een offerte van plaatselijk loodgietersbedrijf vdBosch voor het vervangen van de 5 hwa's (hemel water afvoeren) die in 2012 nog van pvc zijn bedraagt 600,- Euro. Zinken hwa onderdelen blijken goed verkrijgbaar via het internet. Dedakgootwinkel.nl, vankopertotzink.nl en zinkbouwmarkt.nl bieden buismateriaal, diverse bochten en andere zinken onderdelen aan. Op 25 september 2014 wordt de lekkende dakgoot aan de zijgevel gerepareerd. Een eerdere reparatie met bitumen heeft

het maar een paar maanden gehouden. Ook wordt de eerste zinken hwa bij de douche boven geplaatst door vdBosch. De overige hwa's zijn aanleiding voor een aantal doe-het-zelf projectjes in het najaar van 2014. Doe het zelve is goedkoper want de materiaalkosten via internet bestelling zijn inclusief aflevering a 25,- Euro in totaal 172.55,- Euro (Dedakgootwinkel.nl). Het bestellijstje is als volgt :

Onderdeel	Aantal	Prijs/st	Kosten
Scharnierbeugel 83 std	III	2,30	9,20
Wrong	III	3,20	12,80
Buis 80 mm x 3 m	II	23,55	47,10
Bocht 80 mm 85 graden	I	9,35	9,35
Bocht 80 mm 40 graden	III	6,60	26,40
Vergaarbak junior	I	42,70	42,70
Bezorgkosten			25,00 +
Totaal			172,55



25 augustus 2014 Nieuwe zinken regenpijp aan de achtergevel

Op 6 oktober 2014 worden de onderdelen bezorgd. De zinken hwa's aan de zijgevel, bij de wc beneden en aan de uitbouw achter zijn op 5 december 2014 klaar.

Daklijsten

De tijdens de bouw in 1938 aangebrachte boeiboorden van het platte dak van de uitbouw achter zijn vlak uitgevoerd. De fraai geprofileerde daklijsten zoals ze aan de dakgoot en erker al van oorsprong gemaakt zijn daar niet aanwezig.

Met opzetstukken zou een sierrand zijn aan te brengen die het functioneren van het dak en de regenwater afvoeren niet belemmert . Als er leidingen langs de dakrand nodig zijn voor transport van regenwater naar het eco-toilet ontstaat met die opzetstukken ook een extra mogelijkheid om die leidingen uit het zicht te houden. Een slang over het platte dak is op korte termijn echter het eenvoudigst te realiseren. Een afweging is hier nodig als het eco-toilet wordt gebouwd.

(8.3) Trap paal en leuning in de hal

Rond 1970 is door de toenmalige bewoners van huis 1938 de fraai uitgevoerde houten trapleuning in z'n geheel verwijderd en vervangen door een afwerkrand langs de open trap kant. Aan de muurzijde is toen een rondhouten leuning bevestigd. Hoewel de hal er ruimer door oogt is de trap dus niet meer in originele staat.

Gelukkig is bij de burens de complete trap met leuning nog in oorspronkelijke staat bewaard gebleven. Na het opmeten en maken van een constructietekening op 13 augustus 2013 is een nieuwe trap paal met leuning opnieuw in originele vorm uit FSC hout te maken. Bij het verwijderen van de oorspronkelijke leuning is een afwerkrand op de trapboom gezet.



April 2014 Trapleuning in aanbouw



Augustus 2013 Nieuwe roedeverdeling in zijraam

Er is voor gekozen om deze rand te behouden ondanks dat dit een kleine afwijking met het oorspronkelijke ontwerp betekent. Verder is de trap paal ingekort wat betekent dat er bij restauratie slechts een opzetstuk nodig is in plaats van een compleet nieuwe paal.

Het maken van een nieuwe leuning in oorspronkelijke stijl vergt nauwkeurig timmerwerk. De werkplaats van huis 1938 moest daarvoor eerst een renovatie ondergaan en met enkele nieuwe machines worden uitgebreid. Dit renovatiewerk is in de winter van 2013 op 2014 uitgevoerd. Zo is er een kolomboormachine verschenen, een nieuwe kast, een stof- en spanen afzuig installatie en is ook de werkbank vernieuwd.

Met de constructie van de nieuwe trap paal en leuning is op 7 februari 2014 begonnen. Op de trap boom afwerkrand komt eerst een profiel latje dat twee doelen heeft. Eerst is het handig als lengte mal voor de nauwkeurige bepaling van de lengte van de leuning en na de montage, verstevigt het de verbinding tussen de spijlen en de trap boom.

De FSC vuren onderdelen worden eerst aan elkaar geschroefd en gelijmd. Dan volgt het behandelen van harsplekken en schuren om te vlakken en de scherpe kanten te breken. De leuning is op 26 februari 2014 geplaatst. Dan volgen gronden, plamuren en schilderen in de crème witte kleur die het houtwerk in het hele huis heeft. Op 6 maart 2014 is het klaar. Het resultaat is zowel onopvallend als prachtig. De rondhouten leuning aan de muurzijde wordt op 8 april 2014 in de zelfde kleur gezet.

(8.4)Roedeverdeling in het zijraam in de hal

Het hoge smalle zijraam in de hal bij de voordeur heeft drie glaslagen die als een geheel zijn uitgevoerd in plaats van als 8 kleine raampjes. Omdat dit een betere isolatiewaarde oplevert blijft deze constructie ongewijzigd. De nieuwe roedeverdeling is, zo goed mogelijk conform de oude vormgeving en maatvoering, in delen aan de buitenzijde en aan de binnenzijde opnieuw aan te brengen. Door de delen elk losneembaar te houden kan er op de vlakken die naar het glas toegekeerd zijn ook verf worden aangebracht in een onopvallende kleur. Hiervoor is grijs gekozen. Op 16 augustus 2013 is op deze wijze de roedeverdeling in het smalle hoge zijraam in de hal bij de voordeur in de oorspronkelijke stijl hersteld.

(8.5)En-suite schuifdeuren in de woonkamer

De bewoners van huis 1938 zijn boeken liefhebbers. Het herstel van de en-suite deuren is te combineren met nieuwe boekenkasten waar de deuren tussen in schuiven. Zo is een oorspronkelijk stijlkarakter aan nieuwe functionaliteit te koppelen.

In de woonkamer is dan wel een flinke aanpassing nodig. Er is plaats nodig voor de en-suite deuren, de geleiding daarvan en de omkasting in zowel de open als de gesloten toestand.

Het ontwerp van de deuren zelf is -behalve bij de burens- ook in huis 1938 nog beschikbaar omdat een van de oorspronkelijke schuifdeuren elders in het huis nog in gebruik is. De andere is na langdurige opslag rond 1990 beschadigd geraakt en helaas verloren gegaan. De overgebleven en-suite deur kan dus model staan voor de herbouw van twee nieuwe deuren met glas in lood en met de oorspronkelijke handgreepjes en sluiting. Ook die zijn bewaard gebleven en elders ingezet.

Gelukkig zijn ze in dezelfde uitvoering ook nog nieuw te koop. Een ovaal handgreepje type SDK-1n kost 12,50 Euro; een schuifdeuroverval type SDO-1n kost 15,00 Euro (DeGalanterie.nl).

Hoewel zeker uitvoerbaar en ook goed passend in de jaren dertig sfeer, is toch niet voor de uitvoering van dit plan gekozen. De grote, ruime en lichte woonkamer zou er weer door gesplitst worden in kleinere kamers die eerder elektrisch licht nodig hebben.

(8.6)Hang en sluitwerk

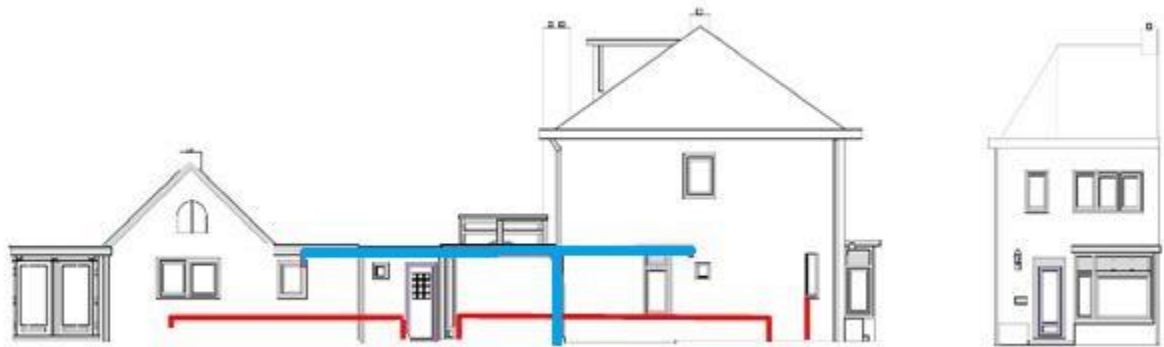
In huis 1938 is in 2012 op vrijwel alle plaatsen het oorspronkelijke hang en sluitwerk nog aanwezig. Op enkele plekken was het aan reparatie of vervanging toe.

Voor het toilet beneden is een nieuw slot met een aanduiding "BEZET/VRIJ" besteld, bij De Galanterie BV, in bijpassende uitvoering voor 40,- Euro (interieurbeslag.nl). Kort daarop zit die gemonteerd op de WC deur. Ook een set originele deurklinken, afkomstig van een vervallen deur elders uit het huis, siert de WC beneden vanaf 5 februari 2014.

(8.7) Buizen en leidingen aan de gevel

De gevels van huis 1938 hebben in de loop van de jaren veel te lijden gehad. Allerlei gaten, verf-spetters en scheuren zijn in de loop van de jaren hersteld door met cement aan te smeren en te voegen en waar nodig aan te stippen met ingekleurde betonverf.

Ook zijn de gevels op verschillende plaatsen ontsierd door afvoerpijpen en leidingen. De regenpijpen moeten eerst van de rioolwater afvoeren worden gescheiden voor ze in een fraaie zinken uitvoering hersteld konden worden. Die scheiding is in oktober 2012 alleen nog bij de afvoer van de douche op de 1^e verdieping aanwezig.



Mei 2014 – Niet originele buizen en leidingen die de gevels van huis 1938 ontsieren. Het oude (hier blauwe) parcours moet gaan vervallen.

Het leidingwerk langs de gevels bestaat uit verschillende soorten. Elke soort heeft andere ontstaansgronden en beperkingen.

- De aardingsdraad onder het zijraam met roedeverdeling kan niet worden verplaatst. Door de kleur goed te kiezen kan hij wel onopvallend gehouden worden.

- Verwijderen van de ICT leidingen langs de route op 2.3 meter hoogte en die dan in de lager gelegen route op 40 cm hoogte opnemen zou een goede esthetische verbetering zijn.

- Op 40 cm hoogte ligt een elektra voedingskabel vanaf de meterkast naar de warmtepomp in de uitbouw achter. Deze vervangen door een kabel die binnen door het huis loopt is een enorme opgave en daarom is er voor gekozen deze kabel te laten zitten.

- Eveneens op 40 cm hoogte ligt een deel van de kabels vanaf de zonnepanelen op de werkplaats. Ook deze kabels kunnen niet eenvoudig binnendoor geleid worden.

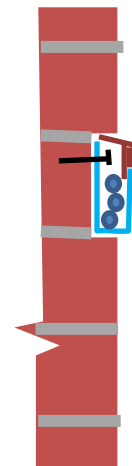
- Tenslotte ligt op 40 cm hoogte een kort stukje elektra leiding vanaf een bedieningsschakelaar binnen naar een buitenlamp aan de zijgevel. Dit is niet te vermijden.

- Op maaiveldhoogte zijn verschillende stukken te onderscheiden, daar is grind, elders stoeptegels en tenslotte ook een deel met tuinaarde en wortels van de beplanting. De kabels onderlangs de muur ingraven of in een goot onder de grond doen geeft problemen met het onderhoud en brengt ook risico van beschadigen bij werken in de tuin met zich mee. Het voordeel van vrijwel onzichtbaar wegwerken weegt niet op tegen deze problemen.

- Op 40 cm hoogte is in de gevels een 1 cm terug liggende rand van 1 steen hoog gemetseld. Dit oorspronkelijke jaren dertig metselwerk detail kan worden behouden door er een overkapping of kabelgoot aan te brengen die de zelfde kleur als het metselwerk heeft en waarin de kabels aan het oog worden onttrokken. Dit komt hier naar voren als de beste oplossing voor realiseren van esthetische verbeteringen aan de gevels.

Op 22 april 2015 is een begin gemaakt met dit werk. De glasvezel legger Reggefiber heeft in de maanden januari en februari de straten van de wijk diverse malen opgebroken en in de grond een glasvezelnetwerk aangelegd. In maart is in de voortuin de aansluiting tussen dat netwerk en een nieuw geplaatst doosje in de meterkast aangelegd. Daarna werd door een monteur van KPN onderzocht of de verbinding met de ICT apparatuur in huis 1938 kon worden gemaakt. Helaas was dat niet het geval omdat er een lange kabel naar de modem in de uitbouw achter moest komen met de juiste specificatie : 4 twisted pairs. Dat was een kans om de plannen voor via de nieuwe route gelegde kabels te realiseren!

Op 21 april 2015 is die nieuwe ICT kabel langs die nieuwe route klaar.



21 april 2015 Een nieuwe 4 twisted pairs ICT kabel is langs de gevel in de sierrand gelegd. De afwerking met een goot volgt nog.

Ontwerp van de goot

KPN sluit vervolgens in mei 2015 het glasvezelnetwerk aan de in huis 1938 aanwezige ICT systemen aan. Omdat de zakelijke lijn nog steeds op de oude manier via het 'koperen' ISRA punt en de hoog langs de gevel liggende bestaande kabel binnenkomt, kan die oude route misschien nog niet meteen verwijderd worden. Na wat onderzoek, navraag en testen blijkt dat het kan en het gebeurt dan ook op 5 augustus 2015. Dan blijkt wat een grote hoeveelheid koperhoudende draad, kunststoffen, bevestigingsmateriaal en elektronische schakelingen overbodig is geworden. Niets daarvan is direct te recyclen in huis 1938 en dus gaat het mee naar het gemeentelijke afval inzamelingspunt waar het terecht komt in de sorteercontainer voor elektronische apparatuur.

De uitbreiding van het aantal zonnepanelen op de werkplaats en veranda zorgt op 12 februari 2016 voor nog meer kabels langs de – nu enige – route, laag langs de zijgevel.

De afwerking met een kabelgoot in de steenrode kleur van het huis zou in de zomer van 2017 klaar zijn, maar staat eind oktober 2018 nog in de planning voor 2019.

(8.8) Verwijderen verwarmingsinstallatie

Na het vervangen van de decennia lang gebruikte verwarming met een CV ketel en hoge temperatuur radiatoren door warmtepompen blijft er een omvangrijke erfenis in het huis achter. Overal buizen, doorboringen, radiatoren van diverse maten en soorten en een CV ketel in een speciale kast in de uitbouw achter. Een klein onderzoekje op het internet leert dat dit alles weinig waarde meer heeft en dat het al mooi zou zijn om de oud-ijzer prijs er voor te krijgen. De HR CV ketel blijkt nog wel gebruikswaarde te hebben en die CV ketel wordt dus elders hergebruikt.



28 januari 2016 De CV ketel en daarna de kast er omheen zijn verwijderd en de vrijgekomen hoek is opgeknapt in oude stijl.

Leidingwerk en radiatoren verdwijnen langzamerhand uit huis 1938 naar de metaalrecycling en de muren en vloeren worden in de loop van 2016 en 2017 hersteld. Het verdeelblok onderin het keukenblok blijft zitten. De afgezaagde leidingen in de betonvloer ook . . .

De lichtkoepel op de kas wordt verlaagd zodat de beschaduwing van de zonnepanelen minder is.



In de loop der jaren waren CV radiatoren steeds een constante factor in huis 1938. Met het verschijnen van de eerste warmtepomp verdwenen de eerste 3 grote witte, zware stalen gevaartes uit het achterhuis. Toen ook de 2^e en 3^e warmtepomp geïnstalleerd gingen worden verdween niet alleen de CV ketel maar ook 7 radiatoren beneden en boven in het huis. De enige die bleef hangen was die in de douche want daar kunnen de handdoeken nog steeds op drogen.

In alle kamers betekende dat herstelwerk van muren, stuken en schilderen.

Op de foto's een kijkje van de keuken naar de huiskamer door de jaren heen. Onder het voorraam zat tot 2017 een radiator die de volle breedte van de erker besloeg.

Na de verwijdering er van bleken de betimmering onder het raam en een plint te ontbreken.

De muur met een nieuwe houten afwerking in de stijl zoals in de rest van het huis is op de foto van 2017 te zien.



VII Evaluatie van het transitie resultaat

Het gestelde transitie doel was om 'huis 1938' als een maatgevend voorbeeld voor de bestaande woningvoorraad te transformeren tot een toekomstbestendige woning die past bij de huidige denkbeelden over duurzaamheid. Hoe is deze transitie te beoordelen?

Methodiek

In 2002 publiceerde het RIVM een instrumentarium voor de evaluatie van transities. Denkkader, modellen, actoren en complexiteit staan centraal in deze methodiek. Zowel 'techno-economische', meer natuurwetenschappelijke aspecten, als 'actoren', die meer als menswetenschappelijke aspecten worden gezien, spelen een rol. Het RIVM koppelt de evaluatie aan het toekomstbeeld dat door de rijksoverheid in het Nationaal Milieu Plan (NMP4) is geformuleerd. In die gewenste toekomst zijn onder meer de tijdshorizon, de systeem afbakening, de schaalgrootte en het kwantificeren van resultaat de parameters die moeten worden beschouwd (Spakman et al, 2002). Waar de 'arena'-benadering in dit RIVM instrumentarium voor de transitie in huis 1938 weinig herkenbaar is komt het centrale concept in het MEI model (Model Effectiviteit van Instrumenten), met de vele krachten die een actor ervaart, juist dicht bij de beleving van een pionier. Die pionier staat als actor alleen en omspannt met zijn transitie alle arena's en domeinen. De vraag, wat maatschappelijk gezien de "beste oplossing" bij een op duurzaamheid gerichte systeem transitie op de schaal van een enkel huishouden concreet zou zijn, blijft met de RIVM evaluatie methodiek echter onbeantwoord.

De pionier moet over bijzondere kenmerken beschikken zoals "out of the box" kunnen denken. Ten behoeve van het selecteren van pioniers in een grootschalig project is zelfs een psychologische test ontwikkeld. Tijdens het werk moet hij over veel enthousiasme en energie beschikken om de obstakels op zijn weg te overwinnen, na het werk moet hij beducht zijn op een overheid die de regels bijstelt en onverwachte complicaties (Loorbach & Rotmans, 2010).

Deze ervaringen waren ook bij de transitie in huis 1938 aan de orde. Dit was echter nog niet alles.

De transitie vond ook plaats in een "snel evoluerende omgeving" (Paredis, 2012).

Richting vinden in een zich snel ontwikkelende duurzaamheidsmarkt tijdens het project vergt zowel een goed inzicht in de technische inhoudelijke mogelijkheden als een grote flexibiliteit en wendbaarheid in de veranderende omgeving waar steeds nieuwe kansen en bedreigingen uit voortkomen. Hoe een transitie in praktijk het beste "gemanaged" kan worden blijft hier nog onduidelijk. In 2015 kwamen beide auteurs op dit punt tot een nieuwe benadering: "Learning by doing and doing by learning". Ze koppelen dit aan voortdurende monitoring van zowel de transitiewerkzaamheden zelf als het managen daarvan (Loorbach & Rotmans, 2015).

"Er is geen rechte weg van een experiment naar een duurzame wereld" stelt het Kenniscentrum voor duurzame systeem innovaties en transities (Kemp & vdBosch, 2006).

Welke gereedschappen zijn dan nog geschikt om een transitie project mee te evalueren vroeg een Scandinavische groep wetenschappers zich in 2007 af. Zij identificeren drie typen 'sustainability assessment tools': een reeks indicatoren, een set methoden voor het beoordelen van producten en een aantal analyse modellen voor beoordeling van aspecten. Zij noemen 31 soorten waaronder bijvoorbeeld de ecologische voetafdruk, life cycle assessment en kwetsbaarheids analyse (Ness et al 2007).

Voor de pionier, in een transitie op het niveau van een enkel huishouden, is het toepassen van al deze gereedschappen in praktijk om diverse redenen ondoenlijk. De gereedschappen zijn deels op een grootschaligere situatie gericht. Deels zijn ze van een technische diepgang die zonder specialistische kennis niet toegankelijk is. Ook zijn ze in een aantal gevallen niet gratis te gebruiken. Voor een particuliere woningbezitter lijkt de aanschaf van de benodigde software en het volgen van training in het gebruiken daarvan, een te grote financiële last en, wat tijd en te verwerven kennis betreft, een te zware opgave.

“De burger kan het niet alleen” constateerde het Dutch Research Institute for Transitions (DRIFT) in 2013. Dat is voor deze case study, die in oktober 2012 begon, een waarschuwing die duidelijk te laat kwam. Een jaren dertig woning door een transitietraject slepen blijkt inderdaad een weg die schokkerig en vol tegenslagen is, net als de auteurs beschrijven. Zij onderscheiden fases van een transitie die op de schaal van een enkel huishouden herkenbaar zijn: voorontwikkeling, kanteling, versnelling en stabilisatie. Het verschil tussen het resultaat van een succesvolle transitie en *“business-as-usual”* is de *“opgave”* (Bosman et al, 2013). In de huis 1938 case study is dit geïnterpreteerd als de doelstelling en, mede daaraan afgemeten, het bereikte transitie resultaat.

De evaluatie van de huis 1938 sustainability make-over is op basis van al deze inzichten gesplitst in twee onderdelen :

1-De evaluatie van het transitie resultaat

De opzet als case study vormt de basis voor het vanuit de perspectieven van de gekozen onderwerpen (kenwaarden, knelpunten, comfort, kosten en gezondheid) belichten van het bereikte resultaat op ‘techno-economisch’ gebied. Ook zijn vergelijkingen met de situatie zoals die was na de bouw in 1938 en die in 2016 zonder transitie gemaakt. (Dit hoofdstuk VII)

2-De ervaringen als pionier

Een analyse aan het ontstane relaas – een narrative – vormt de basis voor het belichten van de thema’s en knelpunten zoals die door de pionier werden ervaren. (Hoofdstuk VIII).

Resultaat in kenwaarden voor en na

Deze ‘case study’ heeft twee ‘time cross sections’ die in de tijd 4 jaar uiteen liggen: de beginsituatie in oktober 2012 (“voor”) en de bereikte eindsituatie in oktober 2016 (“na”). Het bereikte duurzaamheidsresultaat kan met verschillende kenwaarden aangegeven worden :

-Als bekendste indicator mag de **ecologische voetafdruk** zeker niet ontbreken. Hoewel een nauwkeurige berekening daarvan aan een bestaande woning lastig te doen is kan wel een analyse van de belangrijkste factoren worden gemaakt.

-Direct voelbaar in de huishoud portemonnee zijn de **nutskosten**. De ontwikkeling van deze kosten tegen een achtergrond van oplopende energiekosten is betrekkelijk eenvoudig vast te stellen. Deze indicator is tamelijk grof en gevoelig voor externe invloeden.

-Een over de volle breedte van alle aspecten bij duurzaamheid reikende beoordeling zou uit een vergelijking met een **keurmerk** kunnen worden verkregen. Dat blijkt in praktijk niet goed haalbaar te zijn voor de particulier met een jaren dertig woning.

-Het resultaat kan met **referentie niveaus** worden vergeleken: het “passive house”, een “energie neutraal huis” en een “autarkisch systeem”.

-Vervolgens is met het eigen rekenmodel de warmtehuishouding voor en na de transitie door te rekenen. Dat geeft een weers- en gebruikersgedrag onafhankelijk inzicht in de voornaamste energieverbruiker: de verwarming. Met het rekenmodel zijn diverse **kentallen** te berekenen.

-Tenslotte is er het **energielabel**. Daarmee is een globale maar objectieve norm beschikbaar waarmee het resultaat met de huidige bouwvoorschriften en met andere typen huizen kan worden vergeleken.

Hieronder wordt een aantal veel gebruikte kenwaarden stuk voor stuk nader bekeken en, via een kwalitatieve selectie, tot een voor dit transitieproject bruikbare set teruggebracht.

Ecologische voetafdruk

De 5 meest maatgevende factoren, die in 2012 gevonden werden bij de ecologische voetafdruk (duurzaamheidinactie.nl), zijn voor en na de huis 1938 transitie naast elkaar gezet in de tabel hieronder. Verder is in de periode tussen 2012 en 2016 ook breder gekeken naar effecten van gedrag van de bewoners van huis 1938 dat de voetafdruk beïnvloedt. Zo is overgestapt op biologisch voedsel uit de regio en is vlees vrijwel verdwenen uit het menu.

De top 5 factoren in de ecologische voetafdruk voor en na de huis 1938 transitie

		1 oktober 2012	1 oktober 2016	verschil
1	Gasgebruik	2454 m3/jaar	0 m3/jaar	-100 %
2	Papiergebruik	Abonnementen, post, drukwerk	Abonnementen, post, drukwerk	0
3	Auto kilometers	30.000	30.000	0
4	Vliegtuigkilometers	1x/jaar	1x/jaar	0
5	Elektragebruik	2371 kWh/jaar	0 kWh/jaar	-100 %

Een op 4-10-2015 ingevulde online quick-scan (duurzaamheidinactie.nl) om de per eind 2016 te bereiken voetafdruk nader te bepalen resulteerde in totaal 8.5 ha. De samenstellende onderdelen uit die berekening geven in afnemende volgorde de volgende bijdragen:

Mobiliteit 6.23 hectare (73.59% van de totale voetafdruk)

Na de transitie geeft de factor ‘mobiliteit’ een allesoverheersende bijdrage van 74% aan de ecologische voetafdruk. De privé auto kilometers nemen daarvan 51% en vliegvakanties nemen de overige 22.6% in beslag.

Voedsel 1.14 hectare (13.52%)

Hier vallen de vis (5.5%) en de verse groenten en fruit uit de regio (7.2%) als grootste bijdragen op.

Wonen 0.92 hectare (10.9%)

Aan de factor wonen valt weinig meer te sleutelen omdat het grondoppervlak van woning (3%) en van de tuin (4%) vast ligt.

Papiergebruik 0.41 hectare (4.82%)

Hier kunnen de krant en de tv gids nog worden opgezegd maar het meest is Ongevraagd drukwerk dat in de brievenbus valt.

Energieverbruik 0.17 hectare (2%)

Hieruit wordt duidelijk dat na de transitie het autogebruik en de vliegvakanties de ecologische voetafdruk in hoge mate bepalen, en niet het huis en het energiegebruik.

Nuts kosten

Stappen zetten in duurzaamheid van 'huis 1938' tussen het begin van het project in oktober 2012 en het eind in 2016 krijgt een eerste positieve impuls door naar de vermindering van het energiegebruik te kijken. Tussentijds in 2014 is al naar de bereikte besparing op gas, elektriciteit en waterverbruik gekeken via "metingen" in de meterkast. Hier mee is af te schatten hoeveel werk en investering nog nodig is om een tevoren vastgesteld niveau te behalen, bijvoorbeeld "50% verbruiksvermindering". De vermindering van de kostenpost 'nutsbedrijven' wordt het meest direct gevoeld in de huishoud portemonnee. De "nuts" kosten waren in februari 2014, binnen iets meer dan een jaar na het begin van het project, tot minder dan de helft gedaald. Hierbij is wel met 8% per jaar kostenstijging gerekend. Als het nutskostenbedrag in Euro per maand wordt vergeleken is de daling sinds november 2012 iets minder dan 50%. De zachte winter van 2013-2014 speelt hierbij ook een rol zodat deze "winst" met de nodige voorzichtigheid moet worden bekeken. In hoofdstuk 3 is een grafiek van de veranderende maandlasten opgenomen. Zowel het weer als de prijsontwikkeling hebben invloed op de gemeten verbetering. Het zou een groter aantal jaren vergen om het effect van de transitie nauwkeuriger te kunnen bepalen. Al met al zijn de nutskosten dus geen nauwkeurige indicator voor de bereikte duurzaamheidswinst.

Keurmerk

Er is echter meer aan de hand dan vermindering van het verbruik en de daarmee samenhangende kostenbesparing. Werkzaamheden door derden zijn bijvoorbeeld niet op duurzaamheid beoordeeld. Ook de toegepaste materialen en de geleverde apparatuur zijn dat niet. Hoe is bijvoorbeeld te controleren dat de fabricage van PV panelen in China -zoals door de fabrikant geclaimd- echt duurzaam is gebeurd (CanadianSolar.com)?

Meer inzicht krijgen zou zoiets als een Life Cycle Analysis (LCA) voor alle in het huis 1938 project ingebrachte producten vereisen. In het kader van deze case studie is dat niet gedaan omdat het vergaren van alle benodigde gegevens een waar monnikenwerk zou zijn. Bovendien, omdat bedrijven die gegevens niet publiceren, is dat voor een particulier of consument ook niet uitvoerbaar. De duurzaamheid zou door fabrikanten moeten worden aangetoond, bijvoorbeeld met tests, leidend tot een certificaat van conformiteit aan een norm of keurmerk bij hun product. Over sommige zaken zijn geen twijfels, over andere wel. Zo zijn, zelfs volgens critici, de PV zonnepanelen in Nederland per opgewekte kWh zonder twijfel nog 4 à 5 keer milieuvriendelijker dan een met gas of steenkool in een centrale opgewekte kWh (lowtechmagazine.be).

Ondanks de grote verschillen tussen losse onderdelen zijn er wel degelijk keurmerken voor het geheel van duurzaam bouwen. Het compleet uitbesteden van werkzaamheden voor een duurzaamheidsverbetering aan een woning zou bijvoorbeeld aan een dergelijk keurmerk kunnen worden getoetst. Hier is het NIBE initiatief van de DUBOkeur interessant. Dit is een op rekenmodellen en concrete eisen aan energie, materialen, water, comfort en gezondheid gebaseerde brede en onafhankelijke beoordeling van de duurzaamheid van een woning (dubokeur.nl).

De DUBOkeur eisen, toegepast op de huis 1938 situatie, zijn:

B1-De EPC is 25% beter dan de 0.60 uit het bouwbesluit.

B2-Wek meer dan 10% van het energiegebruik in de woning met PV of collectorpanelen op

B3-Haal een NIBE materiaal prestatie norm MPN score > 8.0

B4-Pas alleen hout toe met FSC- of PEFC keurmerk

- B5-Gebruik minder dan 100 liter drinkwater per persoon per dag volgens de WPN rekenwijze
- B6-Gebruik lage temperatuur verwarming.
- K1-Beperk temperatuuroverschrijding tot < 2.00 volgens TO-juli, NEN 5128
- K2-Realiseer 40% meer daglicht toetreding dan vereist in het bouwbesluit
- K3-Maak de ventilatie conform de ontwerpberekeningen
- K4-Realiseer 20% meer capaciteit in ventilatie dan vereist in het bouwbesluit
- C1-Compenseer met vernieuwende concepten als twee K eisen niet gehaald worden.

Voldoet huis 1938 daar aan?

De eisen K3 en K4 zijn niet van toepassing in huis 1938 dat is ontworpen zonder geforceerde ventilatie. Dat betekent dat C1 nodig is om als compensatie te dienen. Het bij B2 en B5 zeer ruim halen van de aangegeven norm en het geheel gas, water en elektriciteit neutraal maken van deze jaren dertig woning zou hier voldoende moeten zijn. De warmtepomp in de uitbouw achter kan als vernieuwend concept gelden.

De eisen B1, B2, B5 en B6 zijn in dit project gehaald. Aan de eis K1 is bij afwezigheid van mechanische koeling voldaan (Dijk & Spiekman, 2006). Zonwering aan de voorzijde houdt bij temperaturen van rond 30 °C de warmte nog voldoende buiten. De eis K2 komt neer op een raam oppervlak > 10% (met een minimum van 0.5 m²) van het vloeroppervlak van elke ruimte met een woonfunctie (Bouwbesluit, artikel 3.74 en 3.75). Voor huis 1938 is hier met 23 m² raamoppervlak en 173 m² vloeroppervlak ruim aan voldaan. Alleen de bijkeuken en de wc beneden zijn misschien wat krap bemeten.

Het halen van de eisen B3 en B4 moet echter voor het hele huis als onmogelijk worden beschouwd. Op projectniveau is het deels wel mogelijk want er is voor FSC hout gekozen.

Voor huis 1938 is het overgrote merendeel van de bouwmaterialen immers al in 1938 gekozen en toegepast. In de loop van de jaren zijn er relatief kleine veranderingen aangebracht, allemaal met materialen waarvan de milieuprestaties niet bekend zijn. Pas de laatste paar jaar is hout met FSC keurmerk verkrijgbaar in doe-het-zelf winkels. De DUBOkeur is voor renovatie van een oudere woning -jammer genoeg- dus niet onverkort bruikbaar.

Voor het toepassen van de NIBE materiaal prestatie norm (MPN) zijn bovendien een toegangscode en een wachtwoord tegen betaling als eis gesteld. Niet iets waar je als particulier graag aan begint. Voor een renovatie woning zou het aantal sterren in de Breeam-nl keur van DGBC in theorie het meest brede beeld van de duurzaamheidsprestatie van huis 1938 opleveren. Het gaat hier echter om een omvangrijk traject waarbij een onafhankelijke derde het werk van een deskundige moet beoordelen (Naber & Beijnum, 2013). Ook hier geldt voor een particulier dat dit onaantrekkelijk is vanwege de extra kostenpost.

Voor particulieren is voor renovatieprojecten dus een andere, onafhankelijke, eenvoudige, vrij en praktisch bruikbare norm nodig.

Referentie niveaus

De veel gebruikte aanduidingen voor de duurzaamheid van een huis met de niveaus “passive house”, “energie-neutraal” of zelfs “autarkisch” zoals een earth-ship, bieden hier weinig soelaas. Het zelf vast stellen of een huis aan een van deze eisenpakketten voldoet is bij de tweede en de derde eenvoudig maar niet bij de eerste. Het bepalen of de “passive house” norm gehaald wordt is vooral gebaseerd op een complexe berekening aan de isolatiewaarden en de bijbehorende warmtestromen.

Dit voegt dus niet zoveel toe aan andere kentallen die met het eigen thermisch rekenmodel vast gesteld kunnen worden.

Het opmerkelijke is dat een huis wel “energie neutraal” kan zijn maar toch bij lange na niet de “passive house” norm haalt. Kortom: een slecht geïsoleerd huis met energie slurpende apparatuur met genoeg zonnepanelen haalt toch het niveau “energie neutraal”. Die term zegt dus niet zo veel over duurzaamheid maar des te meer over de nutskosten.

Voor dit project is de term “autarkisch” niet als doel gesteld en is daarmee dan ook niet bruikbaar als prestatienorm.

De drie niveau aanduidingen hebben daarmee ook geen logische onderlinge volgorde langs de as van de duurzaamheid.

Een huis zou idealiter een combinatie van energiezuinigheid, nagenoeg nul als balans met de omgeving en in een bepaalde mate onafhankelijk maar grid-gekoppeld moeten zijn.

De drie niveau aanduidingen zijn daarmee elk op zich onvoldoende representatief voor het duurzaamheidsresultaat.

De vergelijking met het “passive house” eisenpakket is het meest zinvol. Het gaat dan met name over de bereikte isolatiewaarden bij huis 1938. Het thermisch rekenmodel is gebruikt voor een berekening aan de “voor” en de “na” situatie.

De vergelijking van de bereikte ‘huis 1938’ prestaties na de ingreep met de belangrijkste “Passive house” eisen levert het beeld in de tabel hieronder op:

	Passive house eis	Huis 1938 prestaties
Buitenwanden	$< 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$	Spouwmuren $0.59 \text{ W/m}^2\text{K}$ Woonkamer $0.29 \text{ W/m}^2\text{K}$
Deur- en paneel vlakken	$< 0.80 \text{ W/m}^2\text{K}$	Houten vlakken $0.56 \text{ W/m}^2\text{K}$
Beglazing inclusief kozijnen	$< 0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$	$1.30 \text{ W/m}^2\text{K}$
Dak (gerenoveerd)	$< 0.35 \text{ W/m}^2\text{K}$	$0.32 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vloeren	$< 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$	$0.23 \text{ W/m}^2\text{K}$
Luchtdichtheid	zeer goed	tochtdicht
Ventilatie WTW	continu	niet aanwezig
Invang zonlicht	maximaal	groot glas oppervlak op het zuiden

In deze vergelijking is direct te zien dat met spouwmuurisolatie nooit aan de ‘Passive house’ eis te voldoen zal zijn. Een 15 cm isolatielaag past eenvoudigweg niet in een spouw van 6 cm. Omdat de muren het grootste en meest beeldbepalende oppervlak van het huis zijn kan het huis die norm niet halen zonder zeer vergaande maatregelen. Het hele buitenblad van de spouwmuur opnieuw op metselen met de zelfde soort rode bakstenen en daarbij ruimte voor deze bredere spouw met isolatie laten is technisch mogelijk maar erg ingrijpend. Het leidt tot verschil van kleur met het huis van de buren. Het leidt ook tot een afwijking met de afmetingen in de oorspronkelijke bouwvergunning. Binnen in de woning een laag van 10 cm EPS tegen alle muren van de schil aanbrengen is eveneens mogelijk maar niet praktisch omdat veel van de oorspronkelijke details in de betimmeringen rond deuren en ramen zo onzichtbaar worden. Het isoleren beperken tot de spouw opvullen bepaalt zo de grens van het redelijke bij het isoleren van dit jaren dertig huis.

Kentallen

Met het eigen thermisch rekenmodel zijn de schil-isolatiewaarden te berekenen voor en na de transitie. Bij 'huis 1938' is het eindresultaat van het project zo nader te beoordelen.

In hoofdstuk IV zijn veel gebruikte kentallen geïnventariseerd. Met behulp van het rekenmodel zijn ze zowel voor als na de transitie bepaald via het rekenmodel en uit de zelfde set brongegevens.

Hierbij is het volgende gebleken:

Het *warmteverlies* is afgenomen door de aanvullende isolatie in spouwmuren, beglazing, houten vlakken, dak en vloer. De *globale K-waarde* en het *K-peil* zijn eveneens veranderd door de extra isolatie. De *energie index* (EI), de *energie prestatie coëfficiënt* (EPC), de *EPC (België)*, en de *E-peil* waarde zijn veranderd door de combinatie van alle ingrepen samen.

De kentallen die na de ingrepen uit de diverse berekeningen komen zijn in de tabel hieronder bijeengebracht. Ter vergelijking zijn ook enkele waarden opgenomen die voor het oorspronkelijke ontwerp in 1938 bij de bouw golden.

Kental	Bouw 1938	Start Nov 2012	Na Okt 2016	Toelichting
- Nutskosten	-	215	30	Euro/maand W+E
- DUBO Keurmerk		B K C ----- vv-- -	B K C vv--vv vv-- v	(-=nee, v=ja)
1 Warmteverlies	13.4	8.3	5.5	kW/j gem 20/8 °C bi/bu
2 Globale K-waarde	5.33	2.21	1.47	W/m²K
3 K-peil	-	K210-K160	140	
4 EI	-	1.38	0.69	
5 EPC	-	1.45	0.75	(ruwe schatting)
6 EPC(België)	-	252	202	kWh/m² (excl. WP1)
7 E-peil	-	E149	E74	
8 Energielabel	G	C (bijna D)	A	schatting/meting/schatting

Energielabel

De kenwaarde met een bijzondere plaats, het onafhankelijk vastgestelde energielabel, is toch wel het belangrijkste in de rij. Hoe zou het energielabel in huis 1938 veranderd zijn? Om die vraag te beantwoorden is op 26 april 2014 de dan nog fonkelnieuwe website "energielabelatlas.nl" gebruikt. Op 25 april 2014 werd deze site landelijk gelanceerd met o.a. een NOS journaal item. De site geeft het eerder in 2009 officieel vastgestelde label C (bijna D) aan. De zelfde huizen er naast en soortgelijke huizen in de buurt hebben vrijwel allemaal energielabel G toebedeeld gekregen op basis van hun bouwjaar (energielabelatlas.nl). Dit niveau G klopt ook met de uitgangswaarde voor jaren dertig woningen in het '033energieneutraal' project in Amersfoort. Daar wordt vanaf oktober 2012

aan de voorbereidingen gewerkt. Het plan is om door bedrijfsleven en overheid met behulp van een voorbeeldhuis de duurzaamheid in een jaren dertig buurt aan te pakken. In het voorjaar van 2014 worden er aannemers bij betrokken (033energieneutraal.nl).

Het niveau verschil tussen start label G en label C (bijna D) geeft een indicatie van het tussen 1984 en 2009 al behaalde resultaat in huis 1938. Met het rekenmodel kunnen warmteverlies en globale K-waarde teruggerekend worden voor de situatie in 1984. Als de vanaf oktober 2012 gerealiseerde maatregelen en de verdere plannen in huis 1938 op de site worden ingevoerd ontstaat er een globale - maar onafhankelijke - verificatie van het eigen rekenmodel. Het blijkt niet mogelijk om de al gerealiseerde warmtepomp in te voeren in het rekenmodel op de site. Er komt -desondanks- uit dat 'huis 1938' in april 2014 op label B is aangekomen (energielabelatlas.nl). Als in 2016 de extra dak isolatie, extra vloerisolatie ter plaatse van de kruipruimte en het 3 laags glas ook in de lichtkoepels en in de ramen op de 1^e verdieping zal zijn aangebracht, voorspelt het rekenmodel op deze site energielabel A. Dat betekent dat er met het project in elk geval, en nog zonder rekening te houden met de effecten van de al geplaatste warmtepomp in de uitbouw achter, een duidelijk en stevig resultaat zou moeten zijn bereikt: van label C (bijna D) in 2012 naar een geschat label A in 2016. De tabel laat de ontwikkeling van huis 1938 langs de schaal van het energielabel zo duidelijk zien: oorspronkelijk gebouwd als "G", enige tijd voor de start van de transitie voor het eerst gemeten als "C (bijna D)" en aan het eind van de transitie opnieuw geschat op "A".

Knelpunten

Er blijken veel knelpunten tijdens de uitvoering naar voren te komen die bovendien zeer verscheiden van aard zijn. Hier onder staan ze op een rijtje:

Gebrek aan integraal transitie advies

Een 'sustainability make over' werkplan kan je niet in de buurt kopen. Niet standaard en niet als maatwerk. Adviesbureaus richten zich vooral op bedrijven, openbare gebouwen en op nieuwbouwprojecten. Er is maar weinig advies over voor de particuliere woningbezitter hoewel op landelijk niveau de aanbieders in aantal toenemen. Er blijken geen lokale consultants, geen hoofdaannemers en geen financiële adviseurs actief te zijn die dit transitie traject compleet bestrijken. Voor jaren 50 – 80 woningen is wel een campagne gestart in de loop van 2015.

Gebrek aan integraal markt aanbod

Een 'sustainability make over' kan je niet zomaar bestellen. Afgezien van het feit dat lokaal advies niet gemakkelijk te krijgen is blijken aannemers toch weinig kijk op een compleet transitie project te hebben en is de sterk gespecialiseerde leveranciersbasis nog grotendeels bij traditionele werkverdelingspatronen bepaald. Bestaande leveranciers zijn enthousiast maar niet goed toegerust voor nieuwe duurzame technieken. Ze hebben geen ervaring maar pionieren zelf binnen hun eigen specialisme. Zoals al genoemd is dit voor jaren 50-80 woningen al wel in ontwikkeling.

Gebrek aan concurrentie

Er is hiermee ook geen herkenbaar "sustainability make over" aanbod in de markt, laat staan concurrentie. Het laten ontwerpen en uitvoeren van een geheel transitietraject is daardoor een

riskante aangelegenheid. De technische geschiktheid, de coördinatie en de prijs zijn zo niet in vertrouwde handen.

Gebrek aan specifieke financiële steun

De ‘particuliere woningbezitter met een duurzaamheids ambitie’ is recent wel als klantengroep op de kaart terecht gekomen. Hij kan een subsidie advies kopen, een hypotheek aanpassing doen of een geldlening verkrijgen (Abnamro.nl) (ikinvesteerslim.nl).

Voor zonnepanelen is de subsidieregeling qua omvang beperkt maar duidelijk en efficiënt geregeld. Warmtepompen worden bij bedrijven wel maar bij particulieren niet met subsidie gesteund. Bij de spouw isolatie bleek eveneens geen subsidie (meer) beschikbaar te zijn. Voor al de andere in deze transitie uitgevoerde deelprojecten werd bij de start in oktober 2012 geen subsidiemogelijkheid gevonden. Zo was er ook geen financiële ondersteuning voor een transitie project als geheel, bijvoorbeeld via een speciale lening. Tijdens de periode van 4 jaar zijn wel enkele nieuwe financieringsvormen op de markt gekomen maar die pasten niet bij een enkele woning of niet bij de inmiddels bereikte tussenstand van het transitieproject (energiesubsidiewijzer.nl). Zo valt “doe-het-zelf werk er niet onder en is er een te krap maximum bedrag (ikinvesteerslim.nl).

De benodigde financiële middelen zijn daarom bij de aanvang al direct gereserveerd uit het spaargeld. Tijdens het lopende huis 1938 transitietraject is daarom niet alsnog een financiële ondersteuning gezocht in de vorm van een aanpassing van de hypotheek of in de vorm van een ‘groene lening’ (Abnamro.nl) omdat die niet nodig was en niet paste bij de inmiddels bereikte tussenstand in huis 1938. Voorbeeld: lening voor de verbetering van enkel glas naar dubbel glas terwijl de uitdaging die voor lag in de transitie was het vertrekken vanuit dubbel glas naar drielaags glas.

Gebrek aan kennis

Het voorbereiden en uitvoeren van dit transitie traject was een meer dan leerzame ervaring. Als leek is het traject niet zelfstandig te doen. Er is veel technische kennis nodig om de weg tussen verkoopbrochures en ontbrekende of juist te overdadige technische informatie te vinden. Ook is de stand der techniek op diverse terreinen sterk in beweging waardoor het kiezen van de beste oplossingen uitermate lastig is. Bestaande technieken worden als duurzaam en groen verkocht terwijl nieuwe en betere oplossingen geen aandacht krijgen. Leveranciers pionieren zelf ook met de nieuwe apparatuur.

Veranderingen bij energie labels op apparaten

Bij de aanschaf van huishoudelijke apparatuur ontstaat meteen al een obstakel. Omdat de energielabel normen in de EU gewijzigd is de energie prestatie vergelijking met oudere apparatuur moeilijk te maken. Een verkeerde en te optimistische indruk ontstaat al gauw, namelijk dat er zonder enige moeite al tientallen procenten elektriciteitsverbruik te winnen zouden zijn. Meten van het verbruik verschaft meer zekerheid dan de gegevens op oude en nieuwe energie labels vergelijken.

Veel doe het zelf werk

De realisatie van het werkplan, zoals in deze ‘case study’ per deelproject is beschreven, leverde ook heel veel kluswerk op. Met name die grote omvang van het eigen kluswerk -om het betaalbaar te houden- leidt er toe dat het transitie traject enkele jaren duurt.

Pionieren en de 'learning curve'

Vrijwel alles vereist iets dat voor de eerste keer gedaan wordt en dus is er overal een 'steep learning curve'. Pionieren betekent ook dat er in de directe bekendenkring geen mensen te vinden zijn die ook met zo'n traject bezig zijn. Een uitzondering hierop is het plaatsen van zonnepanelen. In de loop van 2013 blijken enkele collega's, vrienden en burens er ook mee bezig te zijn gegaan. Zonnepanelen worden zichtbaar in het straatbeeld. Zonnepanelen en spouwmuur isolatie zijn in de duurzaamheidswereld de spreekwoordelijke 'broodjes van de bakker': gemakkelijk uit te besteden, snel te realiseren en bovendien ook in korte tijd terugverdiend.

Opdelen en ontvlechten van het oude systeem als obstakel

Een groot obstakel blijkt te zijn dat huizen een sterke verknoping tussen de technische installatie en het bouwkundige deel hebben. Als particulier met een bescheiden budget is het belangrijk om de kosten voor de transitie in kleine brokken over de tijd te kunnen uitsmeren. Vaak toegepaste modieuze methoden, zoals in muren en vloeren weggewerkte leidingen en centralisatie of integratie van functionaliteit, zoals een bij combi CV ketel, maken dat opdelen in brokken moeilijk of zelfs onmogelijk. Het gebruik van warmtepompen die alleen geschikt zijn voor vloerverwarming leidt in oudere huizen met ongeïsoleerde vloeren en een kruipruimte tot grote en ingewikkelde verbouwingsprojecten en tot grote uitgaven ineens. Meer flexibiliteit, decentrale apparatuur en scheiding tussen installatiedelen en bouwkundige functies maakt een stap voor stap benadering beter mogelijk. Leidingen in koven, goten en tunnels zijn eenvoudiger te veranderen. De oude systemen kunnen dan geleidelijk afgebroken worden terwijl nieuwe systemen de voorzieningen tijdens de transitie stukje bij beetje overnemen. De duurzame nieuwe technologie van de toekomst zou uit kleinere modules moeten bestaan zodat de particulier met een smalle beurs met deze bouwstenen geleidelijk een duurzaam systeem kan vormen.

Huishouden moet doorgaan

Door opsplitsen van de project werkzaamheden in heel veel kleine stukjes is het huishouden in huis 1938 nauwelijks onderbroken geweest. Het moeilijkste was de opvulling en afdekking van de kruipruimte waardoor de woonkamer en de keuken ruim een week buiten gebruik waren. Het vele leidingwerk compliceerde de zaak aanzienlijk. De lange looptijd maakt het door kunnen gaan van het huishouden een voorwaarde voor succes. Enkele maanden een ander verblijf huren zou nog kunnen maar vier jaar elders wonen is niet realistisch.

Niet één groot project ineens

Een onbeantwoorde vraag blijft of het eindresultaat technisch beter van kwaliteit zou zijn geweest als niet was gekozen voor het opsplitsen in onderdelen maar voor één groot project ineens. Voor een particulier is die geleidelijke stap voor stap weg eerder en gemakkelijker te bewandelen dan de weg waarbij een groot project in handen van derden wordt gegeven. Gezien het prille ontwikkelingsstadium in de transitie project markt is dat laatste riskant, onverstandig, duur en misschien zelfs onhaalbaar. Zeer opmerkelijk is dan ook dat de overheid precies tegengesteld hieraan "een grondige renovatie ineens" beter noemt dan "opeenvolgende kleine aanpassingen" in de adviezen voor particulieren (Witkamp et al, 2011). Dit advies geeft te denken, niet in de laatste plaats omdat ook andere pioniers hun transitie inspanning in kleine stukken verdeeld poogden te doen (Duurzamehuizenroute.nl). Deze situatie gaat hoogstwaarschijnlijk helemaal veranderen als veel

meer particulieren zich met hun huis aan een transitie gaan wagen en als projectfinanciering ruimer wordt.

In de toekomst zal het adagium “*de burger kan het niet alleen*” (Bosman et al, 2013) terrein gaan winnen. Dit vooral omdat er met schaalvergroting belangrijke kostprijsvoordelen te behalen zijn. Als transitie werk door de learning curve heen is kan het sneller en trefzekerder gebeuren dan een pionier het ooit kan doen. Een gezamenlijke transitie aanpak in korte tijd wint het immers altijd van veel aparte trajecten met verschillende aanpak en lange looptijden.

Onzekerheden in het overheidsbeleid

Er zijn veel verwarrende geluiden in de media over wat de overheid van plan is met energie in de komende jaren, over of er wel of niet belasting geheven gaat worden op zonnestroom, over of Chinese zonnepanelen een hoge invoer heffing krijgen of niet, over of PUR spouw isolatie gevaar voor de gezondheid inhoudt, over nutsbedrijven die failliet dreigen te gaan, over of er subsidie op energiebesparing komt of niet, hoe het met het aardgas verder moet, of Nederland de klimaat doelstellingen van de EU wel haalt, enzovoorts. De overheid lijkt met een weifelachtige houding en een zwak en zwalkend beleid de jonge duurzaamheidsmarkt eerder in de kiem te smoren dan hem voorzichtig op te kweken (Bouma, 2013-C) (Krozer, 2013). De particulier die op het punt staat te beslissen om er veel geld in te steken is met die onzekerheid niet gebaat, het bedrijfsleven dat met de nieuwe uitdagingen aan de slag is gegaan is dat ook niet. De overheid loopt vast met de aangegane verplichtingen want de realisatie van de Nederlandse duurzaamheidsambities lijdt er onder. De kwijnende bouwsector pakt de kansen die in transitieprojecten verscholen liggen niet genoeg op. De hoop is gevestigd op het Energieakkoord, daarmee zou de markt een flinke impuls moeten krijgen (Kallenberg, 2014). Begin oktober 2015 gonst het van de geruchten de regering zou de doelen van het energie akkoord niet gaan halen. Minister Kamp meldt duurzaamheid subsidies gaan verstrekken aan particulieren en ondernemers voor zonneboilers, biomassa ketels en warmtepompen vanaf 2016 (Rijksoverheid.nl, 2015).

Weinig stimulans

Eenmaal beland aan het voorlopige einde van het traject valt op dat het ook gewoon plezierig is om als pionier iets concreets aan duurzaamheid te kunnen doen. Niets is zo stimulerend als de flink lagere maandkosten van het nutsbedrijf. De grote brokken werk, zonnepanelen, spouwisolatie, een geïsoleerde betonvloer, een nieuwe groepenkast en een warmtepomp laten aanbrengen, konden goed worden uitbesteed. De vele kleinere werkzaamheden zoals het na-isoleren, het interieur herstellen, het ingraven van lange elektra leidingen door de tuin en het plaatsen van tientallen voorzetramen is zonder hulp van derden gedaan. Een beetje van klussen houden blijkt wel een voorwaarde voor succes te zijn.

De elektriciteitsmaatschappijen laten pas na een periode van maximaal een jaar de salderingsresultaten goed zien. Ze beperken de kostenvermindering na het plaatsen van zonnepanelen ook een tijd tot een vaste vervaldatum is gepasseerd.

Lastige vaststelling van het jaarverbruik

Vaststellen van het totale gas, water en elektra jaarverbruik is eenvoudig te doen aan de hand van de facturen van de nutsbedrijven. Het uitzoeken van welk apparaat welk aandeel daarin voor z'n rekening neemt is ingewikkelder. Maar juist dat is belangrijk voor de keuze van de prioriteiten. Van elektrische apparaten is het verbruik in Watt direct te meten na de aanschaf van een speciaal

apparaatje: de Watt-meter ([Alecto.nl](#)) ([Vekto.nl](#)) ([Conrad.nl](#)). Voor water- en gasverbruik moet op de meters in de meterkast gekeken worden. Bij het vaststellen van het waterverbruik komen een litermaat en een stopwatch goed van pas.

Een handige hulp voor de inventarisatie, en de rekensom daarna, is een Excel rekenblad waarin alle apparaten op een rij staan en het verbruik aan de hand van hoe lang en hoe vaak een apparaat aan staat wordt berekend. (Zie bijlage 1)

Efficiënt opzetten van een thermisch rekenmodel

Een rekenmodel is handig als het voldoende rekening houdt met de vragen die er mee beantwoord moeten worden. De ervaring tijdens de transitie heeft geleerd dat modelleren van de thermische eigenschappen van “schil” tussen binnenruimte en buitenruimte alleen niet genoeg is. Er bleek ook behoefte aan een onderscheid tussen energie neutrale scheidingswanden (met de burens), buitenoppervlakken (muren en daken) en contactvlakken met de bodem. Een indeling per kamer was nodig voor de bepaling van de warmtebehoefte.

De vereenvoudigde werkelijkheid van gelijke temperaturen in het hele huis leidt tot een overdimensionering van de warmtevoorzieningen in minder gebruikte en meestal dus ook minder verwarmde ruimten. Het rekenmodel zou hier met temperatuurverschil tussen de verschillende ruimten kunnen werken. Dit kan als het bijvoorbeeld volgens een eindige elementen methode zou zijn opgebouwd. Dit is echter voor de meeste huis eigenaren niet zelf te doen. Er is daarom voor de eenvoudigere oplossing van een “isotherm huis” gekozen.

Voor het maken van een voldoende nauwkeurige analyse en besluitvorming over welke zaken het eerst moeten en welke zaken later of misschien helemaal niet worden gedaan, moet het rekenmodel in elk geval de volgende elementen bevatten:

- Een nauwkeurig overzicht van schil-, vloer- en neutrale scheidingsoppervlakken per kamer.
- Vast gekozen waarden voor binnen-, buiten- en bodemtemperaturen.
- Een keuze aan toe te passen combinaties van schil- en vloer constructielagen per m².
- Betrouwbare thermische materiaaleigenschappen van toegepaste materialen in de schil.
- Een berekening van warmtestromen van binnen naar buiten door de schil per kamer en totaal.
- Een berekening van diverse kentallen voor- en na de transitie.

Ook dit is met een Excel rekenblad goed te realiseren. (Zie bijlage 2)

Instandhouding als onzekere factor

Moeilijk te beantwoorden is de vraag hoeveel wel of niet duurzame doe-het-zelf activiteiten, ingekochte materialen en nieuw geïnstalleerde apparatuur zijn ingezet en nog zullen worden ingezet om het eindresultaat te verkrijgen en vervolgens bijvoorbeeld 25 jaar in stand te houden. Als die inzet het bereikte duurzaamheidseffect door daling van het verbruik van gas, water en elektriciteit geheel neutraliseert zou er niets gewonnen zijn. Dit lijkt echter zeer onwaarschijnlijk.

Bij het uitvoeren van werkzaamheden aan het huis in eigen beheer is een handig gidsje voor duurzaam klussen van Milieu Centraal gebruikt. Waar het kon is voor duurzaam gekozen ([Loggem, 2004](#)).

Wooncomfort

Het geheel van projecten in de transitie heeft het wonen in- en het beheren van huis 1938 veranderd. Hoe heeft dat comfort, gemak, geluid, licht, temperatuur, lucht en de esthetische

aspecten beïnvloed? Hoe gebruiksvriendelijk zullen de nieuwe installatie zijn en hoe zal het onderhoud verschillen van de situatie vóór oktober 2012. Hoe robuust is het geheel als naar gedrag van de bewoners en naar nieuwe omstandigheden zoals klimaatverandering in de toekomst wordt gekeken (Witkamp et al, 2011)?

Comfort

Zonnepanelen hebben geen noemenswaardige impact op het wooncomfort. De omvormer in de trapkast zit niet in de weg. De kabels zijn netjes weggewerkt.

De voorzetrampen zijn als een verandering ten goede ervaren, er is minder koudeval in de zithoek. De warmtepomp en de extra isolatie hebben de uitbouw achter een beter comfort gegeven, zeker toen eenmaal duidelijk was hoe hij bediend moest worden en er een scherm tegen ongewenste luchtstroming bij was gezet.

De huiskamer werd comfortabeler door de spouwmuur isolatie en de vervanging van de kruipruimte door een geïsoleerde vloer.

Gemak, geluid, licht, temperatuur, lucht en de esthetische aspecten

De extra beglazing onder de lichtkoepels droeg bij aan een behaaglijker gevoel en minder lawaai tijdens regenbuien. De klus aan de nieuwe geïsoleerde woonkamer en keukenvloer ging gepaard met een kleine aanpassing aan een kast midden in de kamer: die werd kleiner. Daardoor, en door de opknapbeurt van het parket, werd het iets lichter in de huiskamer. De zwakke maar altijd aanwezige en dus irritante geur uit de kruipruimte is verdwenen. Het opnieuw aanleggen van de elektra voorzieningen heeft identieke stopcontacten op gelijke hoogten opgeleverd, en daarmee een kleine esthetische verbetering.

Gedrag van de bewoners

Als een huis maximaal energiezuinig gemaakt is, wat doen de bewoners dan? In 2009 is hieraan onderzoek gedaan om het energie gerelateerde gedrag van de bewoners in 5000 huishoudens te doorgronden. De onderzoekers stelden vast dat de groep bewoners van huizen met energie labels C, D en E (circa 50% van het totaal, samen 3.4 miljoen woningen) een groot potentieel effect op de energiebesparing in de Nederlandse woningvoorraad hebben. Zij voelen geen comfortverlies zoals de label F of G huizenbezitters als ze zuiniger met energie om gaan. Huizen met labels A en B hebben een duidelijk kleiner potentieel effect op de te behalen totale besparing. Er is veel bekend over gedrag van bewoners, bijvoorbeeld dat zij vanaf een leeftijd van 70 jaar duidelijk hogere temperaturen, van 18 oplopend naar 21 graden Celsius, de voorkeur geven. Bij afwezigheid wil een deel van de bewoners de temperatuur lager instellen maar de onderzoekers constateerden dat de programmeerbare thermostaten in ruim 2/3 van de woningen dit minder gemakkelijk maken dan met een hand-thermostaat het geval zou zijn. Een ruime meerderheid van de bewoners laat een eenmaal geprogrammeerd temperatuurverloop ook bij hun afwezigheid doorgaan. Dit leidt bij slecht geïsoleerde huizen tot een vermijdbaar warmteverlies (RIGO, 2009).

Bij een goed geïsoleerd huis ligt dat anders. De thermische traagheid wordt dan zo groot dat bij kortdurende afwezigheid beter gewoon door gestookt kan worden (Tigchelaar et al, 2013). Dit sluit dus –opmerkelijk genoeg – aan bij het bestaande gedrag van 2/3 van de bewoners. In huis 1938 is er al tientallen jaren een strak temperatuur regime van kracht. In de nacht en bij afwezigheid langer dan een halve dag worden de thermostaten op 15 graden Celsius afgesteld. In alle andere gevallen is dat 20 graden Celsius.

Financieel inzicht

Het transitieproject maakt het bekijken en bewaken van de financiële gang van zaken vanuit verschillende invalshoeken nodig. Hiervoor is een Excel rekenblad opgezet dat de volgende activiteiten ondersteunt :

- Vertaling energiebesparing naar kostenbesparing
- Het registreren van alle financiële zaken,
- De bewaking van de kosten ten opzichte van het budget,
- De beslissing nemen welk volgend deelproject het gunstigst is op basis van terugverdientijd,
- Kiezen voor uitbesteden of zelf uitvoeren van een deelproject,
- Beslissen wat zinvol is en wat niet en zo het eind van het project bepalen,
- De nutskosten registreren en vergelijken met de gestelde streefbedragen,
- Evalueren wat de nieuw bereikte instandhoudingskosten zijn,
- Evalueren of de investeringsdoelen van het project rendabel zijn.

Vertaling energiebesparing naar kostenbesparing

Bij elk deelproject is bepaald hoeveel besparing het per jaar oplevert in Euro. Daarvoor is een eenvoudige schatting op basis van de nutskosten zoals die in oktober 2012 waren gebruikt. Dat leidt tot de volgende conversiefactoren:

Soort	Verbruik	Euro/jaar	Conversiefactor
Gas	2591 m ³ /jaar	1200,-	0.46 Euro per bespaarde m ³ gas/jaar
Water	97 m ³ /jaar	200,-	2.06 Euro per bespaarde m ³ water/jaar
Elektra	2660 kWh/jaar	1200,-	0.45 Euro per bespaarde kWh/jaar

Voor de deelprojecten in het werkplan is vervolgens geïnventariseerd wat de te behalen besparing in m³ of kWh is en hoeveel Euro jaarlijkse besparing dat zou opleveren. Daarbij zijn de jaarverbruik cijfers (Bijlage 1) en de warmteverliezen berekend met het rekenmodel (Bijlage 2) als basis gebruikt. Dit inzicht maakt het mogelijk om eerst de *quick-wins*, de deelprojecten die relatief veel geld opbrengen, uit te voeren. Door het werkplan in een tijdsplanning te zetten kan daarmee ook grof voorspeld worden hoe snel de nutskosten zullen dalen tijdens de transitie.

Registreren van geldzaken

De rekeningen, met een datum en een bedrag, zijn per deelproject geregistreerd. Inkopen doen voor verschillende deelprojecten en daarvoor slechts een factuur ontvangen is dus onhandig. Apart inkopen voor aparte projecten is praktisch. Voor die deelprojecten is ook een kostenschatting gemaakt, het budget.

Budget en kostenbewaking

In een project is het gebruikelijk om te bewaken of er kostenoverschrijdingen ten opzichte van het tevoren opgesteld budget zijn. De bedoeling hiervan is informatie over niet voorziene kosten en over sterk van de verwachtingen afwijkende kosten op te sporen. Die verwachtingen zijn met een kostenraming vast te leggen. Offertes vragen is een handig middel, op leverancier informatie zoeken op internet helpt ook. Zo is ook voor huis 1938 een 'transitie' budget gemaakt en zijn de uitgaven voor elk deelproject nauwkeurig bijgehouden. Uit een vergelijking van het budget en de werkelijke kosten op basis van ontvangen rekeningen en betalingen aan een kassa blijkt dan dat de investering voor een deelproject al of niet een overschrijding laat zien.

De hoeveelheid geld die -in zo klein mogelijke brokken- aan de reeks deelprojecten is besteed moet beheerst en zo nodig bijgestuurd kunnen worden. Vanaf 1 oktober 2012 lopen de uitgaven gestaag op. Ze bestaan uit veel kleine doe-het-zelf kostenposten en uit enkele grotere brokken ingekochte apparatuur en uitbesteed verbouwings- en installatiewerk.

Het totaal bedrag tot oktober 2016 geïnvesteerd in de woning bedraagt 42506,- euro, en dat is 66 % meer dan de in 2012 geraamde 25595,- Euro. Een vergelijking tussen het 2012 budget en een 2^e budget per eind 2014 dat gebruik maakt van de werkelijke uitgaven tot oktober 2014 is opgenomen in de tabel hieronder.

De vergelijking tussen budget en realisatie laat zien dat soms een deelproject niet door is gegaan en dat er soms ook andere dingen zijn gedaan dan oorspronkelijk waren voorzien. Bij een aanpak zoals gekozen voor deze transitie ligt niet van tevoren precies vast wat er precies moet gebeuren en wat het kost, immers de keuzes zijn gaandeweg gemaakt. Pionieren is lastig te budgetteren. Deze manier van kostenbewaking is hier dan ook geen handig en bruikbaar sturingsmiddel geweest.

Sturen op terugverdientijd

Als er 1000 Euro in een deelproject geïnvesteerd wordt en dat levert 100 Euro/jaar verlaging van nutskosten op is de terugverdientijd eenvoudig te bepalen op $1000/100=10$ jaar. Op deze manier zijn alle deelprojecten beoordeeld. De werkelijkheid is gunstiger, immers de prijzen stijgen met een bepaald percentage per jaar. Dat zou in dit rekenvoorbeeld bij besparing op aardgas – met circa 8% prijsstijging per jaar – tot een werkelijke terugverdientijd van ongeveer 7 jaar leiden.

Door steeds de meest gunstige deelprojecten eerst te kiezen ontstaat een steeds nieuwe zo kort mogelijke terugverdientijd. Die terugverdientijd loopt op omdat naarmate er meer projecten gedaan zijn de volgende projecten steeds minder gunstig. Dit reikt dus een middel aan om te beslissen over al of niet vervolgen van de reeks deelprojecten.

Besparing per deelproject

Met de warmtestromen uit het thermisch rekenmodel (Bijlage 2), de hierboven vastgestelde conversiefactoren en de verbruikscijfers aan het begin van de transitie in oktober 2012 (Bijlage 1) zijn schattingen van de besparing per deelproject in Euro/jaar te maken.

Ramen

Aanbrengen van de extra 3^e glas laag in alle ramen levert in het thermisch rekenmodel een vermindering van de warmtestroom van $29.4+908.8+24.0=962.2$ Watt in 2012 tot $15.2+657.4+24.0=696.6$ Watt na realisatie in 2016 op. (Bijlage 2) Het jaar verbruik aan aardgas dat met warmteverlies door de ramen samenhangt is $10+566+6=582$ m³ gas /jaar. (Bijlage 1) De besparing door aanbrengen van 3-laags glas bedraagt dus $(962.2-696.6)*582/962.2=160$ m³ gas/jaar.

Lichtkoepels

Op de zelfde wijze is de besparing door een extra glaslaag onder de lichtkoepels te berekenen. Er stroomt in 2012 in totaal 280 Watt warmte naar buiten en in 2016 is dat verminderd tot 100.3 Watt. De vermindering is $280-100.3=179.7$ Watt. Als dit als evenredig deel van de 16600 Watt geleverd door de 2000 m³ voor verwarming verbruikte gas in 2012 wordt genomen is de besparing 22 m³ gas/jaar.

Spouwmuurisolatie

De spouwmuren laten voor het aanbrengen van de isolatie in totaal $6823.2 + 106.4 = 6929.6$ Watt aan warmte door. Er na is dat verminderd tot $1443.1 + 58.6 = 1501.7$ Watt. Het gasverbruik dat met het warmteverlies door de spouwmuren samenhangt is $288 \text{ m}^3/\text{jaar}$. De besparing bedraagt hier dus $(6929.6 - 1501.7) * 288 / 6929.6 = 255 \text{ m}^3 \text{ gas/jaar}$

Isoleren houten vlakken

De warmtestroom daalt hier van 544 naar 89 Watt. Dit hangt samen met een gasverbruik van $86 \text{ m}^3/\text{jaar}$. De besparing is dan $(544 - 89) * 86 / 544 = 72 \text{ m}^3 \text{ gas/jaar}$.

Na isoleren muren uitbouw

Hier is de berekende besparing $(787 - 417.8) * 11 / 787 = 5 \text{ m}^3 \text{ gas/jaar}$.

Na isoleren zolder

Hier is de berekende besparing $(1174 - 620.4) * 17 / 1174 = 8 \text{ m}^3 \text{ gas/jaar}$.

Isoleren Vloer woonkamer

Hier is de berekende besparing $(285.4 - 97.2) * 14 / 285.4 = 9 \text{ m}^3 \text{ gas/jaar}$.

Tochtwering

Alle raamkozijnen zijn aan de omtrek zowel aan de buitenkant als aan de binnenkant afgekit. Kitten was noodzakelijk voor de spouwmuur isolatie kon worden aangebracht om doorslag van PUR schuim naar binnen het huis of naar buiten te vermijden.

Rondom openslaande ramen en deuren is overal tochtstrip aangebracht tijdens het plaatsen van voorzetramen.

In bijlage 1 is voor ventilatie verliezen 20% genomen op basis van literatuurgegevens. Het met deze 20% samenhangend gasverbruik is $368 \text{ m}^3/\text{jaar}$. Deze 20% ventilatieverlies is hier, om een schatting van de bereikte besparing te kunnen maken, verondersteld verdeeld te zijn over drie op een kier geopende ramen en al de kieren om kozijnen, deuren en ramen die aan het begin van de transitie nog niet gedicht waren. Een op een kier open staand raam heeft een opening van ruwweg 1 meter bij 10 cm. De drie openstaande ramen zijn dus goed voor 0.3 m^2 opening. Kozijnen hebben rondom een kier tussen hout en metselwerk. Openslaande ramen hebben rondom een kier tussen raam en kozijn. Voor deuren geldt dat ook.

De kieren rond om al de kozijnen variëren in breedte van 0.1 tot 1.0 mm. Hun gezamenlijke lengte voor 34 ramen en 3 deuren bedraagt circa 140 m. Het kozijnkier oppervlak is dan te schatten op 0.07 m^2 . Als voor de deuren, de brievenbus en voor de kieren rond de openslaande ramen in gesloten toestand het met tochtstrips afgedichte raam kier oppervlak op 0.1 m^2 wordt geschat is een berekening van de vermindering van de hoeveelheid tocht mogelijk.

Het dichtkitten en het aanbrengen van tochtstrips levert een besparing op van $(0.1 + 0.07) / (0.07 + 0.1 + 0.3) * 368 = 133 \text{ m}^3 \text{ gas/jaar}$.

Doorspoelblok en spaarperlatoeren

Het aanbrengen van een doorspoelblokje in de wc beneden heeft voor een daling van 97 naar 79 m^3 per jaar gezorgd. De besparing bedraagt dus $18 \text{ m}^3 \text{ water/jaar}$.

De waterkranen en de douches zijn met waterbesparende perlatoeren en douchekoppen uitgerust. Dat scheelt 5 m³ water per jaar.

Warmtepompen

De warmtepomp achter heeft in het voorjaar van 2014 een nieuw elektriciteitsverbruik van 19.5 kWh per maand en zorgt voor een vermindering van 102 m³ gas per maand ten opzichte van het voorjaar van 2013. Deze cijfers zullen niet het hele jaar door zo zijn.

Voor het stroomverbruik is met de 19.5 kWh per maand over 8 maanden per jaar gerekend, leidend tot een verwacht totaal aan stroomverbruik per warmtepomp van 156 kWh/jaar.

In het rekenmodel voor het gas jaarverbruik (bijlage 1) is het totaal in 2012 aan gasverbruik van de CV ketel geschat op 2389 m³ per jaar. Daarvan is 551 m³ gas voor warm tapwater nodig. De resterende hoeveelheid gas die de warmtepompen dan kunnen vervangen is ruwweg 1838 m³. De via ventilatie en rookgassen weglekkende warmte is hierbij inbegrepen. Als huis 1938 in drie secties opgedeeld wordt gedacht ontstaat een ruwe verdeling over drie warmtepompen: achter, voor en op de 1^e verdieping. Hierbij is 736+736+366 m³ gasverbruik per jaar aangenomen. Een aanname is hier nodig omdat er binnen de transitieperiode geen langere tijd aan de prestaties gemeten kon worden en omdat de precieze warmtestromen per warmtepomp niet bekend zijn.

Mechanische deurbel

Weghalen van de elektrische deurbel scheelt 45 kWh per jaar.

Gebruik elektrische apparaten verminderen

Bewuster gebruik van apparatuur, verwijderen van de wasdroger en verminderen van stand-by gebruik levert 212 kWh besparing per jaar op.

Zuiniger apparatuur

Een zuinigere wasmachine met een verbruik dat 15 kWh/jaar lager ligt en een zuiniger koelkast die 150 kWh/jaar zuiniger is, leiden samen tot een aanzienlijke besparing.

Grijs water eco-toilet

Een grijs water eco-toilet op regenwater levert tot 30% van het aanvankelijke waterverbruik van 97 m³ water per jaar op. De besparing is geraamd op 28 m³ water per jaar.

Regentonnen

Al het sproeiwater voor de tuin kan uit regentonnen komen. Dit bespaart 1.6 m³ water per jaar.

Elektrische zonneboiler

Met een gasverbruik van 551 m³ per jaar voor warm tapwater en een verwacht stroomverbruik van 1000 kWh per jaar, levert de zonneboiler geen besparing op. Daar is compensatie met stroom uit extra PV zonnepanelen voor nodig.

Zonnepanelen

De eerste 9 PV zonnepanelen leverden samen een vermindering van netto stroomverbruik op van 1900 kWh per jaar.

Als er in fase 2 nog eens 9 panelen bijgeplaatst worden levert dat een gelijke hoeveelheid van ook ongeveer 1900 kWh per jaar extra duurzame stroom op.

Die stroom is nodig om de drie warmtepompen (elk 156 kWh/jaar) , het elektrisch koken (350 kWh/jaar) en de warm tapwater voorziening met elektrische na verwarming (1000 kWh/jaar) mogelijk te maken.

Er blijft dan nog een restant elektriciteitsverbruik over dat in fase 3 met nog eens 3 zonnepanelen te compenseren is. Dat brengt het totaal aantal panelen voor huis 1938 op 21 stuks. Dit biedt ook mogelijkheden voor de toekomst zoals een laadpaal voor een elektrische auto en een accubank voor opslag van surplus zonne energie.

CV buiten gebruik stellen

De CV buiten gebruik stellen levert een vervallend verbruik op van elektra voor de pomp en de besturing à 210 kWh/jaar.

Gas afsluiten

Het uiteindelijk afsluiten van het aardgas levert een financiële besparing van circa 400 euro vast recht kosten op.

Besparingen

Met de hierboven afgeleide besparingen ontstaat een eerste indicatie van de bereikte verlaging van nutskosten. Financieel is dit ongeveer “nul” omdat het surplus aan salderingsopbrengst ongeveer de vastrechtkosten van elektra en water levering compenseert.

Als op termijn de watervoorziening van eigen grond met een cisterne en met filters uitgevoerd wordt vervalt ook het nog resterende waterverbruik.

De negatieve optelsom van het gasverbruik wordt veroorzaakt door de dubbeltelling van effecten van isolatieverbetering en warmtepompen. Bij elektra is er een surplus opgewekte stroom.

Besparingen per deelproject (status per 15 november 2014)

Conversiefactor	0.46 Euro/m ³	0.45Euro/kWh	2.06Euro/m ³	
	-----Vermindering per jaar -----			Nutskosten
Deelproject	Gas [m ³ gas]	Elektra [kWh]	Water [m ³]	Euro/jaar
----Startverbruik (2012)	2591	2660	97	2600
1. Glas 3 laags	-160	.	.	-74
1.4 Lichtkoepels 3 laags	-22	.	.	-10
2. Isoleren Spouwmuren	-255	.	.	-117
3. PV zonnepanelen 9 stuks	.	-1900	.	-855
4.1 Doorspoelblok/perlatoren	.	.	-23	-47
4.2 Mechanische deurbel	.	-45	.	-20
4.3 Gebruik beperken	.	-212	.	-95
4.4 Zuiniger verlichting	.	-249	.	-112
4.5 Isoleren houten vlakken	-72	.	.	-33
4.6 Isoleren Uitbouw	-5	.	.	-2
4.8 Isoleren Zolder	-8	.	.	-4
4.9 Isoleren Vloer woonkamer	-9	.	.	-4
4.11 Tochtwering	-133	.	.	-61
5.1 Warmtepomp achter	-736	+156	.	-268
5.2 Warmtepomp woonkamer	-736	+156	.	-268
5.2 Warmtepomp 1 ^e verd.	-366	+156	.	-98
5.3 Elektrische zonneboiler	-551	+1000	.	+197
5.4 Elektrisch koken	-203	+350	.	+64
5.4 CV buiten gebruik stellen	.	-210	.	-95
6.1 Grijs eco-toilet	.	.	-28	-58
6.2 Regentonnen	.	.	-1.6	-3
7.1 Zuiniger apparatuur	.	-165	.	-74
7.2 PV zonnepanelen 9 stuks	.	-1900	.	-855
7.2 PV zonnepanelen 3 stuks	.	-633	.	-285
7.7 Gas afsluiten	.	.	.	-400
----Eindverbruik (2016)	-665	-836	44	-979

Overzicht

Met de zo gevonden besparingen kan per deelproject een terugverdientijd bepaald worden. Die gevonden terugverdientijden moeten wel met grote voorzichtigheid bekeken worden. De berekening veronderstelt dat elke maatregel onafhankelijk van de andere maatregelen is. In werkelijkheid is het toeschrijven aan de ene of de andere maatregel niet eenvoudig te doen.

Voorbeeld: een warmtepomp bespaart gas in ruil voor (een energetisch gezien kleiner) elektriciteit verbruik. Als tegelijkertijd de isolatie is verbeterd mag de winst niet alleen aan de warmtepomp toebedeeld worden.

Kosten overzicht en terugverdientijden per deelproject (status per 15 november 2014)

Deelproject	2012 1 ^e Budget Euro	2014 2 ^e Budget Euro	Geraamde Besparing Euro/Jaar	Terugverdientijd Jaar
Gas				
1. Glas/lichtkoepels 3 laags	2560	1392	-74	18.9
2. Isoleren Spouwmuren	2400	2491	-117	21.2
4.5 Isoleren houten vlakken	0	186	-33	5.6
4.6 Na-isoleren Uitbouw	1000	569	-2	247
4.7 Isoleren WC beneden	200	0	0	0
4.8 Na-isoleren Zolder	1000	1000	-4	271
4.9 Na-isoleren Vloer woonk.	800	10427	-4	2518
4.11 Tochtwering	0	5	-61	0.1
5.1 Warmtepomp achter	4000	5572	-268	20.8
5.2 Warmtepomp woonkamer	4000	5000	-268	18.6
5.2 Warmtepomp 1 ^e verd.	2000	2000	-98	20.4
5.3 Elektrische zonneboiler	0	2400	+197	-12.2
5.4 Elektrisch koken	0	368	+64	-5.7
5.4 CV buiten gebruik stellen	0	0	-95	0
7.7 Gas afsluiten	0	0	-400	0
Elektra				
3. 9 Zonnepanelen	3000	3982	-855	4.7
7.2 9 Zonnepanelen fase 2	3000	3982	-855	4.7
7.2 3 Zonnepanelen fase 3	1000	1300	-285	4.6
4.3 Gebruik beperken	5	5	-95	0.1
4.4 Zuiniger verlichting	100	114	-112	1.0
7.1 Zuiniger apparatuur	0	1478	-74	19.9
4.2 Mechanische deurbel	20	50	-20	2.5
Water				
4.1 Doorspoelblok/perlatoren	10	12	-47	0.3
6.1 Grijs eco-toilet	500	58	-58	1.0
6.2 Regentonnen	0	115	-3	34.9
	_____+	_____+	_____+	
Totaal	25595	42506	-3569	11.9

De kosten van een deelproject zijn in een paar gevallen onderschat. Zo was de vloer in de woonkamer veel duurder dan verwacht. Zonnepanelen bleken juist een stuk goedkoper te zijn. Uit de tabel blijkt vooral dat sommige deelprojecten op zichzelf genomen een goede investering zijn: tochtwering, zuiniger apparatuur en verlichting, zonnepanelen, spouwmuur isolatie en grijs water in het eco-toilet. De grote doe-het-zelf inspanning aan 3 laags glas in plaats van dubbel glas levert - gelukkig- een interessante besparing op.

Isoleren rendeert binnen 6 jaar als het vertrekpunt 'geen isolatie' was. Bij het na-isoleren, van bijvoorbeeld 5 cm EPS naar 10 cm EPS, lopen de terugverdientijden op naar zeer grote aantallen jaren.

Pakket evaluatie

Verder blijkt bij het opstellen van de tabel dat het isoleren van de woonkamer vloer pas kan renderen als ook de tweede warmtepomp geplaatst is die de aangebrachte vloerverwarmingsleidingen benut en als de bijbehorende PV zonnepanelen het stroomverbruik compenseren. Het zelfde geldt voor het elektrisch koken en voor de zonneboiler. Als op deelprojectniveau dus gestuurd zou zijn op terugverdientijd of op budgetoverschrijding dan zou dit deel van de transitie niet hebben plaatsgevonden. Hoe is dan wel sturing aan de transitie te geven?

Een zinvollere beoordeling ontstaat allereerst door het totaal voor alle deelprojecten op te tellen en de terugverdientijd te bepalen. Onderaan in de bovenstaande tabel is dat gedaan. Die transitie terugverdientijd ligt duidelijk goed in duurzaamheidsland. Zelfs als met de dubbeltelling tussen isoleren en warmtepompbesparingen rekening zou zijn gehouden blijft die conclusie overeind.

Kan het ook gedetailleerder?

De indeling in deelprojecten is in het voorbereiden van de transitie tot stand gekomen op basis van de techniek en het aanbod in de handel. Elk deelproject is dus niet opgebouwd als een verzameling maatregelen die samen werkend tot een duurzame voorziening in huis 1938 leiden. Hier blijkt dat "oud denken" niet past en dat "nieuw denken" noodzakelijk is.

Als daarvoor wel gekozen zou zijn ontstaat een ander beeld, hier aangeduid met "pakket evaluatie". Binnen het gevonden besparingstotaal zijn enkele pakketten samen te stellen die elk op zich een functioneel geheel vormen en tot een zinvolle investering in duurzaamheid leiden. Op deze wijze ontstaat eind 2014 het volgende beeld:

Pakket	2012 1 ^e Budget Euro	2014 2 ^e budget Euro	Geraamde Besparing Euro/Jaar	Terugverdien- tijd in Jaar
(Na-)isoleren, tocht, ketel+gas weg	7760	16070	-790	20.3
zuiniger apparatuur	125	1647	-302	5.5
Waterbesparingen	510	185	-108	1.7
1e warmtepomp + 4 zonnepanelen	5333	7342	-648	11.3
nul elektra : 3 zonnepanelen	1000	1300	-285	4.6
2e warmtepomp + 4 zonnepanelen	5333	6770	-648	10.4
zonneboiler + 6 zonnepanelen	2000	5055	-373	13.5
elektrisch koken + 2 zonnepanelen	667	1253	-126	10.0
3e warmtepomp + 2 zonnepanelen	2667	2885	-288	10.0
	_____+	_____+	_____+	
Totaal	25595	42506	-3569	11.9

De zo opgebouwde pakketten zijn hierboven in de volgorde van de *trias energetica* (Lysen, 1996) gerangschikt: eerst isoleren en besparen op gebruik om de energie vraag te verminderen, dan duurzame energie kiezen en tenslotte die energie zo schoon mogelijk opwekken.

Het op deze manier indelen maakt het beslissen over hoe met de transitie verder te gaan wat gemakkelijker.

Make or buy

Uitbesteden of zelf doen is een keuze bij elk deelproject geweest. Steeds was doorslaggevend of het werk via doe-het-zelven kwalitatief voldoende goed en veilig te doen zou zijn in de geplande vier jaar. Zo niet dan was de werkwijze: de mogelijkheden onderzoeken, drie offertes aanvragen, de aanbiedingen op geschiktheid en prijs beoordelen en tenslotte de opdracht verlenen voor een overeengekomen vaste prijs.

Wat is financieel zinvol

Een investering die zich zelf nooit kan terugverdienen is toch een nadere analyse waard. De investering zou nog een principiële achtergrond kunnen hebben of aan de duurzaamheid bij kunnen dragen en daarom nog wel zinvol kunnen zijn. Een investering die zich zelf niet terugverdient omdat de te verwachten levensduur van de aan te schaffen producten en diensten korter is dan de geschatte terugverdientijd moet wel als twijfelachtig beschouwd worden. Een andere aanpak moet dan zeker worden overwogen.

Als er geen deelprojecten meer uitgevoerd kunnen worden die een terugverdientijd hebben of een principiële achtergrond dan is de transitie ten einde.

De instandhoudingskosten

Het blijft voorlopig een vraag of de nieuwe systemen ook minder duur zijn om in stand te houden. Dan gaat het om een langere levensduur, minder onderhoud en lagere reparatiekosten. Hierbij is een belangrijke overweging dat een systeem dat uit kleinere, onafhankelijk van elkaar werkende en elk op zich eenvoudige delen bestaat, eenvoudiger in stand te houden is als een uit grote en sterk samenhangende deelsystemen bestaand geheel. Een reparatie is minder ingrijpend, een vervanging is minder groot, kosten van werkzaamheden zullen naar verwachting lager uitvallen. De kans dat iets dat nog niet versleten is toch moet worden vervangen omdat het aan een groter, defect geheel vast zit is kleiner. Het geheel is daarmee naar verwachting, op kwalitatieve argumenten gebaseerd, duurzamer. De komende jaren zullen moeten uitwijzen of de praktijk dat bevestigt.

Rendement van het transitie project

Halverwege de transitie is een vooruitblik mogelijk op de vraag op hoe rendabel investeren in de sustainability make-over van huis 1938 is. Sinds Het Nationaal Energiebespaar-fonds vanaf 21 januari 2014 de eerste leningen heeft verstrekt aan particuliere woningbezitters is deze vraag actueel (Rijksoverheid.nl, 6-3-2014). Immers, een woning eigenaar/bewoner die leent voor verduurzaming wil uitzicht hebben op de mogelijkheid die lening uit zijn nutskosten winst terug te kunnen betalen. De verstrekkers van de leningen beoordelen de financiële haalbaarheid ook. Ze hanteren overwegingen die vergelijkbaar zijn met die voor een hypothecaire lening. Er is een maximum gesteld van 25.000,- Euro. Verder is doe-het-zelven er niet mee te financieren (ikinvesteerslim.nl). Dat betekent dat het huis 1938 transitie project er flink aan tekort zou komen. Een korte verkenning op internet van de financiële rendementen van 'sustainability make overs' levert geen duidelijk beeld op het niveau van een enkele woning op. Als er al iets over te vinden is gaat het over grote gebouwen of hele woonwijken. Er zijn ook kritische kanttekeningen bij het

beschouwen van duurzaamheid vanuit het financiële perspectief. Het gaat om meer dan dat, duurzaamheid heeft vóór alles een milieu impact en een sociale waarde.

Een Brits onderzoek naar de redenen voor stagnerende energiebesparing onder huizenbezitters in 2009 geeft aan dat de bereidheid om in energiebesparing te investeren er wel is maar dat die bestaat rond een bedrag van 500 tot 2000 Euro (Richard & Thuraiah, 2011). De aandacht van de particuliere woningbezitter op financieel gebied lijkt dus gericht te zijn op een veel fundamenteeler probleem dan het rendement, namelijk op het betaalbaar zijn zelf. De bewustwording van de werkelijke, meer dan 20 maal hogere, omvang van de benodigde investeringen voor een duurzame woning en zeker de rendement overwegingen lijken dus nog ver weg.

Voor huis 1938 is het desondanks, of misschien juist daarom, toch de vraag of de investering in het transitie project zichzelf terug verdient binnen de verwachte 5 à 10 jaar.

Het project heeft eind 2014 als tussentijds resultaat dat er een vermindering van nutskosten van 2730 euro per jaar eind 2012 tot ongeveer 1340 euro per jaar werd bereikt. De tot dan toe geïnvesteerde 25000 euro hebben een terugverdientijd van 18 jaar. De hoge kosten voor de geïsoleerde beton vloer met vloerverwarming in de woonkamer wegen zwaar in deze rekensom.

Als de eindcijfers per oktober 2016 beschouwd worden is het beeld zoals uit de tabel “Kosten overzicht en terugverdientijden per deelproject” hierboven naar voren komt een stuk gunstiger. Uit het budget opgesteld in 2014 blijkt dat de terugverdientijd in oktober 2016 minder dan 12 jaar bedraagt bij een investeringsbedrag van 42500,- Euro.

Als enerzijds met indexering voor inflatie en prijsstijgingen rekening zou worden gehouden (sneller terugverdienen) en anderzijds met de dubbeltelling van besparingseffecten (langzamer terugverdienen) mag die 12 jaar terugverdientijd als realistisch aangemerkt worden. Een zeer bemoedigend gegeven, te meer ook omdat die 12 jaar ruim binnen de verwachte technische levensduur van de genomen maatregelen ligt.

En, niet te vergeten, het grootste voordeel is dat direct na het transitietraject de overgebleven vaste maandelijkse kosten voor water en elektra flink - en blijvend - zijn verminderd tot vrijwel “nul”. De vastrechtkosten voor de elektriciteit en water levering zijn door saldering van het surplus aan zelf opgewekte zonnestroom nagenoeg gecompenseerd.

Het transitie project heeft daarmee -naar verwachting in 2014- een zeer aantrekkelijk rendement.

De bottom line

Pas aan het eind van de transitie kan de balans worden opgemaakt. Het is gewoon een goed gevoel om na het uitgeven van 45.000,- euro te kunnen zeggen dat huis 1938 energie neutraal is. Zoals blijkt uit Urgenda's tweede editie van de brochure “Ons huis energieneutraal” ligt dat bedrag van 45.000,- euro niet boven het hoogste bedrag in hun rijtje voorbeeldprojecten. Ook de technische keuzes die er in staan voor een groot scala aan woningtypen leiden niet tot twijfel over de juistheid van de gekozen aanpak bij huis 1938.

Gezondheid

Bij dit transitietraject is gezondheid – net als behoud van comfort – als een randvoorwaarde beschouwd.

Wat maakt een gebouw gezond?

Het ontwerpen van een “healthy building” is voortdurend in ontwikkeling maar de luchtkwaliteit (vaak aangeduid met IAQ : Indoor Air Quality) is wel breed geaccepteerd als een belangrijke bepalende factor. De ontwikkeling van nieuwe bouwmaterialen en bouwmethoden brengt ook steeds onbekende nieuwe gezondheidseffecten in het spel. De beste en belangrijkste maatregel om het binnenklimaat gezond te houden is natuurlijke ventilatie (Spengler & Chen, 2000). Er is dus nog geen compleet antwoord op de vraag wat een gebouw gezond maakt. Over het tegenovergestelde is wel veel kennis vergaard. Al langer bekend is het ‘sick building syndrome’ waartegen als belangrijkste remedie ventilatie wordt ingezet, zelfs als er bij onderzoek ter plaatse geen ziekteverwekker wordt aangetroffen (Redlich et al, 1997). De verschijnselen worden geheel toegeschreven aan slechte luchtkwaliteit in een gebouw.

De verschijnselen bij een ‘sick building syndrome’ kunnen van alles zijn maar vaak komen voor : hoofdpijn, keel-, neus-, huid en oog irritaties, droge hoest concentratiestoornis, duizeligheid, overgevoeligheid voor geuren en vermoeidheid veroorzaken. Korte tijd na het verlaten van het gebouw verdwijnen de klachten. De oorzaak van de symptomen was tot begin jaren negentig niet bekend (EPA, 1991). Onderzoek aan binnenmilieu en ‘biologische agentia’ bracht hierin verandering (Bronswijk, 1992) (Teeuw et al, 1993).

Wat gebeurt er als ventilatie vermindert?

Het verlies van warmte door ventilatie is een belangrijk obstakel voor verdere energiebesparing. Het ventilatieverlies kan oplopen tot meer dan 50% van de totale rest warmtebehoefte in een goed geïsoleerde woning. Met bestrijdt dit met warmteterugwinning (WTW) en met vraag-gestuurde ventilatie (VGV). Investeren in WTW heeft echter een lange terugverdientijd, zeker in woonhuizen met lage ventilatie debietwaarden in een gematigd klimaat zoals in West Europa. Bij VGV is de potentiële besparing weliswaar rond de helft van de rest warmtebehoefte maar de onbekendheid en het gebrek aan duidelijke prestatienormen voor goede ventilatie beperkt de toepassing er van. Omwille van energiebesparing eenvoudigweg verminderen van ventilatie staat echter op gespannen voet met gezondheid van de luchtkwaliteit binnenshuis. De meest voorkomende problemen in dit verband zijn aandoeningen van de luchtwegen (Laverge et al, 2011).

Wat is een goede luchtkwaliteit?

Bewoners zijn vaak in huis, tot wel 70% van hun tijd. Van die tijd zijn ze ruim de helft in de slaapkamer. Dat blijkt uit onderzoek aan het woongedrag van 100 Belgische gezinnen. Die slaapkamer is dus erg belangrijk als het op de luchtkwaliteit binnenshuis aankomt (Laverge et al, 2009).

Wat beïnvloedt de luchtkwaliteit ?

Een inventarisatie levert de volgende belangrijke factoren op: temperatuur, vochtigheid, ventilatievoud, luchtbeweging, ventilatie, deeltjes vervuiling, biologische vervuiling en vervuiling door gassen en dampen. De relatie tussen binnenklimaat en longziekten wordt hierdoor mede bepaald. Er is hier een overlap tussen twee werkterreinen: “thermal comfort” en de “IAQ”. De steeds

meer toegepaste air-conditioning in gebouwen komt de eisen van de eerste meestal tegemoet maar de tweede vormt een onderbelicht gezondheidsprobleem. In gebouwen met air-conditioning werd een groter gezondheidsrisico waargenomen dan in gebouwen met natuurlijke ventilatie (Yu et al, 2009).

Als nadelen van airconditioning apparatuur worden genoemd (Yu & Kim, 2012):

- vervuiling van airco apparaten die daardoor geur verspreiden
- slechte temperatuurbeheersing
- droge lucht in de winter
- geluid
- tocht door geforceerde luchtstromen
- bacteriegroei op plaatsen met koeling
- recirculatie van vervuiling via buizensysteem

Ook zonder mechanische ventilatie of air conditioning is er vervuiling in de binnenlucht. Dit heeft een groot aantal oorzaken (camfil.nl). De volgende oorzaken komen als belangrijkste naar voren:

-Het metabolisme van de bewoners vormt een bron van CO₂ gas dat via hun ademhaling vrijkomt. De norm EN15251 geeft aan dat de hoeveelheid op circa 15 liter per uur per bewoner mag worden gesteld (Nicol & Wilson, 2010). Men neemt daarbij een achtergrondhoeveelheid in de buitenlucht van 350 ppm aan. Recente IPPC gegevens laten overigens zien dat dit langzaam stijgt naar 400 ppm, en daarmee de belangrijkste reden vormt om aan duurzaamheid te werken om zo de klimaatverandering te stoppen (IPCC, 2014).

Het is al langer bekend dat de door proefpersonen ervaren IAQ in een ruimte die ze betreden, sterk correleert met de concentratie van CO₂ (Fanger, 1988). De CO₂ concentratie is wel in gebruik als basis voor een indicator voor de IAQ in o.a. de woonkamer maar blijkt niet veel te zeggen over goed slapen in de slaapkamer. Daar zijn geluid, de relatieve luchtvochtigheid en andere luchtvervuiling van belang (Laverge et al, 2009).

- Bewoners ademen ook waterdamp uit waardoor de relatieve vochtigheid toeneemt.
- De CV ketel, koken op gas, douchen en toiletgebruik hebben een effect op de lucht in huis door het verspreiden van CO₂, waterdamp, luchtjes en een verhoogde relatieve vochtigheid.
- Spuitsbus drijfgassen zoals propaan vervuilen de lucht in huis.
- Stofdeeltjes en fijn verdeelde waterdruppeltjes zijn een transportmogelijkheid voor bacteriën.
- Uit de materialen waarvan het huis is gemaakt en de huisraad die er in staat komen gassen, dampen zoals CO, CO₂, SO₂, NO_x, O₃ en HCHO (formaldehyde) en stofdeeltjes vrij.
- Stof dat op hete oppervlakken neerdaalt geeft chemische stoffen af.
- Vanuit de bodem komt Thoron gas en uit o.a. gips en beton komt Radon gas vrij.
- Vrijkomende gassen uit bouwmaterialen zijn ook wel de “volatile organic compounds” (VOC’s). Deze VOC’s zijn in een periode van 10 dagen grotendeels uit nieuw materiaal verdampt maar kunnen door herhaalde re-absorptie en weer vrijkomen nog enige tijd in het binnenklimaat verblijven. Het is dus zaak VOC vrij materiaal toe te passen (Yu et al, 2009).
- Condensvorming leidt tot schimmel- en bacteriegroei.
- Schimmel en ongedierte draagt aan de IAQ bij door sporen en geurstoffen
- Stofzuigen, vegen en afstoffen verspreidt fijne stofdeeltjes in de lucht.
- Fijnstof uit de buitenlucht komt door ramen en kieren het huis in.
- Overige factoren zoals : open haard, kolenkachel, mijten, katten, honden, roken, planten en pollen spelen ook een rol (Mutius, 1996).

Hoe verbetert men de luchtkwaliteit?

Van oudsher is ventileren bedoeld om frisse lucht in huis te krijgen. De vervuiling wordt verdund en door luchtverplaatsing mee naar buiten gevoerd. Een installatie voor WTW wint een deel van de ook meegevoerde warmte terug. De VGV ventileert alleen waar er behoefte aan is en vermijdt zo onnodig warmteverlies. Als er nog minder wordt geventileerd vervuult de lucht in huis te veel. Een volgende stap, na ventilatie, WTW en VGV, is dus een luchtzuivering of een filter (Yu & Kim, 2012).

Wat kon in huis 1938 nog aan de luchtkwaliteit worden verbeterd?

Er zijn drie achtereenvolgens te nemen stappen om een vervuilingsprobleem aan te pakken: 1-de bron wegnemen, 2- de vervuiling afvoeren en 3-de mensen beschermen tegen de vervuiling. Deze heel algemene strategie (arboportaal.nl) past men ook in de industrie toe om gezondheidsschade te voorkomen. Elk van de drie verdient een nadere beschouwing.

Bron bestrijding

De belangrijkste stap bij het verbeteren van de luchtkwaliteit in huis 1938 is het aanpakken van vervuiling bij de bron. Bij de materiaalkeuze zijn onnodige chemische stoffen zoals vluchtige oplosmiddelen daarom vermeden. Ook stoffen of materialen waarvan bekend is dat ze uitgassing vertonen zijn in de loop van de jaren verwijderd en nieuw gebruik is vermeden, bijvoorbeeld MDF, hardboard en spaanplaat. Hoewel het onderzoek naar isolatiemateriaal aangeeft dat PUR Cooltherm iets betere isolatiewaarden heeft is toch voor EPS isolatieplaten gekozen. Alleen bij spouwisolatie is toch PUR schuim gebruikt omdat de isolatielaag geheel omsloten is.

Stofzuigen is een belangrijke vervuilingsbron. De aan de uitblaas vrijkomende reststofdeeltjes en biologische vervuiling zijn het kleinst van grootte en dus het gevaarlijkst voor de luchtwegen. Die vervuiling ontstaat door opzamelen van vuil in de filters in het apparaat. Door een type zonder stofzuigerzak toe te passen was de hygiëne al voor de transitie verbeterd.

Afvoeren van vervuiling

Als het niet anders kan volgt stap 2, het zo goed mogelijk bestrijden van de vervuiling door die grotendeels weg te nemen, te beperken of in te sluiten. In huis 1938 was geen mechanische ventilatie aanwezig aan het begin van de transitie in 2012.

In verband met de gezondheid van de bewoners staan verschillende ramen op een kier voor de ventilatie en de frisse lucht. Tijdens het project bleek dat hier besparingsmogelijkheden waren. Zo werd de wasdroog ruimte naar de zolder verplaatst en kon een raam op de 1^e verdieping aan de achterzijde dicht. In de douche op de 1^e verdieping staat het raam altijd op een kier en in de woonkamer staat een bovenlichtje op een kier. Op de slaapkamer staat een raam een deel van de tijd open, afhankelijk van het weer. Bij alle ramen zit aan de bovenzijde een ventilatierooster met een regelschuif waardoor de ventilatie instelbaar is.

Vrijkomende CO₂, spuitbus drijfgas en waterdamp wordt direct afgevoerd via een open raam of via de afzuigkap in de keuken. Stof op een heet oppervlak komt in huis 1938 alleen binnen in elektrische apparaten voor. Af en toe stofzuigen met een Dyson stofzuiger beperkt dit stof. In huis 1938 is overal parket of linoleum vloerbedekking aangebracht. Voldoende schoonmaken en wassen beperkt de biologische vervuiling. De binnen units van de warmtepompen bevatten filters die op tijd worden vervangen. Aan de verwarming zijn waterbakjes opgehangen die in de winter waterdamp

verspreiden. In huis 1938 wordt, behalve de windgedreven ventilatie van de douche boven, geen mechanische ventilatie ingezet. Daarmee is er meteen ook voor gekozen om geen luchtzuivering met filters toe te passen. Het in huis 1938 ingezette middel bij uitstek om vervuilde lucht voldoende af te voeren is de natuurlijke ventilatie.

Beschermen van bewoners

Als een omgeving vervuild is kan men zich daartegen beschermen. Zo past men in de industrie voor de arbeidsveiligheid vaak persoonlijke beschermingsmiddelen toe. Iedereen kent ze wel: helm, mondkapje, veiligheidsbril, handschoenen, veiligheidsschoenen en zelfs complete gaspakken. In de gezondheidszorg zijn vergelijkbare hulpmiddelen voor de hygiëne en voor de patiënt veiligheid in gebruik.

Op de openbare weg in Nederland is het dragen van een helm en een beschermend motorpak wel gebruikelijk maar daarmee houdt het dragen van persoonlijke beschermingsmiddelen ook op. In Japan is het anders: daar ziet men in het straatbeeld grote aantallen mensen met een mondkapje. In de USA is een fietshelm gewoon.

In een woonhuis is het dragen van persoonlijke beschermingsmiddelen overal ter wereld ongebruikelijk. Wonen doet men zonder deze middelen. Ze zijn niet acceptabel vanwege het verminderde comfort. De eventuele reden voor het dragen er van binnenshuis zal iedere bewoner zo snel mogelijk wegnemen. Alleen bij werkzaamheden zoals bijvoorbeeld zagen, schilderen of metselwerk weghakken kan het dragen van persoonlijke beschermingsmiddelen – tijdelijk – aan de orde komen.

In huis 1938 is het dragen van persoonlijke beschermingsmiddelen, behalve bij doe-het-zelf werkzaamheden, dan ook niet voorzien.

En zonder transitie ?

Zonder de in deze case study beschreven transitie zou de situatie in huis 1938 eind 2016 nog zijn zoals hij in oktober 2012 was. De nutskosten in huis 1938 zouden dan aanmerkelijk zijn gestegen en de grote afhankelijkheid van het aardgas zou nog nadrukkelijker bestaan.

De achtergrond waartegen deze vraag moet worden gezien is de verandering in Nederland. De transitie naar duurzaamheid in Nederland verkeert voor de particuliere woningbezitter eind 2016 nog steeds in de kantelfase. Er zijn bescheiden tekenen dat de versnellingsfase dichterbij komt, zo zijn er plannen om meer dan 100.000 corporatie woningen naar het niveau Nul-Op-De-Meter te renoveren (Loorbach & Rotmans 2012) (Bosman et al, 2013).

Dat betekent ook dat zonder transitie in huis 1938 de startcondities voor een alsnog uit te voeren transitie beginnend in 2016 niet zoveel anders zijn dan die condities in 2012 waren.

Wel is met de komst van leningen ter financiering van duurzaamheidsprojecten in de particuliere woning het aantal obstakels verminderd. Ook is vanaf begin 2016 is een 'duurzaamheids'subsidiepot van vel miljoenen voor particulieren aan te boren, per woning tot 25.000,- Euro maximaal (RVO.nl). Misschien dat dan de zo actief 'top-down' door Rotmans c.s. voorspelde kanteling daadwerkelijk ook van onder af gaat plaatsvinden (Rotmans, 2015) (Tonkens & Duyvendak, 2015) . . .

VIII Ervaringen als pionier

Hoe is nu lering te trekken uit de opgedane ervaringen als pionier in duurzaamheidsland ? Een levenservaring in een 'narrative' (relaas) kan alleen achteraf geanalyseerd worden (Sandelowski, 1991). In kwalitatief onderzoek zijn begrippen voor een dergelijke analyse geïntroduceerd zoals: 'issues of concern', 'episode' en 'key development' (Miall, 2004). Dit laatste begrip wordt ook wel 'critical moment' genoemd (Sandelowski, 1991).

Thema's

De tekst van de hoofdstukken III t/m VII – is grondig bekeken op welke thema's er voor de 'verteller' in elke episode, in dit relaas een hoofdstuk, van het verhaal aan de orde zijn. De tekst van het relaas bestaat uit twee verhaallijn niveaus (het 'rode draad' transitie verhaal en de details van de uitvoering van deelprojecten) en is ondergebracht in een groot aantal hoofdstukken. Elk hoofdstuk is hier als een episode te zien.

Waar het onderwerp in een hoofdstuk herkenbaar is aan de titel (bijvoorbeeld: zonnepanelen) kunnen er in de tekst verschillende thema's aangeroerd worden die van het onderwerp zelf te onderscheiden zijn (bijvoorbeeld: wat kan ik zelf doen en wat niet). Hier is gekozen voor eenvoudige thematische analyse : doorlezen van de tekst en noteren van steeds terugkerende aspecten die de opsteller belangrijk lijkt te vinden (Riessman, 2001). Zo komt – in willekeurige volgorde – een half dozijn thema's naar voren:

- Inschattingsfouten
- Stimulans en frustratie : hoogte- & dieptepunten
- Lange termijn strategie
- Gedrag van de bewoners
- Beslissingen over koers en prioriteit
- Zelf doen of hulp vragen
- Begrijpen, inzicht- en overzicht krijgen
- Esthetiek

Kritische momenten

De tekst is vervolgens doorzocht op 'kritische momenten'. Hierbij is gelet op een min of meer plotselinge verandering in het gedrag van de verteller. Die kunnen het gevolg zijn van bijvoorbeeld nieuwe gegevens, van een obstakel, van stapeling van kosten of opbouw van frustratie. Het gevolg daarvan kan zijn dat er bijvoorbeeld een nieuw inzicht ontstaat of een nieuwe weg wordt ingeslagen. Ook kan het leiden tot het stopzetten of voor lange tijd uitstellen van een deelproject. Het is voor het leren van dergelijke ervaringen interessant om in beeld te brengen hoe de verteller met die kritische momenten is omgegaan.

Inschattingsfouten

Als een pionier een plan maakt, gebaseerd op een kersverse visie, is het niet zo vreemd dat daar onderdelen in blijken te zitten die niet goed zijn ingeschat.

In oktober 2012 begon de transitie met een werkplan met daarin een lijst van in totaal 46 deelprojecten. Hiervan waren er 7 die het herstel van jaren dertig details beoogden en niet op het verbeteren van de duurzaamheid gericht waren. Daarvan is er 1 niet uitgevoerd, de terugplaatsing van en-suite schuifdeuren in de woonkamer, want dit zou het wooncomfort te veel verminderen. Van de overige 39, wel op duurzaamheid gerichte, deelprojecten zijn er 9 vroegtijdig gestopt:

Hfdst	Deelproject	Redenen voor het stopzetten
1.3	Binnenramen	Opbrengst 4 ^e glaslaag is gering
4.7	WC beneden isoleren	Complexe samenloop met andere deelprojecten
4.10	Vloerisolatie in de uitbouw	Beton op zand na-isoleren wordt veel te duur
6.4	Cisterne	Het leidingwater in Nederland is goedkoop en veilig
6.5	Waterfilters	Het leidingwater in Nederland is goedkoop en veilig
7.3	Windgenerator	Vergunning niet mogelijk, opbrengst gering
7.8	Waterleiding afkoppelen	Het leidingwater in Nederland is goedkoop en veilig
7.9	220 Volt net afkoppelen	220V net blijft gekoppeld vanwege "grid" concept
7.12	WTW uit ventilatielucht	Is technisch complex en heeft geringe opbrengst

-Hierin valt het grote aandeel water gerelateerde projecten op. Het huidige grote gemak van schoon en drinkbaar leidingwater uit de kraan is niet eenvoudig weer in te ruilen voor de oude technieken van cisterne, filters en hydrofoor. Pas als de wereldwijde schaarste aan drinkwater ook tot Nederland doordringt zal er meer reden zijn om die stap te zetten.

-De drie isolatieprojecten vergen veel meer werk dan hun geringe bijdrage aan de energiebesparing zou rechtvaardigen, in elk geval in vergelijking met andere wel gerealiseerde isolatiemaatregelen. Het vervangen van de houten vloer en kruipruimte door een geïsoleerde betonvloer was dusdanig duur en had een dusdanige impact op de huishouding en het budget dat het hele transitie project daarna een jaar vrijwel heeft stilgelegen.

-Het enthousiasme van het eerste uur rond 1980 met de slogan "Geen kernenergie of kolen, bouw een molen" is gaandeweg vervangen door een grootschaliger denkmodel met windparken. De inzet van kleine molens op de daken in de stad gaat niet tot effectief oogsten van windenergie leiden.

-Tenslotte is er ook een project dat als gevolg van andere keuzes niet haalbaar is: warmte terugwinning uit ventilatielucht. In huis 1938 is eenvoudigweg geen centraal ventilatiesysteem voorzien zoals dat in een passief huis ontwerp zou passen.

Tenslotte is vastgesteld dat de deelprojecten in 7.4 en 7.5 wel mogelijk maar niet binnen de looptijd van de transitie in huis 1938 realiseerbaar zijn. Dit is veroorzaakt door het knelpunt bij decentrale energie opslag: hiervoor is in 2015 nog geen geschikte apparatuur voor woningen in de handel.

Stimulans en frustratie

Als pionier in een nieuw en onbekend duurzaamheidsland is de eindstreep van het parcours de eerste twee jaren niet in zicht. Een nevel van onbekendheid en onzekerheden beneemt het zicht. Stoppen of doorgaan bij tegenslag is dan een keuze die door allerlei niet allemaal even rationele factoren wordt bepaald. Van sommige zaken is duidelijk dat ze realiseerbaar zijn, bijvoorbeeld zonnepanelen. Van andere zaken is dat niet zo. Vervangen van een aardgasgestookte CV ketel door een elektrische warmtepomp is een veel minder vanzelfsprekende maatregel. Beslissingen om te stoppen of om toch maar weer door te gaan zijn lastig te nemen op onbekend terrein.

Dan wordt af en toe een stimulans krijgen belangrijk om de frustraties het hoofd te kunnen bieden. Een van de grootste stimulansen tijdens de transitie was het glas heffen op het moment dat na het plaatsen van zonnepanelen de elektriciteitsmeter voor het eerst terug ging draaien.

Het parcours kende hoogtepunten en dieptepunten. Het - ook letterlijke - dieptepunt was het moment dat het zand en de leidingen in de kruipruimte bloot kwamen te liggen. De overweldigende grondlucht duurde gelukkig maar een paar dagen. De ontwrichting van het huishouden duurde een

maand. Een van de grootste frustraties was de ontdekking dat aanbrengen van vloer isolatie in de uitbouw zelfs nog moeilijker en veel te duur zou worden. Dat project is dus geschrapt.

Een hoogtepunt was de voldoening bij het afronden van het grootste doe-het-zelf deelproject : de realisatie van drielaags glas in alle 30 ramen.

Een lichte teleurstelling was de tamelijk bescheiden duurzaamheidswinst ondanks al dat werk.

Een gevolg van de zomer van 2014 met een opgebroken huiskamer en keuken was dat er een soort verbouwingssmoetheid optrad. Na de zware klus was er een gevolg: vertraging. De aanvankelijk 3 jaar geplande tijdsduur voor de transitie werd 4 jaar. Heel jammer is het als je als pionier zojuist de nieuwe warmtepompen in bedrijf hebt gesteld en er komt bericht dat een nieuwe subsidie voor warmtepompen over 2 maanden van start gaat ([Natuur & Milieu, 27 nov 2015](#)). De net gedane grote investering blijft dus geheel voor eigen rekening . . .

Lange termijn strategie

Aan het begin van het project was het onzeker wat de beste strategie voor verduurzaming van huis 1938 zou zijn. Dat zou uit de praktijk moeten gaan blijken. De veronderstelling was dat door als ontwerpgrens “nul” gas, water en elektra te beschouwen, de kans groot was dat alle denkbare ontwikkelingsrichtingen vanzelf wel naar boven zouden komen en dat dan de beste richting gekozen kon worden. Het denkkader daarbij was een decentrale energie opwekking in het huis en een verbinding met een “grid”.

De vraag is of die veronderstelling wel voldoende klopt. In principe klopt hij namelijk niet. Immers, de inventarisatie van de ‘state of the art’ die aan het ontwerp ten grondslag ligt dateert van 2012. In de vier jaar looptijd zijn de vernieuwingen op duurzaamheidsgebied steeds sneller doorgegaan. Met de ontwikkeling en op de markt brengen van brandstofcellen in auto’s opende zich bijvoorbeeld een nieuw scala aan mogelijkheden : een elektrisch huis dat niet zelf de stroom opwekt maar die uit de brandstofcel gebruikt. Een afweging tussen extra PV zonnepanelen of een brandstofcel auto als stroombron is niet gemaakt. In het derde jaar van het project kwam een ‘phase change material’ warmtebuffer oplossing voor de combinatie zonnecollector en warmtepomp op de markt die uitstekend in een kruipruimte zou hebben gepast. De kruipruimte was kort daarvoor dichtgegooid met een ander type warmtepomp oplossing in gedachten. Zo is een ontwikkelingsrichting afgesloten zonder een bewuste keuze.

Ook op het gebied van de nutsvoorzieningen zijn keuzes gemaakt die onzekerheid voor de toekomst met zich mee brengen. Zo is het verder verminderen van het gebruik van leidingwater naar achteren geschoven. Vanwege de “grid” gedachte is voor aan het 220 Volt elektriciteitsnet verbonden blijven gekozen. Alleen het afkoppelen van het aardgas is steeds een doel gebleven in het project. De belangrijkste overweging daarbij is dat een warmtepomp 4 à 5 maal zuiniger verwarmen kan dan de beste HR CV ketel. Zelfs als dat gas eerst in een elektriciteitscentrale naar elektrische stroom wordt omgezet waarmee die warmtepomp loopt blijft er nog een grote energiebesparing over. De onduidelijke toekomst van aardgas, en de toenemende problemen die de winning daarvan oplevert, hebben ook bijgedragen aan de keuze voor afkoppelen.

Gedrag van de bewoners

Het gedrag van de bewoners gaat ook over andere dingen dan energiegebruik. Het autogebruik kan uiteindelijk op termijn niet buiten beeld blijven. De ontwikkelingen wijzen in de richting van particuliere elektrische auto’s als energiebron met energie opslag. Op korte termijn zal een hybride auto nog nodig zijn zolang de actieradius en de laadtijden nog niet helemaal passen bij de

maatschappelijke ordening van nu. Het lijkt er op dat een laadpaal op de oprit in de voortuin eerst nog de aangewezen weg is. Alleen zo kan een eigen elektrische auto lang genoeg aan een laadpaal staan en kan zelf opgewekte zonnestroom – al zou het alleen maar administratief zijn – de eigen auto van stroom voorzien.

De eetgewoonten zijn ook niet helemaal los van de duurzaamheid in huis 1938 te zien. Gezond en duurzaam zijn verschillende dingen hoewel velen zich daar niet om lijken te bekommeren. Het lijkt er op dat “duurzaam” omgaan met voedsel op een paar punten tot minder gezond eten kan leiden. De belangrijkste daarvan is het eten van voldoende vlees, vis en gevogelte. In de aanbevelingen voor duurzaam eten zit 5x minder vlees dan in aanbevolen ‘gezonde’ maaltijden. Voor vis geldt iets vergelijkbaars met 2x minder dan ‘gezond’ zou zijn (optimeal.nl) ([De Vré, 2014](#)). Een huis zonder een kookplaats lijkt in elk geval niet de aangewezen weg hoewel sommigen nooit koken.

In huis 1938 is af en toe een logeerpartij. Lang niet alle gasten zijn met duurzaamheid bezig op de manier die nodig is voor het transitieproject dat er loopt. Een duidelijk voorbeeld is te zien in de registratie van het waterverbruik. Dat schiet omhoog als er vaak en lang gedoucht wordt.

Het transitieproject heeft voor een grote afvalstroom gezorgd. Steeds is hergebruik overwogen en waar mogelijk ook gedaan. Dat bleek in praktijk tegen te vallen. Behalve enkele vloerbalken uit de kruipruimte die zijn hergebruikt is het meeste toch als slooppafval op de gemeentelijke stortplaats terecht gekomen. Gescheiden naar soort ten behoeve van recycling, dat wel. Hier is een kritisch moment vrijwel ongemerkt gepasseerd: het hergebruik is niet zo ambitieus aangepakt als bijvoorbeeld de Duitse ‘cradle to cradle’ architect Thomas Rau dat doet (Rau.eu). Niet in de keuze van materiaal dat in een volgend technisch leven hergebruikt kan worden en niet in het in huis 1938 zelf maximaal recycleren van de oude materialen die bij de sloop zijn vrijgekomen.

Gedrag is door slimme besturing te kanaliseren, althans dat is een van de gedachten achter *domotica* en in het verlengde daarvan, *het internet der dingen*. De in ontwikkeling zijnde gereedschappen op dit gebied laten voorlopig op zich wachten (smart-homes.nl). De registratie en presentatie van energiegebruikscijfers is al wel het onderwerp van nieuwe ‘apps’ op de smart-phone en op de tablet-pc. Enkele energiemaatschappijen leveren een fraai uitzierend display waarop de energiehuishouding te zien is (Eneco.nl) (Essent.nl).

Met slim aan en uit schakelen, bijvoorbeeld als er zon op de zonnepanelen valt de was doen, of met een besturingsalgoritme werken waarmee energie zelf gewonnen, gebruikt en opgeslagen wordt, komt in huis 1938 niet verder dan een programmeerbare thermostaat. Ook hier is een kritisch moment ongemerkt gepasseerd.

Beslissingen over koers en prioriteit

Een belangrijk kritisch moment werd begin 2013 bereikt op het moment van aanbrengen van spouwisolatie. Die isolatielaag kon niet dikker zijn dan de ruimte tussen binnen- en buitenblad van de bestaande spouwmuren. Esthetische en vergunning technische overwegingen hebben tot de keuze geleid om aan die muren niets aan te veranderen. Dit had ook anders gekund, bijvoorbeeld door overal binnenshuis voorzetwanden te plaatsen of door het buitenblad op grotere afstand van het binnenblad opnieuw op te metselen, of – veel moeilijker – andersom. Daarmee was het “passief huis” niveau mogelijk wel haalbaar geworden. Huis 1938 dan toch maar afbreken en nieuw bouwen? Het besluit om dat toch maar niet te doen mag als kritisch moment gelden.

Het eind van 2013 is zeer plezierig omdat de elektriciteitsleverancier Eneco de maandlasten verlaagt op basis van gemiddeld “nul” elektriciteitsvraag. Ook het gas- en waterverbruik zijn duidelijk gedaald.

Het transitieproject begint zijn vruchten af te werpen. De beslissing om met de transitie door te gaan is niet moeilijk te nemen.

Medio 2014 is het moeilijkste punt, het opvullen van de kruipruimte en aanbrengen van een geïsoleerde betonvloer, gepasseerd. Een bedrag ter grootte van het eerste budget van 25595,- Euro is inmiddels uitgegeven. Verschillende deelprojecten lopen nog : het eco-toilet is in ontwerp, de lichtkoepels zijn bijna klaar. Van de isolatie van de zolder, de schuurzolder en de erker zijn de uitvoeringsdetails bepaald maar het werk moeten nog beginnen. De investeringen in elektrisch koken, in een voorziening voor warm water en in een 2^e en 3^e warmtepomp zijn in voorbereiding. Een fase 2- en fase 3 set zonnepanelen om het stroomverbruik te compenseren hoort daar ook bij. Pas op het eind kan de CV ketel weg en pas dan kan ook het aardgas worden afgesloten.

Als laatste project op langere termijn staat de aanleg van een cisterne en een systeem met waterfilters op het programma. Al met al ziet het er in 2014 naar uit dat de transitie naar een “nul” energie toekomst voor huis 1938 inderdaad tussen 40000,- en 50000,- euro zal gaan kosten. Het besluit om op een iets lager tempo door te gaan valt. Ook om deze reden werd de transitieperiode van 3 jaar naar 4 jaar bijgesteld.

In de periode 2014-2015 is de isolatie van erker, schuurzolder, en het dak aan de beurt. Dit had eerder gekund als het niet zo veel werk was geweest.

Vanwege het geld dat er mee gemoeid is moeten de warmtepompen uitgespreid worden in de tijd.

In 2015 is het aansluiten van een 2^e warmtepomp aan de vloerverwarmingsslussen op de begane grond voorzien. In de lente van 2015 valt echter het besluit om dat moment nog wat uit te stellen.

In de zomer van 2015 was echter al voldoende geld gespaard en werd een begin gemaakt met het specificeren van de warmtepompen 2 en 3. Warmtepomp 2 moet ook het warm tapwater gaan maken. Kort daarop volgt volgens het plan ook de kleinere, warmtepomp 3 die de 1^e verdieping en indirect ook de zolder verwarmt. De plaatsing van beide warmtepompen is een belangrijke mijlpaal in de transitie want daarmee is in de herfst van 2015 een belangrijke barrière voor het afsluiten van het aardgas geslecht. Zodra ook het koken elektrisch is gemaakt dan kan afkoppelen van het aardgas pas echt gaan gebeuren. Het idee van koken op propaan is midden 2015 verlaten. Wel is er in 2014 nog een - onnodig geworden- doorvoerpijp voor een propaanleiding in het beton meegegoten.

Zelf doen of hulp vragen

Hier was een kritisch moment bij de aanleg van gas en waterleiding en vloerverwarmingsslussen in de nieuwe vloer van de woonkamer en de keuken. Aanvankelijk was dit als doe-het-zelf werk gepland maar toen het realiseren van de geïsoleerde betonvloer eenmaal begonnen was bleek dat het werk zowel wat hoeveelheid als wat kwaliteit betreft niet zelf gedaan kon worden. Een loodgieter was snel gevonden en het werk is daarop binnen enkele dagen uitbesteed en goed uitgevoerd.

De grootste hoeveelheid doe-het-zelf werk is in drielaags glas gaan zitten. Ook daar bleek de kwaliteit een punt te zijn. Enkele voorzetramen bleken niet schoon genoeg te zijn en moesten laat in de zomer van 2015 gedemonteerd en nogmaals schoongemaakt worden.

Er was ook een kritisch moment bij het naar binnen kruien van twee vrachtwagens zand in de kruipruimte. De burens hielpen met dit zware werk gelukkig mee.

Begrijpen, inzicht- en overzicht krijgen

Als particulier op zoek gaan naar actuele publicaties over duurzaamheid is op het eerste gezicht eenvoudig. De computer aanzetten en met een zoekmachine het internet afspeuren lijkt genoeg. Dit levert in praktijk echter alles behalve de hele waarheid. Zo zijn actuele boeken en artikelen vaak

alleen tegen betaling verkrijgbaar. Veel informatie is voor grootschalige projecten en bedrijven bedoeld (Rakhorst, 2012). Product informatie is doorgaans in overvloed te verkrijgen maar die is niet objectief door de commerciële belangen van de bedrijven die ze op de markt brengen. Publicaties van instituten op een bepaald gebied zijn opgesteld vanuit een bepaald denkkader en daardoor eenzijdig en soms minder op de praktijk gericht. De internet informatie van groepen die op duurzaamheidsgebied actief zijn geven stimulerende, enthousiaste maar incomplete informatie. Sommige groepen zijn opgericht door ondernemers die zo dicht bij hun klanten en bij subsidiegelden proberen te komen en die in hun voorkeursrichting sturen (Tonkens & Duyvendak, 2015). Zelfs de nutsbedrijven roeren zich op deze manier, zoals Enexis met “buurkracht”. Een van de bespaartips is: “het licht uit te doen als je de ruimte verlaat” leidend tot een besparing van 10 Euro per jaar (buurkracht.nl). Dit gaat niet over de hoofdzaken bij de duurzaamheid.

Deze ‘case study’ is daarom op een breed scala van soorten informatie gebaseerd. Zelf blijven nadenken is het devies, ook in duurzaamheidsland.

Er is ook een grens aan wat een mens kan bevatten en overzien. Voor een pionier is het onmogelijk in alle voor het transitieproject relevante en snel veranderende vakgebieden zoveel kennis te verzamelen dat er geen verrassingen en foute keuzes meer mogelijk zijn. Dat betekent dat er gebrek aan inzicht en overzicht blijft terwijl het project doorloopt. Gezond boerenverstand blijft nodig maar schiet toch altijd te kort.

Esthetiek

De technische maatregelen die duurzaamheid bevorderen zijn niet altijd mooi om te zien. Het dilemma bij de beslissing om wel of niet tot uitvoeren van niet esthetisch aantrekkelijke maar wel duurzame maatregelen over te gaan kan op verschillende manieren doorwerken.

-Twee esthetische knelpunten:

De drie zonnepanelen op het dak voor aan de straat zijn het duidelijkste als eerste voorbeeld van een esthetische probleem. Er was op de werkplaats geen ruimte genoeg voor voldoende panelen om nul energie te bereiken en zo bleek het nodig om ze voor op het dak van het huis te plaatsen. Door ze later alsnog naar de werkplaats te verhuizen is dit esthetische bezwaar –alleen in theorie- te verhelpen. De eerste warmtepomp, open en bloot aan de gevel achter aan de uitbouw, was de tweede esthetische misstap. Hij valt daar na de bouw van het recycling hok, niet meer op.

-Een duurzaamheidsmaatregel is niet genomen om esthetische redenen.

Er is ook een keuze gemaakt om maatregelen niet te nemen omdat het resultaat ‘niet mooi’ is. Aan een deel van de gevel van de uitbouw achter zou een geïsoleerde voorzetwand aan de buitenzijde energiezuiniger zijn. Dat zou – de jaren dertig stijl indachtig – leiden tot een gepotdekselde houten betimmering in een donkergroene of crème witte kleur. Dit stijldetail kwam aan huis 1938 van oorsprong niet voor en daarom is dit deelproject niet uitgevoerd. Met het alternatief, een nieuwe spouwmuur volgens het huidige bouwbesluit, zou het knusse hoekje bij de achterdeur in jaren dertig stijl, wegens ruimtegebrek geheel verloren doen gaan. Behalve bij dit ene kritische moment zijn de effecten van esthetiek op het project voor het overige verder klein gebleven.

-Maatregelen om iets esthetisch te verbeteren zijn minder mooi als gedacht.

Een warmtepomp of airco buiten unit aan de gevel hangen is in veel landen, met name in het Verre Oosten, iets alledaags, zo bleek uit de virtuele wandeling. In andere landen poogt men ze te verbergen in een nis, achter het huis of achter een stenen of houten rasterwerk. Waar dat bij warmtepompen 1 en 2 aardig lukte met het klike hok was het resultaat bij warmtepomp 3 teleurstellend. Weliswaar is de buiten unit daarvan uit het zicht aan de achtergevel geplaatst maar leek een omtimmering toch zinvol. Het resultaat, zoals in november 2015 bereikt, valt wat tegen.



2012 Achtergevel



2015 Warmtepomp 3



2015 Omtimmering

Het beoogde doel – minder opvallen – is niet echt gehaald. De witte omtimmering valt nog steeds op. Een oplossing is nog te vinden in het kiezen van een andere kleur maar dat weegt niet op tegen het bezwaar van afwijken van de bestaande kleuren aan huis 1938: dak oranje rood, baksteen en wit houtwerk. Hij blijft dus wit.

IX Discussie

In de loop van de uitvoering van het transitieproject kwamen verschillende vragen naar voren die de kwaliteit van de 'case studie' als geheel betroffen.

Is deze transitie een gebeurtenis die zich voldoende leent voor een 'case study'?

Er zijn geen vergelijkbare case studies gevonden bij het zoeken naar literatuur over transitie bij jaren dertig woningen. Dat maakt dat deze studie nieuw in zijn soort is en daardoor interessant voor een brede kring van bij duurzaamheid betrokken mensen.

Is het perspectief van de onderzoeker veranderd?

Al doende leert men, dat bleek al snel. Gaandeweg ruilde de aanvankelijke ambitie van plaats met doorzettingsvermogen en verving een praktische haalbaarheidsafweging het theoretisch maximaal bereikbare. Terugkijkend lijkt het ongelooflijk hoeveel energie er al die jaren gedachteloos verkwist is. Het bewust naar duurzaamheid streven zal nog wel verder doorgroeien.

In hoeverre maskeert de verandering in context dingen zodat ze niet gezien worden?

Transitie naar duurzamere systemen vindt plaats in een evoluerende omgeving (Paredis, 2012). Transitie deelt men in met enkele fases: start, kanteling, versnelling, stabilisatie (Rotmans, 2012). Kijkend naar duurzame energie winning mag men stellen dat elektriciteit uit waterkracht centrales een voorbeeld van bestaande technologie is. Vanuit transitie perspectief is die in de stabilisatiefase. Opmerkelijk is dat door het niet uitvoeren van onderhoudswerk door Rijkswaterstaat de oudste van de 4 waterkrachtcentrales in Nederland in Hagestein (1958) sinds 2004 stil ligt (EnergieActueel, 2013). In de 20 jaar voor de transitie in huis 1938 was windenergie sterk in opkomst en onderging tegelijkertijd een enorme schaalvergroting. Het platteland in Nederland kreeg een nieuwe horizon met windmolens. Ze verschenen uiteindelijk niet binnen de bebouwde kom in het straatbeeld. Windmolens verkeren in de versnellingsfase, grote parken moeten nog in zee verrijzen.



1990 Zelfbouw windmolen - In de jaren 80 was het zelf bouwen van een eigen windmolen de ultieme uiting van duurzaamheid. "Geen kernenergie of kolen, neem een molen" was het motto (Westra & Tossijn, 1980). In huis 1938 is ook daar ervaring mee. Met wieken met lengte van 3 meter en een mast van 10 meter mocht de in de familie ontwikkelde windmolen helaas nergens staan . . .

Aan het begin van de transitie waren er weinig huizenbezitters met zonnepanelen bezig. Halverwege de transitie lijkt iedereen er wel mee aan de slag te willen. PV-zonnepanelen verschijnen juist overal in het straatbeeld. De energiewinning met PV zonnepanelen lijkt de kanteling fase in de transitie naar duurzaamheid gepasseerd.

De warmtepomp is in 2016 nog even exotisch als aan het begin van de transitie in 2012. Men is met “groene” administratieve denkconcepten aan de slag. In een nieuwe wijk heeft de Gemeente waar huis 1938 toe behoort besloten in een gedeelte geen gas aan te leggen zodat de huizen die daar gebouwd mogen worden hun verwarming anders dan met een gasgestookte CV moeten doen. Gevolg: men past warmtepompen van diverse typen toe. Dit lijkt nog in de startfase te verkeren. De schaalvergroting van methaanvergisting lijkt het hele idee te kenteren in plaats van te versterken. De “missing link” in de duurzaamheid beweging is het ontbreken van de energie opslag waardoor op zonnige of winderige dagen er een teveel aan duurzame elektrische energie ontstaat dat de traditionele opwekking in centrales en het verdienmodel van nutsbedrijven verstoort. De overheid roert zich door her en der wat positieve prikkels uit te delen of belemmeringen op te werpen. Dit alles geeft aan dat de omgeving sterk aan veranderingen onderhevig is. De case studie aanpak met een lange projectenlijst en een vaste set thema’s voor de evaluatie, beiden vanaf het begin bepaald en aangehouden, zorgt voor een lage gevoeligheid voor een veranderende context.

Is het moment waarop gestart en gestopt werd goed gekozen ?

In een tijd waarin verandering voortdurend plaatsvindt is een duidelijk startpunt niet aan de hand van een geschikte situatie in de omgeving te kiezen. Het gekozen startmoment is zo goed als elk ander moment. Het moment om te stoppen na 4 jaar komt voort uit de projectplanning. Ook dit moment had anders kunnen worden gekozen maar nu is er in elk geval een vergelijking mogelijk tussen de ambitie vooraf en de in werkelijkheid bereikte resultaten binnen de looptijd van 4 jaar.

Is de geleidelijke verandering aan het huis vanaf 1938 lang voor het project begon van belang?

Al in 1984 begon een geleidelijke aanpak van onnodig warmteverlies vanuit de wens om de woonkamer comfortabeler te maken. Huis 1938 was vochtig, tochtig en koud in de winter. Die eerste maatregelen zijn niet vanuit het idee van verduurzamen gedaan.

Doet het niet precies bereiken van het “nul” niveau afbreuk aan de conclusies?

Nee want die “nul” was als doel genomen om alle mogelijkheden de revue te laten passeren, niet om ze ook werkelijk te bereiken. Het in passief-huis voorstanders ogen wellicht als sub-optimaal betitelde resultaat levert na 4 jaar echter, behalve “nul” energie, in het spanningsveld van rentabiliteit, duurzaamheid, comfort en gezondheid op alle vlakken een positieve verandering ten opzichte van de startsituatie.

Waren de veranderingen goed genoeg waar te nemen ?

Daar waar de nutskosten en meterstanden niet voldoende duidelijkheid opleverden moest het rekenmodel uitsluitel geven. De factoren die niet echt objectief werden gemeten zijn het wooncomfort en de gezondheid.

Gaan de gebeurtenissen zo snel of zo langzaam dat ze niet gezien worden ?

Sommige gegevens gaan te snel. Zo zijn de grillige gebruiksregistratie grafieken te ‘temmen’ door voortschrijdende gemiddelden of jaargemiddelden te berekenen.

Andere gegevens komen te langzaam tot stand. De effectiviteit van warmtepompen voor verwarming laat zich pas na een aantal jaren nauwkeurig vaststellen.

Zijn er variabelen gemist die de conclusies in een ander daglicht zouden kunnen stellen?

Er zijn geen metingen gedaan om het comfort nauwkeurig kwantitatief te bepalen hoewel dat technisch gezien uitvoerbaar is (Fanger, 1970). Voor een particulier is het systematisch meten aan luchtstromen en temperatuurverdeling in een huis echter niet praktisch uitvoerbaar en niet betaalbaar.

Is het resultaat sub-optimaal als gevolg van de gekozen aanpak?

Hier is het antwoord duidelijk “ja”.

-Dat geldt ten eerste voor de technische kant, onder andere door het afzien van mechanische ventilatie, warmteterugwinning uit lucht en tapwater en van de gesloten schil van het passief huis concept. Ook het uitstellen van zelf maken van water op eigen terrein draagt bij aan het niet optimale resultaat zoals dat werd bereikt in 2016.

-Het geldt zeker, als tweede, ook voor de financiële kant. Door als particuliere woningbezitter de transitie alleen te doen zijn de voordelen van een collectieve aanpak, zoals lagere prijzen bij gezamenlijke inkoop, uitvoering door gespecialiseerde toeleveranciers en besparingen door vantevoren goed advies in te winnen, niet benut. Anderzijds is elk huis uniek . . .

-Er is ook een derde punt te noemen dat veel meer onzekerheid bevat en niet met een duidelijk ja of nee te beantwoorden is. Bij de transitie is niet voor een enkel type resultaat gekozen maar voor een mix. Huis 1938 bevat ideeën uit de concepten Passief huis, Nul-op-de-meter, het “Grid” denken en volgt de principes van de trias energetica. Optimaal zal dit vermoedelijk niet zijn.

-Het vierde punt is dat de verschillende componenten waaruit het resultaat bestaat nog niet uit ontwikkeld zijn. Zich snel ontwikkelende en met elkaar om de hoogste efficiency wedijverende producten op de markt leiden tot snel achter lopen bij de stand der techniek. Zo zijn er in 2015 PV zonnepanelen die meer opbrengen dan het geïnstalleerde type.

-Het vijfde punt is dat de watervoorziening nog niet aan een sustainability make over is onderworpen. De transitie is dus niet compleet. Water in Nederland is goedkoop en in voldoende mate beschikbaar dus de noodzaak om meer te doen dan besparing op het gebruik is er niet.

-Het zesde punt is dat er nog technische componenten aan het gerealiseerde duurzame systeem ontbreken omdat ze nog niet op de markt zijn. De keuze voor het Rifkin concept van een woning die “nul” energie vraagt maar wel aan een “grid” vastzit, en daar vanuit tekort aanvult en surplus aan levert, is leidend geweest. Huis 1938 zit eind 2016 vast aan de elektra-, water - en informatie grids. Het nog ontbreken van een eigen energie opslag met een systeemregelaar maakt de stap naar een autarkisch huis of een “earth ship” vooralsnog onmogelijk.

-Het zevende punt is dat de overheid nog niet stevig ingrijpt bij de complicaties door momenten van overvloed van zonnestroom en windenergie op het 220 Volt “grid” en het dan gevoelde gebrek aan energie opslag mogelijkheden. Dat zou kunnen veranderen waardoor de wens van een loskoppeling van de grids toch weer in beeld kan komen. Zonnepaneel eigenaren worden als ondernemers gezien en de belastingdienst heft al energiebelasting . . .

Verder verbeteren blijft mogelijk en vereist een open blik naar de mogelijkheden die de toekomst nog zal gaan bieden . . .

X Conclusie

De beginvragen

Op de twijfels en de vragen aan het begin van dit transitieproject zijn gaandeweg antwoorden naar voren gekomen. Dit zijn de ervaringen in een notendop:

-Zou ons huis uit 1938 daar wel geschikt voor zijn ?

Er was wel moed voor nodig om een transitie project te starten met als enige stimuleringsmaatregel een bedrag van ongeveer 600 euro voor zonnepanelen en het recht op saldering voor surplus zonnestroom. Slechts zeer weinig pioniers hadden iets met een jaren dertig woning gedaan met duurzaamheid en daar ook nog bekendheid aan gegeven. De enige manier voorwaarts was , ondanks de twijfels en de onbekendheid met resultaten van anderen, dus toch maar beginnen.

Uitgangspunt was dan ook : elk huis kan duurzamer, huis 1938 dus ook. Hoever die duurzaamheid zou kunnen worden doorgevoerd was onbekend. Uitgangspunt daar werd: onderzoeken of er 'nul' haalbaar zou zijn voor zowel gas, water als elektra. Dit hoogst denkbare doel zou het transitietraject wel zo'n beetje langs alle mogelijkheden voeren.

-Hoe pak ik dat aan ?

Langs de in de industrie veel belopen weg van de product ontwikkeling liggen de mijlpalen van het ontwerp, de planning en kostenschatting, de realisatie en de oplevering. Deze route is steeds gevolgd, zowel op het niveau van het hele transitieproject als op het niveau van de diverse deelprojecten.

-Wat is goed om te doen en wat niet ?

De veranderingen in duurzaamheidsland gaan nu zo snel dat een transitieproject een beetje als schieten op een bewegend doel aanvoelt. Wat de ene dag als 'state of the art' wordt gepresenteerd is de volgende dag achterhaald. De kleine windmolens bijvoorbeeld. Wat als grote stap vooruit wordt afgeschilderd kan slechts een voortzetting van oude gewoonten blijken te zijn. CV ketels op gas met een warmtepomp er aan bijvoorbeeld. Ruim een jaar nadat het dak aan de voorkant van het huis met zonnepanelen werd voorzien kwam de zonne-dakpan op de markt. Een paar weken nadat de kruipruimte was volgestort en geïsoleerd kwam er een warmtepomp en zonnecollector systeem met een grote hoeveelheid smeltend ijs als buffer op de markt, ideaal voor – inderdaad – de kruipruimte.

-Hebben al die bevlogen mensen samen al wel genoeg kennis verzameld en experimenten gedaan om nu goede keuzes te kunnen maken?

Het lijkt logisch om die kennis te vooronderstellen maar toch klopt het niet. Rifkin en Rotmans riepen het al: transitie gaat gepaard met chaos. Elkaar tegensprekende deskundigen en leveranciers die uitsluitend voor eigen parochie preken alom. Daar doorheen speelt nog het feit dat niet alle betrokkenen alleen door de duurzaamheid bevlogen zijn, immers slimme zakenlieden richten organisaties op die op het eerste oog spontaan uit een groepje enthousiaste buurtbewoners lijken te zijn ontstaan. Als particuliere woningbezitter is het bijzonder lastig om een overzicht van de mogelijkheden te krijgen en zeker om daar dan vervolgens verstandige keuzes in te maken. Is CO₂ uit de houtbrander goed als het hout van eigen grond komt? Is een kilowattuur uit de kolencentrale goed benut als er een zuinige warmtepomp op loopt? Is autorijden op bio-ethanol wel goed als het

voedsel areaal in de landbouw er door beperkt wordt? Hier zijn nog veel grote vragen te beantwoorden die veelal buiten het huis 1938 transitieproject liggen.

-Wat zou er mooier zijn dan op eigen kracht een fraai jaren dertig huis renoveren naar een energie niveau van nul?

Hier is het antwoord kortweg: 'niets.' Dat komt bijvoorbeeld door het moment dat de energieleverancier aankondigde per maand 0,- euro voor elektra in rekening te gaan brengen, een mooie mijlpaal na 1 jaar. De melding dat huis 1938 over een periode van 2 maanden 41 m³ gas verbruikte terwijl de omliggende huizen in die zelfde periode gemiddeld 85 m³ gebruikten was een mooie mijlpaal na 2 jaar. Als alle isolatie en de warmtepompen uiteindelijk compleet zijn is 'nul' bereikbaar. Het afsluiten van de aardgasleiding eind 2015 was een mijlpaal van formaat. Het Nederlandse water is goed en goedkoop dus de grote inspanningen om eigen water op eigen grond te maken zullen nog wel een tijdje op zich laten wachten. Maar mogelijk is het wel. De al een eeuw geleden gangbare technieken van cisterne, pomp, filter en hydrofoor krijgen hier opnieuw een kans.

-Zou het kunnen zonder dat het huis een tijd onbewoonbaar is en zonder dat er grote machines, vrachtwagens en hijskranen bij nodig zijn?

De bewoonbaarheid is enkele weken minder goed geweest tijdens het isoleren van de woonkamer- en keuken vloer. Kamperen in de uitbouw achter en onder de veranda in de tuin bood een oplossing. Alleen bij het betonstorten (twee keer) en het aanbrengen van spouwmuurisolatie waren er grote vrachtwagens en hijskranen nodig. De straat is daardoor drie keer enkele uren geblokkeerd geweest.

-Kan het voor een budget dat voor velen bereikbaar is?

Een huis dat daar helemaal niet voor ontworpen is duurzaam maken is niet goedkoop. Na een jaar was 14000,- euro in huis 1938 geïnvesteerd. Na twee jaar stond de teller op 25000,- euro. De totale kosten na vier jaar belopen afgerond 45000,- euro. Dit is een fors bedrag maar het kan in ongeveer 11 jaar terugverdiend worden. Naar mate er meer bedrijven in duurzaamheidstransitie de 'learning curve' hebben doorlopen en er meer concurrentie is ontstaan is een lager eindbedrag te verwachten.

-Kan het stap voor stap?

Met de beperkte financieringsmogelijkheden en het gefragmenteerde aanbod in de markt is opdelen in deelprojecten onontkoombaar gebleken. Na het in 2012 vaststellen van het ontwerp en de lijst met projecten voor de uitvoering, kwamen sommige projecten gemakkelijk tot stand, sommige bleken erg lastig en maakten verder opdelen noodzakelijk, nog weer andere projecten bleken niet zinvol, niet snel uit te voeren of helemaal niet realiseerbaar om diverse redenen. Een belangrijke belemmering blijkt de CV combi ketel te zijn. De gecombineerde functies verwarming en warm tapwater blijken moeilijk via aparte deelprojecten te vervangen te zijn. Ook de zeer hoge kosten werken hier belemmerend. De oplossing werd gevonden door het huis in aparte compartimenten op te delen en die stuk voor stuk naar een nieuwe warmtepomp over te schakelen onder gelijktijdige afkoppeling van een deel van de CV installatie. Elk stuk nieuwe apparatuur staat op zichzelf. Zo zal de verwarming niet meer in het hele huis tegelijk uitvallen en zal reparatie of vervanging op kleinere schaal kunnen plaatsvinden.

-Hoeveel jaar tijd zou dat dan gaan kosten?

Gaandeweg ontwikkelde zich de aanpak. Vooraf kon die niet precies worden vastgesteld door gebrek aan inzicht en ervaring. De geplande vier jaar tijdsduur bleek aardig gemikt. Na een jaar waren de 'quick-wins' er, na twee jaar waren de grootste hordes genomen en na drie jaar bleek het daadwerkelijk afkoppelen van gas, water en licht een keuzemogelijkheid te zijn geworden in plaats van een onbereikbaar ideaal. Na vier jaar waren er maar weinig interessante verbeter mogelijkheden meer over en kwam de transitie tot een eindpunt. Dat neemt niet weg dat er nog kleine verdere acties mogelijk blijven. De veranderende wereld van de duurzaamheid zal ook in de toekomst wel nieuwe kansen blijven bieden.

-Wat zullen de echte knelpunten zijn ?

Geld, gebrek aan solide advisering bij het ontwerp en het ontbreken van ervaren aannemers op het niveau van een transitie project aan een enkele woning, dat zijn de belangrijkste knelpunten. Een gebrekkige beoordelingsbasis voor het bereikte resultaat vormt in mindere mate een knelpunt. Dankzij een gevulde spaarpot, een inzetbaar stuk technische kennis en bruikbare ervaring in project management, engineering en product ontwikkeling in de industrie kon het transitieproject door de auteur in eigen beheer worden uitgevoerd.

Zonder die eigen spaarpot en die kennis zou het project niet van de grond zijn gekomen. Ondanks opdelen in deelprojecten bleken er toch nog facturen van 7000,- Euro ineens tussen te zitten. De keuzes die in het transitie proces gemaakt zijn hebben tot een duurzaamheidsresultaat geleid dat via kentallen te vergelijken is met normen en met andere transitietraject resultaten. Deze kentallen zijn voor wat betreft het materiaalgebruik niet praktisch bruikbaar voor de renovatie van een jaren dertig huis. Dat betekent dat de jaren dertig huizenbezitter niet tot een goede vergelijking van het bereikte resultaat met dat van andere woningen kan komen.

Omdat de huizen zelf verschillend zijn, de kennis en ervaring van de eigenaren verschillend zijn, de duurzaamheid inzichten zich snel ontwikkelen en de markt omgeving voortdurend verandert, zal de ontwikkeling van een beoordelingsinstrument nog wel wat voeten in de aarde hebben. De particuliere huizenbezitter kan daardoor ook moeilijk prestatie afspraken met een transitie-leverancier maken, zo die er al zou zijn.

Waar de aandacht van die leverancier nu nog ligt op grootschalige projecten zoals een warmtepomp voor een hoogbouwcomplex of een zuinige WKK installatie voor een woonwijk zou die geconcentreerd moeten worden op het maximaal stimuleren en faciliteren van de woning eigenaar die de duurzaamheid van een enkele woning wil verbeteren.

Als dat niet gebeurt blijft het in de bestaande woningvoorraad steken bij de 'broodjes van de bakker', de spouwmuur isolatie, zonnepanelen op het dak en hier en daar een zonneboiler voor warm water.

Pas aan het einde van het tweede jaar in het 4 jaar durende transitieproject is er een bescheiden teken van hoop.

Op 29 september 2014 ondertekent een grote groep belanghebbende partijen de 'Deal Stroomversnelling Koopwoningen'. De aanpassing van een groot aantal rijtjeshuizen die gebouwd zijn tussen 1950 en 1980 wordt uit de bespaarde energie gefinancierd, terwijl de bewoners het zelfde aan nutskosten blijven betalen en er een nieuwe impuls voor de werkgelegenheid in de bouw ontstaat. Met een tempo van 50.000 huizen per jaar duurt het 36 jaar voor de 1.8 miljoen huizen in deze groep door de transitie heen zijn gehaald (energiesprong.nl) . . .

-Zou de opgedane ervaring voor anderen nuttig kunnen zijn?

Steeds meer mensen gaan er mee aan de slag. Het meest zichtbare gevolg is het verschijnen van zonnepanelen op steeds meer daken. Dat is, zo is uit de ervaringen wel gebleken, de gemakkelijkst te zetten stap. Bij de volgende stappen wordt het moeilijker. De noodzaak om ook die stappen te zetten wordt groter. De geopolitieke krachten rond gas en olie, de verplichtingen van het Kyoto verdrag, het Europese energieakkoord en de aanzwellende kritiek op het niet halen van de doelstellingen voor 2020 uit het Rutte 2 regeerakkoord (14% duurzame energie opwekking) onderstrepen dat **(Natuur & Milieu, 7 okt 2014)**. Als de miljoenen huizenbezitters allemaal het wiel opnieuw moeten uitvinden is dat een groot maatschappelijk obstakel. Het antwoord op de vraag moet hier dus wel haast 'ja' zijn.



Augustus 2014 Het dieptepunt in het transitieproject in huis 1938, zowel letterlijk als figuurlijk. De houten woonkamer- en keuken vloer is verwijderd en de slechte staat van de oude leidingen in de kruipruimte komt aan het licht. Ook de gevolgen van jarenlange lekkages en de schimmelvorming worden zichtbaar. Er is meteen ook stank overlast.

De achterliggende kwestie

De op de achtergrond spelende kwestie is of het lukt de nieuwe duurzaamheidsdenkbeelden praktisch te vertalen naar aanpassing van de bestaande woningvoorraad. Een onzuinig ontworpen maar qua woongenot geliefd type jaren dertig huis is in deze case study als een voorbeeld genomen. Hoewel jaren dertig woningen in allerlei maten en soorten bestaan is de beschouwde twee onder een kap woning hierbij als maatgevend te zien vanwege het relatief hoge energiegebruik.

Het transitieproject was een ingrijpende ervaring. Voor een particulier die veel zelf wil doen is de puzzel die hiervoor eerst moet worden opgelost een zeer ingewikkelde. Het traject van enkele jaren doorlopen zonder het huishouden te ontwrichten bleek een flinke uitdaging. De bestaande verweving van allerlei systemen in huis was een groot obstakel. Alles hangt met alles samen. Ontkoppelen en opsplitsen levert meer flexibiliteit en wendbaarheid op en maakt deelprojecten kleiner van omvang en dus beter realiseerbaar.

De particuliere woningbezitter ziet zich ook geplaagd voor strategische keuzes in een omgeving waar onzekerheden groot zijn. De overheid lijkt aan het begin van het project in huis 1938 geen duidelijke keuze te maken. Toch lijkt gas een riskantere bron dan elektriciteit in de nabije toekomst. Het Groningse aardgas raakt op, nutsmaatschappijen zetten gascentrales stil vanwege lage steenkoolprijzen en surplus zonne- en windenergie uit de buurlanden stroomt in overvloed binnen. De vastrecht kosten op de maandelijkse gasrekening wordt relatief duurder. De wereldwijde schaarste aan drinkwater lijkt Nederland voorlopig nog te sparen. Het duurt tot begin 2016, vlak na de Klimaatop in Parijs eind 2015, voor de overheid de fossiele energie – op de lange termijn – afzweert en duurzame energiebronnen gaat propageren. De CO₂ uitstoot moet terug met 80 a 95% in 2050 ten opzichte van 1990 (Minez,2016).

Toch blijkt het mogelijk om met een terugverdientijd van 6 à 7 jaar het gas, water en elektriciteit verbruik met meer dan de helft te verminderen. De daarvoor benodigde investering in huis 1938 blijkt met 14.000,- euro zodanig bescheiden van omvang dat dit in veel jaren dertig woningen die in particulier bezit zijn tot de mogelijkheden zou moeten behoren.

De stimulering van circa 600,- euro voor zonnepanelen blijkt te werken als prikkel. Voorwaarde is wel dat er spaargeld genoeg is. Zonder spaargeld is het te investeren bedrag toch te groot om zonder een lening af te sluiten in 1 à 2 jaar tijd vanuit de huishoudportemonnee uit te geven.

De uiteindelijk uitgegeven 45000,- Euro levert een transitie van energielabel C(bijna D) naar label A op. In de warmtepomp, en in de nog nader onderzochte en uitvoerbare verdere verbeteringen, zit wellicht nog de mogelijkheid verscholen om energielabel niveau A+ te bereiken. Daar houdt het op omdat meer isolatie niet te plaatsen is zonder de jaren dertig stijl van het huis aan te tasten.

Hoewel het eigen verbruik in huis 1938 zeer goed bekend raakte tijdens de ‘transitie’ bleef de ecologische bijdrage van de ingezette materialen en apparatuur grotendeels buiten beeld. Verder dan het gebruik van FSC hout ging de duurzaamheid op dat punt eigenlijk niet. Er zijn geen, voor de particulier goed toegankelijke, keurmerken waaraan de uitvoering van het project of het bereikte zuinigere huis als compleet resultaat zijn af te meten.

Met behulp van een thermisch rekenmodel blijkt de duurzaamheidswinst goed te voorspellen. Dat betekent dat niet alleen de individuele particulier op basis van rekenmodellen goed advies moet

kunnen krijgen. Ook betekent het dat het effect van maatregelen aan de woningvoorraad van jaren dertig woningen door de overheid goed door te rekenen is. Duurzamer maken van een jaren dertig huis is dus trefzeker te plannen en realiseren. Sterker nog, een goed voorspelbaar en toekomstbestendig resultaat met een aantrekkelijke terugverdientijd zou toch op veel belangstelling van woningbezitters en toeleveranciers moeten kunnen rekenen . . .

Dat de transitie van woningen nog geen grote vlucht maakt lijkt te worden veroorzaakt door een betrekkelijk klein aantal belemmeringen die de particuliere woningbezitter ervaart :

- De kennis die nodig is om een transitietraject zelfstandig te doorlopen is bij de meeste particulieren niet beschikbaar.
- Na maatregelen die door een leverancier op dit moment al wel eenvoudig te installeren zijn stagneert het. Er dreigen daarna alleen maar grote en ingewikkelde projecten met bouw- en installatie bedrijven die nog op de oude voet werken en denken.
- Er is geen concurrerend en plaatselijk beschikbaar aanbod van complete transitieprojecten in de markt.
- Er staat nog geen goed ontwikkelde toeleveringsmarkt klaar.
- De technische mogelijkheden maken een stormachtige ontwikkeling door terwijl brede advisering, nodig om het kaf van het koren te scheiden, in de eigen woonplaats nagenoeg overal ontbreekt.
- Verder is de financiering voor een transitieproject nauwelijks bij de bank rond te krijgen. De vanaf 2015 te verkrijgen bedragen uit leningen of subsidie met een plafond van 25.000 Euro lijken te krap voor een complete transitie. Niet al die regelingen gelden voor jaren 30 woningen. Pas begin 2016 ontstaan er financieringsvormen tot 35.000,- euro.
- De particulier ziet zich genoodzaakt om samen te werken bij de transitie, om kennis en inkoopvoordelen te kunnen benutten, maar dat gaat niet langs bestaande paden.
- Samenwerkingsverbanden bieden zich aan maar worden door belanghebbende ondernemers opgetuigd en niet door onafhankelijke organisaties en particulieren zelf.

De zoektocht van de particulier gaat dus niet alleen over het beste technische systeem ontwerp maar ook over welke reeks leveranciers de afzonderlijke stukjes daarvan kunnen en willen realiseren tegen een redelijke prijs. De particulier moet zo architect, aannemer en klant tegelijk zijn.

Kortom: de particulier is bij een 'sustainability make over' in feite overvraagd.

Nawoord

Als eind december 2016 de balans is opgemaakt lopen er nog een paar projecten door:

Schaduw op de zonnepanelen verminderen

De schaduw van de lichtkoepel op de kas is in 2017 verminderd door de koepel 40 cm lager te maken. Tijdig snoeien van de bomen in de tuin is wat overblijft.

Afwerking van de kabels langs de gevel

Een geschikt afdek profiel voor de kabels aan de gevel blijkt lastig te vinden. Dit staat eind 2018 nog op de 'to do' lijst.

Savonius rotor plaatsen

Op de hoekpunt op het dak werken om de Savonius rotor te plaatsen moet met goed weer gebeuren. Ondanks een prachtige alle records brekende zomer in 2018 komt het er niet van.

Extra dakisolatie aanbrengen

Het na isoleren van de zolder met 5 cm EPS was uitgesteld tot de zomer van 2018 maar is vanwege die zelfde ongehoord warme zomer, opnieuw uitgesteld tot de winter eind 2018-begin 2019.

Elektrische auto aanschaffen

De hardste noot is wel gekraakt: de twee benzine slurpende SUV's zijn verkocht en een hybride elektrische auto is aangeschaft. Een enkele Toyota RAV4-hybrid voor gezamenlijk gebruik die het benzine verbruik – en dus ook de CO₂ uitstoot – tot ongeveer de helft reduceert. Hij past op de oprit maar heeft geen laadpaal nodig. Die komt er dus nog niet. Met de caravan geheel elektrisch naar Zuid Frankrijk op vakantie zit er voorlopig nog niet in. Een sterke volledig elektrische auto tegen een betaalbare prijs laat nog op zich wachten.

Energie opslag

In het de loop van 2017 komt de transitie in Nederland ondertussen in de 'versnellingsfase' terecht. Subsidies en nieuwe leenmogelijkheden bij banken verschijnen alom.

De plannen voor energie opslag in huis 1938 zijn opeens niet meer een verre droom maar komen in een verkennend onderzoek stadium. Er zijn al commerciële aanbieders met alternatieven voor de Tesla "Power wall" voor een enkel huishouden op de markt. Een prijsaanvraag voor Huis 1938 leidt tot voorlopig uitstel. Het blijft bij de gegeven salderingsregeling aantrekkelijk om geen opslag te nemen. Zodra die saldering zou worden afgeschaft is opslag in een batterij opeens een stuk beter als keuze, zeker omdat we voorlopig in afwachting blijven van betere alternatieven voor een enkel huishouden. Met het huidige salderen gaat al de zelf opgewekte zonnestroom naar het nutsbedrijf en neemt het huis, los daarvan, al het eigen stroomverbruik van het nutsbedrijf af. De winst bij eigen opslag zit dan in verminderd afnemen van stroom van het nutsbedrijf omdat de installatie in huis direct (d.w.z. zonder tussenkomst van het nutsbedrijf) vanuit de batterij, opgeladen door de zonnepanelen, stroom gebruikt.

Regenwater systeem

Een regenwatersysteem, dat meer omvat dan drie regentonnen voor tuinwater, is niet erg zinvol, net als in eerdere analyses al werd vastgesteld. Een eco-toilet waarin regenwater wordt gebruikt zal in

2019 opnieuw worden bekeken omdat de isolatie van de vloer een mooie kans is om ook de wc beneden wat groter te maken zodat er plaats voor een grijs water tank ontstaat.

Infrarood panelen

In het najaar van 2018 zijn twee kleine Infra Rood panelen geplaatst bij plekken waar voor langdurig stilzitten de temperatuur soms toch nét te laag blijft. Ze zijn verplaatsbaar en daarmee ook toekomst bestendig.

Noodstroomvoorziening

Een noodstroomvoorziening en een noodkachel zijn er nog niet. Een stroomuitval is er nog niet geweest, die zou de zaak kunnen versnellen. Nu wordt de behoefte in elk geval niet gevoeld.

Binnenramen

Met de binnenramen is, na het plaatsen van shutters in de woonkamer, geen vordering meer gemaakt, vooral om esthetische redenen. In 2019 zal dit opnieuw worden onderzocht.

Vloerisolatie achterhuis

In 2018 zijn de isolatie van de betonvloer in het achterhuis, extra dakisolatie aan de achterzijde van het achterhuis en het isoleren van de half steens muur in de WC opnieuw aan de orde. Meteen komen ook een vloerverwarming en een nieuwe warmtepomp die dat aan kan in beeld. De eerste warmte-pomp met de twee binnenunits kunnen nog jaren mee maar er past geen vloerverwarming bij. De vloerverwarming alvast aanleggen met oog op de toekomst lijkt een goede keuze. De beslissingen voor een geïsoleerde vloer en een nieuwe warmtepomp hangen natuurlijk ook van het prijskaartje af en dus zijn er eind oktober 2018, offertes aangevraagd bij de bekende leveranciers, Timmerbedrijf Roks en Argion. Misschien kan de eerste warmtepomp meteen, of op termijn, door naar de nog onverwarmde eigen werkplaats en nog nuttig zijn in koude winterdagen.

Nieuwe ontwikkelingen

Technologische ontwikkelingen zijn op diverse vlakken gaande. De batterijtechnologie kan nog geen seizoensopslag bieden. Allerlei alternatieven zijn in ontwikkeling maar voor een enkel huishouden is nog geen praktisch uitvoerbare methode binnen bereik.

Een electrolyser en een waterstoftank in het stadstuintje achter huis 1938 zou technisch gezien misschien wel kunnen maar het is duur en van de tuin blijft niets over. Als iedereen het zou doen gaan groene stadstuintjes sterk op het Botlek gebied lijken. Of het tegen wettelijke bepalingen indruist zou nog moeten worden vastgesteld maar grote 700 Bar waterstoftanks in alle achtertuinen lijkt niet wenselijk. Ook nu zijn grote propaantanks bij particulieren alleen in de buitengebieden te vinden.

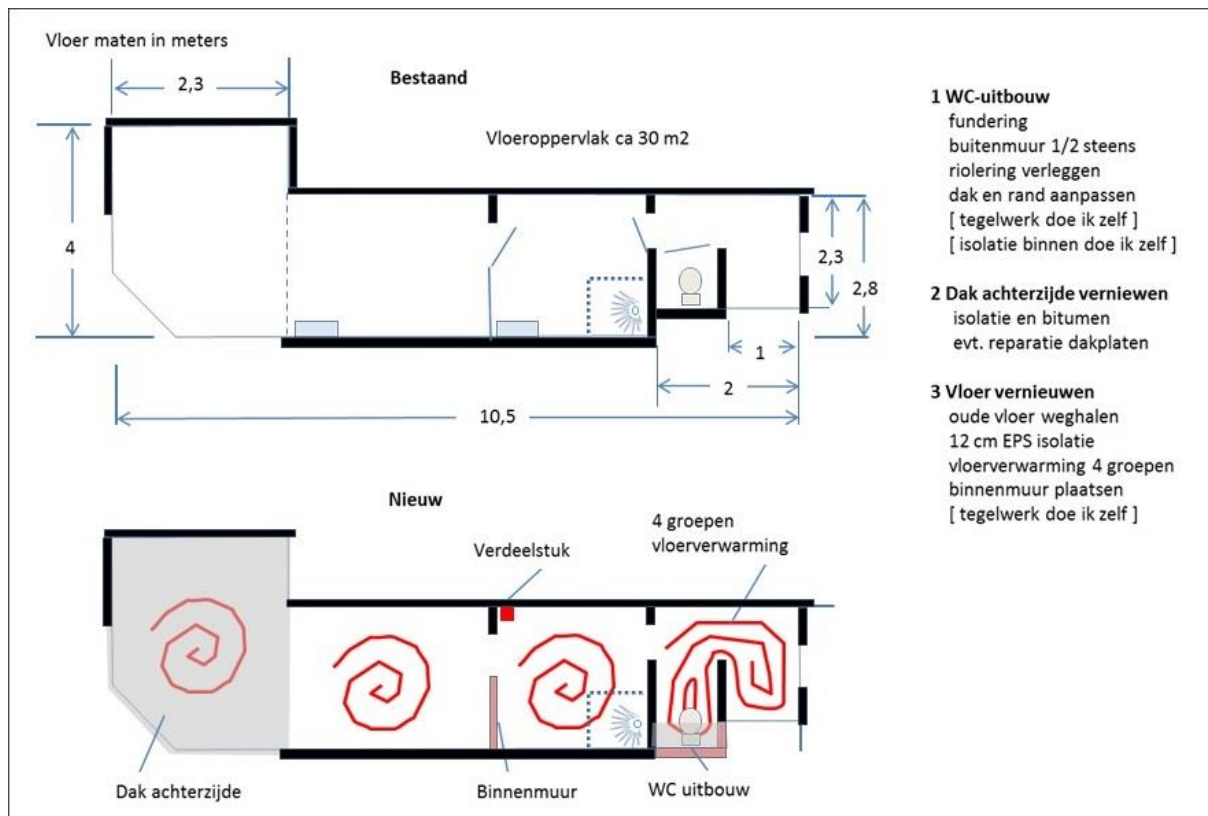
Windenergie winnen anders dan via bewegende – in de bebouwde kom niet toegelaten – molens lijkt ook nog toekomstmuziek. Het lijkt mogelijk om met de buitenoppervlakken van gebouwen nog meer energie uit wind en zon te halen dan tot voor kort mogelijk geacht werd.

Energie rekening eind 2018

Eneco bericht ons in november 2018 dat mede door de koude winter van 2017/2018 en tariefsverhogingen het termijnbedrag voor afname van stroom wordt verhoogd. Het wordt 55,- euro per maand, daarvan is 30,- euro voor de stroom zelf. Bijna energieneutraal dus . . .

Plannen voor 2019

De nabije toekomst voor huis 1938 ligt op korte termijn vóór alles bij het verbeteren van de isolatie, te beginnen bij de ruim 30 m² vloer van het achterhuis, de ½ steens buitenmuur van de WC beneden en de om allerlei redenen uitgestelde verdubbeling van de isolatie van 45 m² op de zolder.



Oktober 2018 - Werkplan voor de isolatie van de vloer in het achterhuis

Eind oktober 2018 lopen niet alleen de aanvragen voor de vloer in het achterhuis maar is er ook aan een timmerproject op die plek begonnen. Wegbreken van de vloer betekent immers ook dat al het vast aan het huis zittende meubilair ook “los” moet worden. In het achterhuis gaat het om 6 kasten die weggebroken moeten worden en door losse nieuwe kasten vervangen.



Voor een lage kast is vervanging door een paar boekenplanken mogelijk. Voor de 5 andere is er geen ontkomen aan: op 1 november begint de bouw van de eerste kast voor de bijkeuken. Belangrijkste constructiemateriaal: chipwood, gemaakt van snippers gerecycled hout !

Literatuur

- 1 (033energieneutraal.nl) <http://033energieneutraal.nl/blog/aannemers-melden-zich>
- 2 (1miljoenzonnedaken.nl) Natuur & Milieu en ASN Bank www.1miljoenzonnedaken.nl [****21 juni 2013**]
- 3 ([ab-iso.be](http://www.ab-iso.be)) www.ab-iso.be [****1 december 2012**]
- 4 ([Abnamro.nl](http://www.abnamro.nl)) <https://www.abnamro.nl/nl/prive/lenen/greenloans/index.html> En: <https://www.abnamro.nl/nl/prive/lenen/greenloans/kenmerken.html#1a>
- 5 ([africancleanenergy.com](http://www.africancleanenergy.com)) http://www.africancleanenergy.com/technology/#ert_pane1-2
- 6 ([Agentschap NL, 2012](#)) Factsheets referentiegebouwen EPG_o.PDF, NEN (het Nederlands Normalisatie-instituut) in samenwerking met DGMR en Agentschap, Sittard, november 2012. Ministerie van Binnenlandse zaken en Koninkrijksrelaties. Te downloaden van: http://www.rvo.nl/sites/default/files/Factsheets%20Referentiegebouwen%20EPG_0.pdf [****28 oktober 2012**]
- 7 ([Agentschap, 2011](#)) Agentschap (2011) Warmtepomp typen waarvoor een subsidiebedrag van 2000 euro is vastgesteld, EZ, versie datum 15 februari 2011. [****20 april 2013**]
- 8 ([agentschap.nl/duurzame energie in uw woning](http://agentschap.nl/duurzame-energie-in-uw-woning)) <http://www.agentschapnl.nl/sites/default/files/bijlagen/Brochure%20Duurzame%20energie%20in%20uw%20woning%2C%20Antwoorden%20op%20uw%20vragen%20DEN.pdf> [****15 september 2013**]
- 9 (agentschap.nl/zonneboilers) <http://www.agentschapnl.nl/onderwerpen/duurzaam-onderwerpen/duurzame-energie-opwekken/warmtepompen-en-geothermie/technieken/zonneboilers?gclid=CMqos9WwzbkCFQTHtAodXUMA6w>
- 10 (agentschapnl.nl) www.agentschapnl.nl/zonnepanelen
- 11 ([Aircoclima.nl](http://aircoclima.nl)) www.aircoclima.nl
- 12 ([Airfresh.nl](http://airfresh.nl)) <http://www.airfresh.nl/ventilatiesystemen.html>
- 13 ([Airwell.com](http://airwell.com)) PAC-HT systeem verkrijgbaar via o.a. Airview Luchtbehandeling BV, Noordeinde 114, 3341 LW Hendrik-Ido-Ambacht. Tel: 078 652 1800. Internet: www.airview.nl/, E-mail: info@airview.nl <http://www.airwell.com/Productslist/tabid/171/CategoryID/226/List/0/Level/a/ProductID/7647/Language/en-US/Default.aspx>
- 14 ([Ait-Ali, 1996](#)) Ait-Ali MA (1996) The maximum coefficient of performance of internally irreversible refrigerators and heat pumps. *J.Phys D: Appl. Phys.* 29 (1996) 975-980.
- 15 (aixfoam.nl) <http://www.aixfoam.nl/bass-trap-meting-equivalent-dempingsvlak> [****15 dec 2015**]
- 16 (Albreco.nl) www.Albreco.nl
- 17 (Alecto.nl) http://www.alecto.nl/TradePoint/Item_View?itemNo=EM-16 en: <http://www.alecto.nl/Images/Documents/EM-16-NL.pdf>
- 18 (Allesairco.nl) <http://www.allesairco.nl/allesairco/koudemiddel-r410a/>
- 19 (antiekarcade.nl) <http://www.antiekarcade.nl/antiek/antiek-verkocht/>
- 20 (anwb.nl) <http://www.anwb.nl/auto/themas/elektrisch-rijden/elektrische-autos/welke-autos-zijn-er/welke-autos-zijn-er>
- 21 (aquacombi.nl) <http://www.aquacombi.nl/cms/hydrofoor/hydrofoor-waterdruk> [****7juni 2013**]
- 22 (Aqualight.nl) <http://www.aqualight.nl/NL/20/water.html>
- 23 (Aquatechnic.nl) www.Aquatechnic.nl
- 24 (arboportaal.nl) <http://www.arboportaal.nl/onderwerpen/arbowed--en--regelgeving/arbozorg/arbeidshygiënische-strategie.html>
- 25 (arconell.nl) <http://www.arconell.nl/elektrischedoors.html>
- 26 (Asecos.com) http://www.asecos.com/cms/nl/Gasflessenkasten-en-gasflessenbergingen/Uitpandige-opslag-van-1-tm-5-gasflessen-a-50-liter/Enkelwandige-gasflessenkast-model-LG21570-lichtgrijs/index_2_2_164_204_186.html
- 27 (Asko.be) <http://www.asko.be/vrijstaand/droogkasten/dc7583/>
- 28 (Aspiromatic.nl) <http://www.aspiromatic.nl/onze-producten/rotors-rond/>
- 29 ([Atrium, 2013](#)) http://www.atriumbotxtel.nl/literatuur/bouwfysisch_tabellarium.pdf [****18 mei 2013**]

- 30 (Augustin.net) Watercane <http://www.augustin.net/> En: <http://www.mage-watermanagement.com/>
- 31 (Avelino et al 2011) Avelino F Loorbach D, Witkamp M, 2011. Duurzame woningwaarde. SEV Energiesprong. September 2011.
- 32 (BAFA, 2013) BAFA (2013) Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Erneuerbare Energien, Wärmepumpen mit Prüfzertifikat des COP-Wertes – Voraussetzung für die Förderfähigkeit. Stand 04.02.2013. BAFA, Eschborn, Referat 521. [**7 augustus 2013]
- 33 (Baksteen.be) Baksteen.be (2013) Excel sheet met K-peil berekening. www.baksteen.be/userfiles/image/downloads/rekenbladen/K-peil.xls en inzicht in de toegepaste formules is te verkrijgen op: <http://nl.wikipedia.org/wiki/K-peil>
- 34 (barbequeshop.nl) <http://www.barbequeshop.nl/nieuws/buitenkeukens-voor-het-ultieme-kookgenot.html>
- 35 (bax-shop.nl) <http://www.bax-shop.nl/overige-materialen/penn-elcom-tv-lift-voor-flightcase-3/product-details.html>
- 36 (Baxter et al 2008) Pamela Baxter and Susan Jack. Qualitative Case Study Methodology: Study Design and Implementation for Novice Researchers. The Qualitative Report Volume 13 Number 4 December 2008 544-559 <http://www.nova.edu/ssss/QR/QR13-4/baxter.pdf>
- 37 (Beeep, 2012) Besluit van 25 februari 2012, houdende regels betreffende de etikettering van het energieverbruik van energiegerelateerde producten (Besluit etikettering energieverbruik energiegerelateerde producten).
- 38 (Beek, 2013) <http://krispijnbeek.nl> [**14 mei 2013]
- 39 (Bemmel-Kroon) <https://shop.bemmel-kroon.nl/producten/n/productoverzicht.csp?item=FAB28LR1&merk=SM50&site=GS>
- 40 (Benegas.com) <http://www.benegas.com/particulier-comfortabele-energie-binnen-buiten/stalen-gasflessen-juiste-maat-elke-toepassing/> en de folder met 10 gouden regels op: <http://www.benegas.com/assets/Uploads/nl/10goudenregelsstaal.pdf> [**31 juli 2013]
- 41 (benvtechniek.nl) <http://www.benvtechniek.nl/prijzen-airconditioning/prijzen-wandmodellen-airco-airconditioning>
- 42 (Bestekeus.nl) http://www.bestekeus.nl/product_info-n-SAMSUNG_Combi_magnetron_MC457TDRCSR_EN-pld-147492-ref-vergelijk.html en: http://www.bestekeus.nl/product_info-n-Bosch_Kooktafel_Vitro_Inductie_60cm_PowerInduction_4_zones_DirectSelect_inox_PIE645B18E-pld-203388-ref-vergelijk.html [**4 september 2015]
- 43 (BetterPlace.com) <http://www.betterplace.com/global/progress/TheNetherlands>
- 44 (Beuningen et al, 2012) Beuningen J van, Molnar-In'tVeld H, Bouhuijs I (2012) Personen-autobezit van huishoudens en personen. CBS. Te downloaden van: <http://www.cbs.nl/NR/rdonlyres/69B7DBF3-BA02-4B1F-90D0-40F362C6C4E1/0/2012k1v4p34art.pdf>
- 45 (Bichard & Thuraijah, 2011) Bichard E, Thuraijah N (2011) Resilient Homes (Phase 2): The Timperley Green Homes trial on methods to motivate home-owners to address property-level effects of climate change. July 2011. University of Salford For the Environment Agency and Trafford Borough Council.
- 46 (BIM, 2010) Brussels Instituut voor Milieubeheer BIM, juli 2010, REGENWATERWINNING EN -GEBRUIK – JULI 2010, PRAKTISCHE HANDLEIDING VOOR DE DUURZAME BOUW EN RENOVATIE VAN KLEINE GEBOUWEN, PRAKTISCHE AANBEVELING. WAT03. Te downloaden van: [http://app.leefmilieubrussel.be/handleiding_duurzaam_gebouw/\(S\(lfknwla5raq0y44550wpf2zg\)\)/docs_NL/WAT03_NL.pdf](http://app.leefmilieubrussel.be/handleiding_duurzaam_gebouw/(S(lfknwla5raq0y44550wpf2zg))/docs_NL/WAT03_NL.pdf)
- 47 (bluedec.nl) <http://www.bluedec.nl/wat-is-bluedec> [**7 maart 2013]
- 48 (BoerzoektBuur.nl) <http://www.boerzoektbuur.nl/energie-van-boerenbuur/> [**14 juli 2013]
- 49 (Bol.com) <http://www.bol.com/nl/p/regenton-200-ltr/9200000010414598/?Referrer=ADVNLGSA002034000999200000010414598>
- 50 (Bosch, 2013) <http://bosch-huishoudelijke-apparaten.turnpages.nl/huishoudelijke-apparaten/pdf/compleet.pdf> [**29 augustus 2013] en: e-mail bericht R. van Wijk, infocentrum-bosch@bshg.com dd 30-08-2013 13:22u n.a.v. vraag naar energielabel van type KGV240o uit 2005.

- 51 (Bosman et al, 2013) Rick Bosman, Flor Avelino, Shivan Jhagroe, Derk Loorbach, Gijs Diercks, Gerwin Verschuur, Jurgen van der Heijden, 2013. Energielente op komst? De (on)macht van bottom-up en top-down in de energietransitie. Essay nr E 2013.2 Rotterdam:DRIFT
- 52 (Bouma, 2013-A) Bouma J (2013-A) In huize Kroon komt al 20 jaar volop stroom van het dak. Trouw, 23-2-2013
- 53 (Bouma, 2013-B) Bouma J (2013-B), Hoe schoon is die groene stroom? Trouw 21 mei 2013, De verdieping p9. Informatie van o.a. groenestroomjagraag.nl
- 54 (Bouma, 2013-C) Bouma J (2013-C) Herijk het energiebeleid. Trouw 31 juli 2013 , de verdieping, p11.
- 55 (Bourne et al 2000) Mike Bourne, John Mills, Mark Wilcox, Andy Neely, Ken Platts (2000) Designing, implementing and updating performance measurement systems. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 20 No. 7, 2000, pp. 754-771. Te downloaden van: <http://www.emerald-library.com>
- 56 (Bouwbesluit) Bouwbesluit (2012) Artikel 5.2 Energieprestatiecoëfficiënt; Tabel 5.1 Leden en grenswaarden voor artikel 5.2. http://www.bouwbesluitonline.nl/Inhoud/docs/wet/bb2012_nvt/artikelsgewijs/hfd5/afd5-1/art5-2 en: <http://www.bouwbesluitonline.nl/Inhoud/docs/wet/bb2012/hfd5?tableid=docs/wet/bb2012/hfd5.html/afd5-1>
- 57 (Bouwbesluit, artikel 3.74 en 3.75) <http://www.bouwbesluitonline.nl/Inhoud/docs/wet/bb2012/hfd3/afd3-11?#art3.74>
- 58 (Bouwcentrum-advies.nl) http://www.bouwcentrum-advies.nl/bestanden/bouwfysisch_tabellarium.pdf [**7 maart2013]
- 59 (bouw-energie.be) Bouw-energie.be (2013) Berekening EPC volgens de in België gebruikte definitie. <http://www.bouw-energie.be/berekenen/epc.php> [**16 juli 2013]
- 60 (Bouw-energie.be) <http://www.bouw-energie.be/isolatie.php>
- 61 (BouwPlanABC, 2012) Energielabel EPA presentatie mei 2012, by BouwPlanABC , presentatie mei 2012 gehouden bij BNI netwerkcontbijt in Doorn. <http://www.slideshare.net/BouwPlanABC/presentatie-epa-mei-2012>
- 62 (Bouwwijzer.be) Bouwwijzer.be (2013). BouwWijzer op papier – versie maart 2005 <http://www.bouwwijzer.be/files/BouwWijzer%20op%20papier%2023%2003%2005.pdf> [**25 maart 2013]
- 63 (Bouwwijzer.be) Overzicht Checklists, BouwWijzer op papier – versie maart 2005 www.bouwwijzer.be [**25 maart 2013]
- 64 (Boxem&VanRee, 2009) Boxem G, VanRee LF (2009). Is EPN geschikt voor duurzame concepten? *TVVL Magazine* 2009-10.
- 65 (Bribian et al, 2011) Bribián IZ, Capilla AV, Usón AA (2011). Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and Environment* 46 (2011) 1133-1140.
- 66 (Bronswijk, 1992) Bronswijk JEMH (1992) Biologische agentia en bouwfysica. *Bouwfysica* vol 3 1992 no 1 p 7-12.
- 67 (Brown, 1992) Brown S (1992) Stained Glass, Studio Editions London. Nederlandse uitgave: Doelman E (red) Glas in lood, een geïllustreerde geschiedenis. Zuid Boekproducties , Lisse, 1995. ISBN 906248 798 X.
- 68 (broyeurexpert.nl) <http://broyeurexpert.nl/kookplaat-opbouw-butaan-propaan-met-deksel-butaan-propaan.html> [**6 juni 2013]
- 69 (Brunner, 2010) Brunner E (2010) Duurzame energie met thermochemische opslag. *Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde*, januari 2010, p 16-18
- 70 (buurkracht.nl) <https://www.buurkracht.nl/thema/artikel/bespaartips-doen-en-laten>
- 71 (camfil.nl) <http://www.camfil.nl/Luchtfiltertechnologie/IAQ-binnenluchtkwaliteit/Bronnen/> [**19 november 2014]
- 72 (Camfridge.com) zie: <http://www.camfridge.com/> [**12 september 2015]
- 73 (CanadianSolar.com) <http://www.canadiansolar.com/en/our-company/r-d-and-manufacturing/>

- 74 ([carbomat.be](http://eco.carbomat.be/shop/article.aspx?a=ETH12040)) <http://eco.carbomat.be/shop/article.aspx?a=ETH12040> [****23 juli 2013**]
- 75 ([Caron-Flinterman, 2005](#)) Caron-Flinterman JF (2005). A new voice in science: patient participation in decision making on biomedical research (thesis). Amsterdam: VU-Vrije Universiteit.
- 76 ([CBS et al, 2011](#)) CBS, PBL, Wageningen UR (2011). Radonconcentraties in woningen, 1950-2010 (indicator 0312, versie 08, 29 juni 2011). www.compendiumvoordeleefomgeving.nl CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.
- 77 ([Cecati et al, 2011](#)) [Cecati C, Citro C, Siano P, 2011](#). Combined Operations of Renewable Energy Systems and Responsive Demand in a Smart Grid. IEEE Transactions on sustainable energy, Vol. 2, No. 4, october 2011.
- 78 ([Cieremans, 2013](#)) Cieremans M (2013) Leven met de zon in Solar Power Village <http://transitiontowns.nl/archief/16217> [****24 juli 2013**]
- 79 ([cleancookstoves.nl](http://www.cleancookstoves.nl)) www.cleancookstoves.nl
- 80 ([climarad.nl](http://www.climarad.nl)) <http://www.climarad.nl/SiteFiles/PDF/Next%20Generation%20WTW.pdf> [****16 augustus 2015**] **Zie ook:** duurzame energie.nl
- 81 ([climaxi.be](http://www.climaxi.be)) [****1 december 2012**]
- 82 ([clubgreen.nl](http://www.clubgreen.nl)) <http://www.clubgreen.nl/vraag/Douche-warmteterugwinning-WTW.html>
- 83 ([Cobb-barbecue.com](http://www.cobb-barbecue.com)) www.cobb-barbecue.com
- 84 ([Colson.nl](http://www.colson.nl)) <http://www.colson.nl/userfiles/files/ERV.pdf>
- 85 ([Commonwealth 2010](#)) Overview of Case Study Models and Methodology, Prepared by: Commonwealth Association for Public Administration and Management, April 2010, A Shared Library of Public Administration Case Studies (CAPAM/Commonwealth Secretariat Project)
- 86 ([compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl)) <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0554-Energieprijzen-en-wereldolieprijs.html?i=6-40>
- 87 ([Conrad.nl](http://www.conrad.nl)) https://www.conrad.nl/nl/actie-actueel/energie-milieu/energiebesparende-ideeen/extra-stroom-besparen/energiekostenmeters.html?WT.mc_id=google&insert=8J&gclid=CLCj-Y71rMECFbPJtAodEFcAnQ&WT.srch=1
- 88 ([Consumentenbond.nl - A](#)) <http://www.consumentenbond.nl/test/woning-huishouden/woning/elektrische-verwarming/extra-informatie/gasverwarming/>
- 89 ([Consumentenbond.nl - B](#)) <http://www.consumentenbond.nl/test/woning-huishouden/woning/energieleveranciers/extra/energie-besparen-verwarming/#item6>
- 90 ([Consumentenbond.nl - C](#)) <http://www.consumentenbond.nl/test/woning-huishouden/woning/energieleveranciers/extra/energie-besparen-koken/>
- 91 ([Consumentenbond.nl -D](#)) <http://www.consumentenbond.nl/test/elektronica-communicatie/tv-en-video/beamer/vergelijken/>
- 92 ([consumerenergycenter.org](http://www.consumerenergycenter.org)) <http://www.consumerenergycenter.org/home/appliances/microwaves.html>
- 93 ([Conticlima.com](http://www.conticlima.com)) http://www.conticlima.com/e-hitlist/docs/cc_yutaki_nl.pdf [****5 februari 2014**]
- 94 ([Coolaction.nl](http://www.coolaction.nl)) <http://www.coolaction.nl/meer-info-over-aircos/> **en:** <http://www.coolaction.nl/lg-airco/>
- 95 ([cooldesignsltd.co.uk](http://www.cooldesignsltd.co.uk), 2013) http://www.cooldesignsltd.co.uk/PDFs/RAS/Install/RAS-101316GDV_GDCV_IM.pdf
- 96 ([Crowe et al 2011](#)) Sarah Crowe, Kathrin Cresswell, Ann Robertson, Guro Huby, Anthony Avery and Aziz Sheikh (2011). The case study approach. BMC Medical Research Methodology 2011, 11:100 doi:10.1186/1471-2288-11-100
- 97 ([CUWVO, 1999](#)) CUWVO (1999) Kleine Grondwaterwinningen, Advies over de aanpak van de toename van kleine grondwaterwinningen werkgroep IV, mei 1999, p18
- 98 ([Dahlair.nl](http://www.dahlair.nl)) <http://www.dahlair.nl/Zakelijk>

- 99 (daikin.nl) <http://www.daikin.nl/for-your-home/needs/heating/new-heating-hot-water-and-cooling/daikin-altherma-low-temperature-monobloc/index.jsp> [**19 juli 2013]
- 100 (dammekunststoffen.nl) <http://www.dammekunststoffen.nl/opslagtanks.php>
- 101 (Dankert 2011) Ritske DANKERT (2011) Balanceren tussen uitvoering en bewuste afwijking van beleid. De implementatie van strategisch voorraadbeleid door woningcorporaties. PROEFSCHRIFT Technische Universiteit Delft, 10 juni 2011.
- 102 (dbcom.nl) <http://www.dbcom.nl/regenwatertanks.htm>
- 103 (De Jong, 2005) Herman de Jong (2005) De magie van Slochteren. Economische geschiedenis - Politieke geschiedenis - Sociale geschiedenis. Lieux de mémoire in Nederland HN nr. 8/2005. historischnieuwsblad.nl (accessed 17 feb 2013)
- 104 (De Jonge, 1991) JT de Jonge, Houtverduurzamingsmiddelen en methoden, Chemische feitelijkheden, Houtverduurzaming 082-1, augustus 1991
- 105 (De Vré, 2014) De Vré, K (2014) Mag het een onsje gezonder? Interview met Hans Blonk en Gerard Kramer. Trouw 16 oktober 2014, Duurzaamheid & Natuur, De Verdieping p 8-9
- 106 (DeBusk,2013) DeBusk (2013). A Review and Examination of EnerLogic Window Film performance Claims. White Paper. www.EnerLogic.com
- 107 (decentrale.regelgeving.overheid.nl) http://decentrale.regelgeving.overheid.nl/cvdr/XHTMLoutput/Historie/Veenendaal/299092/299092_1.html
- 108 (Dedakgootwinkel.nl) www.Dedakgootwinkel.nl
- 109 (deds.nl) <http://home.deds.nl/~bewonersvereniging-4heo/algemeen/warmwater.html>
- 110 (DeGalanterie.nl) <http://www.degalanterie.nl/deurbeslag.php?gclid=CL2u2Yyvk7kCFYdc3godrCgAhQ>
- 111 (Deschouwwitgoed.nl) <http://www.deschouwwitgoed.nl/koelkast/smeg-koelkast-rood-fab28rr1>
- 112 (deskundig-isoleren.be) <http://www.deskundig-isoleren.be/kurk.html#lambda>
- 113 (Devers, 1999) Devers KJ (1999). How will we know “good” qualitative research when we see it? Beginning the dialogue in health services research. Health Services Research, 34, 1153–1188.
- 114 (dewatersportwinkel.nl) <http://www.dewatersportwinkel.nl/Vuilwatertanks/254-algemeen/Vuilwatertank-groter-dan-100L/>
- 115 (dewitschijndel.nl) <http://www.dewitschijndel.nl/4-vlams-gaskomfoor-thermisch-beveiligd/>
- 116 (dgem.nl) <http://www.dgem.nl/nl/windenergie/windturbines-de-techniek>
- 117 (DHPA-online.nl) <http://www.dhpa-online.nl/veel-gestelde-vragen/>
- 118 (Dijk & Spiekman, 2006) Dijk D van, Spiekman, M (2006) Basisdocument NEN 5128:2004, TNO rapport 2003-DEG-R001, Project 034.68896/01.01, 25 juli 2006, hfdst 4.3 p 11/177.
- 119 (Dimplex.de) Dimplex LA 11ASR systeem verkrijgbaar via Dimplex, Am Goldenen Feld 18, 95326 Kulmbach, Deutschland. <http://www.dimplex.de/pdf/nl/LA11ASR.pdf>
- 120 (DIN EN 12309) DIN EN 12309-1 & -2 Gas-fired absorption and adsorption air-conditioning and/or heat pump appliances with a net heat input not exceeding 70 kW. Part 1: Safety; Part 2: Rational use of energy.
- 121 (DIN EN 14511) DIN EN 14511 -1,-2,-3 & -4. Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps with electrically driven compressors for space heating and cooling; Part 1: Terms and definitions; Part 2: Test conditions; Part 3: Test methods; Part 4: Operating requirements, marking and instructions.
- 122 (diy.com) http://www.diy.com/nav/rooms/bathrooms/showers/electric_showers?fl=1&fh_sort_by=prdAveRating&fh_sort_order=-1&noCookies=false
- 123 (DOE-EERE, 2013) http://www1.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/storage/tech_status.html [**24 februari 2013]

- 124 (Donovan, 2013) Donovan, A (2013) The Art of Steampunk. Extraordinary Devices and Ingenious Contraptions from the Leading Artists of the Steampunk Movement. Revised second edition. Fox Chapel Publishing Company Inc, East Petersburg, PA. ISBN 978-1-56523-785-8.
- 125 (Donselaar et al, 1994) A.E.E. van Donselaar m.m.v. R.G. Klomp: 130 jaar tram in Den Haag - Deel 1: Materieeloverzicht. Stichting AOM, Amsterdam. 1994, ISBN 90-802514-1-0
- 126 (drocom.nl) http://www.drocom.nl/winkel/index.php?item=vuilwatertank-_kunststof__-126--liter&action=article&group_id=9&aid=343&lang=NL
- 127 (Drowa.nl) <http://www.drowa.nl/s/isolatiechips/>
- 128 (Dubé & Paré 2003) Line Dubé, Guy Paré (2003) RIGOR IN INFORMATION SYSTEMS POSITIVIST CASE RESEARCH: CURRENT PRACTICES,TRENDS, AND RECOMMENDATIONS. *MIS Quarterly* Vol. 27 No. 4, pp. 597-635/December 2003
- 129 (dubokeur.nl) <http://www.dubokeur.nl/files/DUBOkeurwoningmain.html>
- 130 (Duurzaambedrijfsleven.nl) <http://www.duurzaambedrijfsleven.nl/55820/bouwer-laadstations-better-place-failliet/>
- 131 (duurzaamheidinactie.nl) <http://www.duurzaamheidinactie.nl/> [**4 okt 2015]
- 132 (Duurzaamthuis.nl) [www.Duurzaamthuis.nl](http://www.duurzaamthuis.nl) en: <http://www.duurzaamthuis.nl/duurzaam-wonen/isolatiemateriaal> en: <http://www.duurzaamthuis.nl/innovatief-isoleren-schapenwol-en-piepschuim> en: <http://www.duurzaamthuis.nl/financieel/subsidies/subsidie-regenwater> [**19 februari 2013]
- 133 (Duurzamehuizenroute.nl) <http://www.duurzamehuizenroute.nl/een-integrale-aanpak-kleine-stappen>
- 134 (earthship.nl) <http://www.earthship.nl/> Eerste aardehuis in Nederland in aanbouw 02-09-2008
- 135 (Eaz Wind, 2015) <http://www.eazwind.com/nl/home/> [**11-11-2015]
- 136 (EBN, 2014) EBN (2014) Focus on Dutch Oil & Gas 2014. Utrecht : EBN B.V. Te downloaden van: http://www.ebn.nl/Actueel/Documents/ebn_focus_on_dutch_oil_gas_2014.pdf [**24 mei 2014]
- 137 (EC, 2011) EC-Europese Commissie(2011). Routekaart naar een concurrerende koolstofarme economie in 2050. Brussel COM(8 maart 2011)112 Definitief. [**17 maart 2013]
- 138 (ECN, 2012) ECN (2012) Energietrends 2012. Te downloaden van: <https://www.ecn.nl/docs/library/report/2012/b12005.pdf> [**13 november 2013]
- 139 (Ecodan.nl) Mitsubishi Ecodan systeem, verkrijgbaar bij : Schouten klimaattechniek BV, Zuideinde 30L, Rotterdam. Tel: 0180 511 188. Internet: www.schoutenklimaattechniek.nl E-mail: info@schoutenklimaattechniek.nl <http://www.ecodan.nl/oplossing-voor-een-hoekwoning/>
- 140 (ecohotwater.org) www.ecohotwater.org
- 141 (eco-housing.be) <http://www.eco-housing.be/nieuwsbrief3.pdf> [**4 april 2014]
- 142 (ecosave.com) <http://www.ecosave.com/water/droogtoiletten.html>
- 143 (Edmundoptics.com) <http://www.edmundoptics.com/optics/optical-lenses/fresnel-lenses/cylinder-fresnel-lenses/2109>
- 144 (EduGIS, 2014) <http://www.edugis.nl/> [**17 maart 2014]
- 145 (EIA, 2014) EIA (2014) EIA head Adam Sieminski told reporters in New York. May 21, 2014. (Reuters) <http://www.reuters.com/article/2014/05/21/eia-monterey-shale-idUSL1N00713N20140521>
- 146 (Eisenhardt 1989) Eisenhardt KM. (1989) Building theories from case study research. *The Academy of Management Review*, Vol. 14, No. 4 (Oct., 1989), pp. 532-550
- 147 (Eisenhardt 1991) Eisenhardt KM. (1991) Better stories and better constructs: the case for rigor and comparative logic. *Acad Manage Rev* 16(3):620-7.
- 148 (ekbouwadvies.nl) <http://www.ekbouwadvies.nl/tabellen/lambdamaterialen.asp> en: <http://www.ekbouwadvies.nl/bouwbesluit/energiezuinigheid/vervangenkozijnen.asp> [**23 februari 2013]

- 149 (Electriciteitswet 1998) Electriciteitswet 1998, artikelen 31c en 95c.
- 150 (elektrische.nl) <http://www.elektrische.nl/>
- 151 (elektrischeboiler.be) <http://www.elektrischeboiler.be/boilers/zonneboilers.html>
- 152 (elektrischeboiler.eu) <http://www.elektrischeboiler.eu/ariston-150-liter> en: <http://www.elektrischeboiler.eu/Ariston-Velis-100-liter> en: <http://www.elektrischeboiler.eu/lemet-elektrische-boiler/elektrische-boiler-lemet-150liter>
- 153 (elektrohonk.com) <http://elektrohonk.com/2015/01/02/perilex-systeem-voor-de-aansluiting-van-kooktoestellen/> [**30 nov 2015]
- 154 (elektrozone.be) <http://www.elektrozone.be/ez/artikeldetail.php?artid=4813>
- 155 (Ellis et al, 2011) Ellis C, Adams TE, Bochner AP (2011). Autoethnography: An Overview. Qualitative Social Research, Vol 12, No 1 (2011).
- 156 (Eneco.nl) <http://thuis.eneco.nl/> en: <http://www.eneco.com/nl/nieuws-en-media/relatiemagazine-prospect/2013/editie-oktober/koken-op-gas-gemaakt-met-wind-en-zonnestroom/> [**3 okt 2015]
- 157 (EnergieActueel 2013) Coöperatie wil oudste waterkrachtcentrale weer in gebruik stellen. Energie Actueel, nr. 9 (nov. 2013)
- 158 (Energieconsultant.nl) <http://www.energieconsultant.nl/marktinfo-energiemarkt/energie-berekeningen-uit-de-praktijk/omrekening-van-m3-n-naar-kwh/>
- 159 (energiedirect.nl) www.energiedirect.nl/Energieverbruik
- 160 (energieindex.nl) <http://www.energieindex.nl/>
- 161 (energielabel.nl) <http://www.energielabel.nl/apparaten/wasmachine/> [**16 juli 2013]
- 162 (energielabelatlas.nl) <http://www.energielabelatlas.nl/#>
- 163 (energieleveranciers. nl) <http://www.energieleveranciers.nl/blog/zonne-energie-opslaan> [**12 okt 2015]
- 164 (energieleveranciers.nl) <http://www.energieleveranciers.nl/nieuws/hogere-energierekening-juli-2012>
- 165 (energieleveren.nl) <http://www.energieleveren.nl/>
- 166 (energieprestatiecertificaat.nl) <http://www.energieprestatiecertificaat.nl/>
- 167 (Energiesprong.nl) <http://energiesprong.nl/blog/category/onze-initiatieven/woningbouw-particulieren-onze-initiatieven> en: <http://energiesprong.nl/blog/tools-voor-energielinq/> en: <http://energiesprong.nl/blog/deal-stroomversnelling-koopwoningen-kan-energierekening-de-lucht-in/>
- 168 (energiesubsidiewijzer.nl) <http://www.energiesubsidiewijzer.nl/Begrippenlijst.aspx> en: <http://www.energiesubsidiewijzer.nl/ZoekRegeling.aspx>
- 169 (energieref.nl) www.energieref.nl
- 170 (energiewereld.nl) <http://www.energiewereld.nl/>
- 171 (EON.nl) <http://www.eon.nl/zonnepanelen/stroom-terugleveren>
- 172 (EPA, 1991) EPA (United States Environmental Protection Agency). Sick Building Syndrome. Indoor Air Facts No. 4 (revised). Air and Radiation (6609J). Research and Development (MD-56) February 1991. http://www.epa.gov/iaq/pdfs/sick_building_factsheet.pdf [**17 november 2014]
- 173 (EPCheck v3.0) Computerprogramma EPCheck versie 3.0 en hoger. http://www.agentschapnl.nl/sites/default/files/setup_epcheck%20v3_0.zip
- 174 (ese-solar.com) http://www.ese-solar.com/pdf/ecosol_232_nl.pdf [**23 juli 2013]
- 175 (Essent.nl) <http://www.essent.nl/content/particulier/index.html#> (intypen "salderen" bij Vraag het Heleen)
- 176 (ESTTP, 2012) ESTTP-European Solar Thermal Technology Panel (2012). Strategic Research Priorities for Solar Thermal Technology. Authors: Gerhard Stryi-Hipp et al (eds). European Technology Platform on Renewable Heating and Cooling (RHC-Platform). Brussels: ESTIF - European Solar Thermal Industry Federation, Renewable Energy House, December 2012.

- 177 (EU, 2010) Gedelegeerde verordening (EU) nr. 1060/2010 van de Commissie van 28 september 2010 houdende aanvulling van Richtlijn 2010/30/EU van het Europees Parlement en de Raad met betrekking tot de energie-etikettering van huishoudelijke koelapparaten.
- 178 (EU, 2013) VERORDENING (EU) Nr. 666/2013 VAN DE COMMISSIE van 8 juli 2013 tot uitvoering van Richtlijn 2009/125/EG van het Europees Parlement en de Raad wat het vaststellen van eisen inzake ecologisch ontwerp voor stofzuigers betreft.
- 179 (evmglass.com) <http://evmglass.com/dubbel-glas/#vacuum-dubbel-glas>
- 180 (Ewicon) www.ewi.tudelft.nl/en/current/ewicon-wind-energy-converter-unveiled-wind-mill-without-moving-parts
- 181 (ewu-aqua.de) http://www.ewu-aqua.de/fileadmin/ewu/aqua/mediapool/pdf/NL_Regenwasserbroschuere_01.pdf
- 182 (factoryprices.nl) <http://www.factoryprices.nl/product/scanpart-koffiefilter-goldtone-98257.html>
- 183 (Fanger, 1970) Fanger PO (1970). Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering.
- 184 (Fanger, 1988) Fanger PO (1988) Introduction of the Olf and Decipol units to Qualify Air Pollution perceived by humans indoors and outdoors. Energy and Buildings (1-6), 1988(12).
- 185 (Feist, 2006) Feist W, Sept 2006, 15th Anniversary of the Darmstadt-Kranichstein Passive House. Factor 10 is a reality.
- 186 (Feist, 2012) Feist (2012). Enerphit: Zertifizierungskriterien für modernisierte Gebäude, Stand 25.04.2012.
http://www.passiv.de/de/02_informationen/02_qualitaetsanforderungen/02_qualitaetsanforderungen.htm
- 187 (Ferroli.nl) <http://www.ferroli.nl/producten/warmtepompen/hxa/hxa-lucht-water>
- 188 (Flyvbjerg 2011) Bent Flyvbjerg, 2011, "Case Study" in Norman K. Denzin and Yvonna S. Lincoln, eds., *The Sage Handbook of Qualitative Research*, 4th edition (Thousand Oaks, CA: Sage, 2011), Chapter 17, pp. 301-316.
- 189 (Foolen, 1999) Foolen C (1999) Glas-in-loodramen maken. Tirion Uitgevers bv, Baarn. ISBN 978 90 213 3621 9
- 190 (Ford et al, 2010) Ford R, Edge G, Nicholson G (2010). Expert panel: The future of the grid, Real Power, issue 20, april-june 2010, p75-81. www.renewable-uk.com
- 191 (Fornuisstore.nl) <http://www.fornuisstore.nl/product/490975/siemens-hc748541.html?ref=176208&label=16354-7F4BC729-A06A-41D1-91CB-B86A932E3FBFS75467829384domain-&gclid=CMC1iZXcv8kCFVWdGwodxpAMDA> [**3 dec 2015]
- 192 (Fraunhofer.de) Fraunhofer Institut für Chemische Technologie (Status per 15-10-2014) Veröffentlichungen Redox-Flow-Batterie.
<http://www.ict.fraunhofer.de/de/komp/ae/rfb/veroeff.html>
- 193 (Fujitsuclimate.nl) <http://www.fujitsuclimate.nl/systemen/p/multi-split-aircoheaters/free-multi/systeem/30/> [**19 juli 2013]
- 194 (Gable 1994) Gable, Guy G (1994) Integrating case study and survey research methods: an example in information systems. *European Journal of Information Systems* 3(2):pp. 112-126.
- 195 (Gamma.nl) Straalkachel type 471192 <https://www.gamma.nl/assortiment/straalkachel-voor-badkamer-zilver/p/B471192> [**5 september 2015]
- 196 (Ganzevles & van Est, 2011) Ganzevles J, van Est R (2011) Hernieuwbare energie, de monsteruitdaging van big & beautiful. In: Ganzevles J, van Est R (red.) & Brom FWA et al (2011) Energie in 2030. Maatschappelijke keuzes van nu. Rathenau Instituut. Boxtel: Aeneas. ISBN 978-94-6104-018-3.
- 197 (Gasflessen.nu) <http://www.gasflessen.nu/gasslang-gasfles/>
- 198 (gaslicht.com) www.gaslicht.com/vergelijking

- 199 (gaswinkel.com) <http://www.gaswinkel.com/gasbarbecues/gaskookstellen.htm> en: <http://www.gaswinkel.com/geisers/cointrageiser.htm> [**15 september 2015]
- 200 (GATE.nl) <http://www.gate.nl/>
- 201 (Gaurishankaar, 2013) Gaurishankaar MD (2013) Roof Top Biogas Plant, VEDITA Agrocom & Educom Pvt. Ltd. <http://www.indiamart.com/veditaagrocom/biogas-plant.html>
- 202 (gemiddeldgezien.nl) <http://gemiddeldgezien.nl/meer-gemiddelden/171-gemiddelde-kosten-gas-water-licht>
- 203 (Generalbenelux.com) <http://www.generalbenelux.com/content/general/site/3573> [**19 juli 2013]
- 204 (Gentec.nl) <http://www.gentec.nl/benzine-aggregaten/10-eu10i.html> [**21 dec 2015]
- 205 (Gerring 2004) JOHN GERRING 2004. What Is a Case Study and What Is It Good for? American Political Science Review, Vol. 98, No. 2 May 2004
- 206 (Geurts en Rathmann, 2010) Geurts F, Rathmann M (2010). Prijsbeleid voor een versnelde energietransitie. Ecofys PECNL085025, i.o.v. Milieudefensie, 2010. P17-18.
- 207 (Ghimire et al, 2001) Ghimire PC, et al (2001) Biogas Support Programme (BSP). Final Report. DevPart Consult (P) Ltd. Kathmandu, Nepal. Te downloaden van: http://www.snvworld.org/sites/www.snvworld.org/files/publications/research_study_on_plant_size_consumption_pattern_and_fuel_saving_nepal_2001.pdf [**18 augustus 2013]
- 208 (golantec.be) <http://www.golantec.be/Zonnecollector.htm>
- 209 (Gore, 2009) Al Gore, 2009, Our choice, A plan to solve the Climate Crisis; Nederlandse uitgave: Onze keuze, een actieplan om het klimaat te redden, 2009, Amsterdam: Meulenhoff. ISBN 978 90 290 8548 9.
- 210 (greencheck.nl) Regeling Duurzame Energie (SDE (Duurzame warmte), Subsidie en opbrengst van vacuumbuis- en paneel zonnecollectoren. [** 19 februari 2-2013]
- 211 (Greenchoice.nl) http://www.greenchoice.nl/Content/Media/Document/Warmtepomp_LR2.pdf [**4 maart 2013]
- 212 (grindenzand.nl) www.grindenzand.nl
- 213 (groenebouwmaterialen.nl) <http://www.groenebouwmaterialen.nl/c-294022/isolatie-materialen/> en <http://www.groenebouwmaterialen.nl/c-326504/thermo-hennep-premium-isolatie-platen/>
- 214 (Groothoff, 2012) Groothoff M (2012) Groeiend aantal producenten isolatieglas laat KOMO los. Glas in beeld, 2012 p22-25. Zie: <http://www.glasinbeeld.nl/wp-content/uploads/2012/05/KOMO.pdf> [**22 augustus 2013]
- 215 (Gschneidner, Pecharsky et al 1999) Gschneidner KA, Pecharsky VK, Pecharsky AO, Zimm CB, 2003. Recent Developments in Magnetic Refrigeration. Materials Science Forum Vols 315-317 (1999) p 69-76
- 216 (Haarman.nl) Stibel Eltron WPL 13-23 E is verkrijgbaar bij : Haarman Installatietechniek, Lipperkerkstraat 12 ,7511 DA Enschede. Tel: 053 - 4324476. Internet: www.haarmanverwarming.nl , E-mail: info@haarman.nl
- 217 (Halinen Törnroos 2005) Aino Halinen, Jan-Ake Törnroos (2005) Using case methods in the study of contemporary business networks. *Journal of Business Research* 58 (2005) 1285– 1297
- 218 (Hatzigiorgiou et al, 2007) Hatzigiorgiou N, Asano H, Iravani R, Marnay C (2007). Microgrids, An Overview of Ongoing Research, Development, and Demonstration Projects. *IEEE power & energy magazine*, p78-94, july/august 2007.
- 219 (Heliotherm.nu) <http://www.heliotherm.nu/heliotherm/index.php/warmtepomp/luchtwarmtepomp-split-unit#>
- 220 (Heller, 1990) Heller CB (1990) Jugendstil meubels. Berghaus Verlag. ISBN 90-72540-43-3
- 221 (Henco.be) Hencofloor Technisch Handboek, Hencofloor NV, Herentals, aug 2015 [**3 augustus 2015]

- 222 (Hendrikx, 2014) Hendrikx, T (2014) Fineerles. Arnhemse fijnhouthandel.
<http://www.af.nl/voorraad/fineer/fineerles/>
- 223 (historietilburg.nl) <http://www.historietilburg.nl/tijdschrift/5.7/559.htm>
- 224 (Hoed, 2008) <http://www.amt.nl/Techniek/Brandstoffen/2008/7/Thuis-waterstof-maken-voor-de-auto-AMT024162W/> Erwin den Hoed (red), Thuis waterstof maken voor de auto. Auto en Motor Techniek. 23 juli 2008. [**24 februari 2013]
- 225 (Hollandsolar.nl) <http://www.hollandsolar.nl/zonnewarmte.html>
- 226 (Holsteijn et al, 2010) Holsteijn R van, Kemna RBJ (2010) Quooker Energy Analysis, VHK, Delft, 25 march 2010. Separate document with same title contains appendices dd 10 feb 2010. www.vhk.nl [**7 februari 2014]
- 227 (homatherm.nl) <http://www.homatherm.com/nl/producten/drukvaste-isolatieplaten/id-q11-standard.html>
- 228 (Hoogeveen en Berg) Hoogeveen en Berg 2014 isolatiematerialen.pdf te downloaden van: houhetwarm.nl [**10 september 2014]
- 229 (Horos.nl) <http://www.horos.nl/lbk/flexit.html>
- 230 (houhetwarm.nl, 2014A) http://houhetwarm.nl/dakpan-met-zonnepaneel-mooi-voor-monumenten/?utm_campaign=enormail&utm_source=enormail&utm_medium=email&utm_content=Een%20dak%20vol%20zonnepanelen [**31 maart 2014]
- 231 (houhetwarm.nl, 2014B) <http://houhetwarm.nl/aanbieding-zonnepaneel-in-dakpan/> [**31 maart 2014] en: <http://houhetwarm.nl/isolatiematerialen/piepschuim-eps/#gipsplaten-als-brandvertrager> [**5-12-2015]
- 232 (Huisvolenergie.nl) Pioniers die met jaren dertig hoekwoningen bezig zijn zie :
<http://www.huisvolenergie.nl/woningen/jaren-dertig-hoekhuis/>
<http://www.huisvolenergie.nl/woningen/jaren-30-woning/>
<http://www.huisvolenergie.nl/woningen/van-vooroorlogs-naar-energieplus/> [**3 september 2013]
- 233 (HVCenergie.nl) <http://www.hvcenergie.nl/uploads/Downloads/downloadFile/4f/4f8db5b2968ad4560083a282180208e8.pdf> [**1 september 2013]
- 234 (Hybridcars.com) <http://www.hybridcars.com/2013-toyota-rav4-ev-review/>
- 235 (hydraschelp.nl) www.hydraschelp.nl
- 236 (IFA, 2013) IFA (2013). Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, GESTIS Substance database, 1,2,5,6,9,10-Hexabromocyclododecane. Accessed 9-3-2013.
- 237 (IKEA 2015) IKEA catalogus 2015 NL, pp236-339
- 238 (ikgapassiefbouwen.be) <http://ikgapassiefbouwen.be/node/44>
- 239 (ikinvesteerslim.nl) <http://www.ikinvesteerslim.nl/veelgestelde-vragen> (Onder: “waarom moet ik zoveel informatie bij de aanvraag meesturen?” en: “Kan ik de lening verhogen . . .”) en: <https://ikinvesteerslim.nl/biomassaketel>
- 240 (ikknapijnhuisop.nl) <http://ikknapijnhuisop.nl/badkamer/douche-wtw/>
- 241 (ikzegzon.nl) status 21 juni 2013 www.ikzegzon.nl
- 242 (inductiepannen.nl) <http://www.inductiepannen.nl/> [**12 dec 2015]
- 243 (Intercool, juni 2011) <http://www.intercool.nl>, Vloerverwarmingsset voor Toshiba AC systemen, PDF van juni 2011 [**2 augustus 2015]
- 244 (intercool.nl, 2013) <http://www.intercool.nl/paginas/leveringsprogramma.html> en: <http://www.intercool.nl/paginas/download.html> en: <http://www.intercool.nl/images/stories/pdfs/Multi-split-1.pdf>
- 245 (interieurbeslag.nl) www.interieurbeslag.nl
- 246 (Intermaat.nl, 2013) http://www.intermaat-interieur.nl/glaverbel_geluidswerend.php
- 247 (inventum.com) http://www.inventum.com/resources/site1/inventum_nl/delta%20boilers%20serie.jpg
- 248 (IPCC, 2014) IPCC (2014) Carbon Dioxide: Projected emissions and concentrations. (2008 data) Intergovernmental Panel on Climate Change. 04 April 2014. http://www.ipcc-data.org/observ/ddc_co2.html

- 249 (IPO, 2010) IPO (2010) Uitwerking en actualisering duurzame energie ambities Klimaat- en Energieakkoord. Ecofys. IPO-publicatienummer 288. Den Haag : IPO. www.ipo.nl [**2 juni 2013]
- 250 (ipt-technology.com) <http://www.ipt-technology.com/index.php/en/>
- 251 (irwes.com, 2013) <http://www.irwes.com/prototype.html>
- 252 (isolatiecompany.nl) [**1 december 2012]
- 253 (isolatienl.nl) www.isolatienl.nl/vloerisolatie-kruipruimte/bodem-isolatie/schelpen
- 254 (isolatiewerkenafp.be) [**1 december 2012]
- 255 (isoschelp.nl) [http://www.isoschelp.nl/werking en](http://www.isoschelp.nl/werking_en)
http://www.debetere wereld.nl/rubriek/Wonen_en_leven/5800/Schepenisolatie_in_kruipruimte
- 256 (Isotechniek.nl) www.Isotechniek.nl
- 257 (isover.nl) <http://www.isover.nl/rekenprogrammas/termical/>
- 258 (Iso vlas.nl) http://www.isovlas.nl/?page=website/index&pagina_naam=voordelen
- 259 (IthoDaalderop.nl) <http://www.ithodaalderop.nl/sites/default/files/documents/productinfo-warmtepompen-lr.pdf> en: www.ithodaalderop.nl/producten/warmtepompen
- 260 (ivanpahsolar.com) <http://www.ivanpahsolar.com/ivanpah-solar-electric-generating-system-reaches-first-sync-milestone>
- 261 (Jelsma, 2011) Jelsma J (2011) Wonen, de wedloop tussen besparing en luxe. In: Ganzevles J, van Est R (red.) & Brom FWA et al (2011) Energie in 2030. Maatschappelijke keuzes van nu. Rathenau Instituut. Boxtel: Aeneas. ISBN 978-94-6104-018-3.
- 262 (Jepma, 2013) Jepma C (2013). Methaniseren lonkt nu al. Energiepodium.nl. 12 augustus 2013. <http://www.energiepodium.nl/nieuws/item/methaniseren-lonkt-nu-al> [**3 september 2013]
- 263 (Johansson 2003) Case Study Methodology. Rolf Johansson Rolf Johansson, Architect SAR / MSA, Associate Professor. Architect SAR/MSA, Associate Professor. Koninklijk Instituut voor Technologie Royal Institute of Technology . Infrastructuur / Urban Studies / Gebouwde Omgeving Analyse Infrastructure / Urban Studies / Built Environment Analysis rolf.johansson@infra.kth.se Een key note speech tijdens de internationale conferentie "methodieken in behuizing Key note speech at the International Conference "Methodologies in Housing Onderzoek ", georganiseerd door het Koninklijk Instituut voor Technologie in samenwerking met de Research" organised by the Royal Institute of Technology in cooperation with the Internationale Vereniging van Mensen-Milieu Studies, Stockholm, 22-24 International Association of People-Environment Studies, Stockholm, 22-24 September 2003.
- 264 (Johnson, 2013) Johnson Bea (2013) Zero Waste Home: The Ultimate Guide to Simplifying Your Life by Reducing Your Waste.
- 265 (JVBouw.nl) <http://www.jvbouw.nl/zonnepanelen/>
- 266 (kachelenco.nl) www.kachelenco.nl [**10 maart 2016]
- 267 (kachels.com) www.kachels.com [**10 maart 2016]
- 268 (Kallenberg, 2014) Kallenberg F (2014) De energietransitie mag best wat kosten. *Down to Earth* 22, April 2014, p 14-17. Milieudefensie.
- 269 (Karwei.nl) [https://www.karwei.nl/assortiment/massive-victory-line-tl-armatuur-12w-led . . .](https://www.karwei.nl/assortiment/massive-victory-line-tl-armatuur-12w-led...) [**4 okt 2015]
- 270 (Kasteren, 2013) Kasteren J van (2013) Waar blijft de energiehypotheek? Trouw, 10 juli 2013. Duurzaamheid & Natuur, de Verdieping, p 10.
- 271 (kbi.nl) http://www.kbi.nl/fileadmin/user_kbi/BRL9500/beta_BRL_ISSO-digitaal_75.1.pdf
- 272 (Kemisol.be) <http://www.kemisol.be/pdf/techdoc%20ALL%20nl.pdf> [**7 maart 2013]
- 273 (Kemp & vdBosch, 2006) Kemp R, vd Bosch S, Transitie-experimenten, praktijkexperimenten met de potentie bij te dragen aan transitie. Kenniscentrum voor duurzame systeeminnovaties en transitie.
- 274 (Kenis&Lievens,2013) Kenis A, Lievens M (2012). De mythe van de groene economie, valstrik, verzet, alternatieven. Utrecht: Jan van Arkel.

- 275 ([kennishuisgo.nl](http://www.kennishuisgo.nl)) Kennishuisgo.nl (2013). Voorbeeldprojecten bij AgentschapNL bekend. <http://www.kennishuisgo.nl/voorbeeldprojecten/>
- 276 ([keukenhuys.nl](http://www.keukenhuys.nl)) <http://www.keukenhuys.nl/miele-webwinkel/combi-magnetrons/ovens-met-magnetron/miele-h-6600-bm-rvs-met-cleansteel>
- 277 ([Keukenloods.nl](http://www.keukenloods.nl)) <http://www.keukenloods.nl/hce422120.html> [****3-10-2015**]
- 278 ([Khudair et al, 2004](#)) Khudhair AM, Farid MM(2004) A review on energy conservation in building applications with thermal storage by latent heat using phase change materials. *Energy Conversion and Management*, Volume 45, Issue 2, January 2004, Pages 263–275.
- 279 ([Kieskeurig.nl](http://www.kieskeurig.nl)) <http://www.kieskeurig.nl/kookplaat/product/1583799-bosch-pia611f18e/specificaties>
- 280 ([Kingma, 2012](#)) Joost Kingma (2012). De magie van het jaren '30 huis. VanTilt. ISBN 9789460041150
- 281 ([Kingspaninsulation.nl](http://www.kingspaninsulation.nl)) <http://www.kingspaninsulation.nl/kennisbank/isolatiewaarde.aspx> [****21 februari 2013**]
- 282 ([Kleinman, 2013](#)) <http://www.familie-kleinman.nl> [****14 mei 2013**]
- 283 ([Kleinnijenhuis, 2013](#)) Kleinnijenhuis J (2013) Voorlopig echt te vroeg om miljarden alvast te verdelen. Trouw, 10 juli 2013, p 14.
- 284 ([klimaatatlas.nl](http://www.klimaatatlas.nl)) <http://www.klimaatatlas.nl/klimaatatlas.php>
- 285 ([Klimaatconcept.nl](http://www.klimaatconcept.nl)) www.klimaatconcept.nl
- 286 ([klimaatwereld.nl](http://www.klimaatwereld.nl)) <http://www.klimaatwereld.nl/Multi%20Split%20systemen/Panasonic%20buitendeel%20CU-3E18LBE&filter=MANUFFUNAM=Panasonic=14=MERK> **en:** <http://www.klimaatwereld.nl/Multi%20Split%20systemen/2%20KW%20-%20Panasonic%20-%20Etherea%20-%20binnendeel%20-%20wit&filter=MANUFFUNAM=Panasonic=14=MERK>
- 287 ([Knaufinsulation.be](http://www.knaufinsulation.be)) <http://www.knaufinsulation.be/nl/content/onze-documentatie> [****21 februari 2013**]
- 288 ([KNMI, 2005](#)) KNMI, 2005. Handboek Waarnemingen; hfdst. 11. Bodemtemperatuur; versie april 2005, zie: http://www.knmi.nl/samenw/hawa/pdf/Handboek_H11.pdf [****15 april 2013**]
- 289 ([KNMI, 2012](#)) KNMI 2012. Nader verklaard: kouderecord van Nederland, 27 februari 2012, www.knmi.nl [****15 april 2013**]
- 290 ([KNMI.nl](http://www.knmi.nl)) http://www.knmi.nl/klimaatscenario's/waarnemingen/monitoring_precipitation.php [****15 april 2013**]
- 291 ([Koek et al, 2014](#)) Thalitha Koek, Chris Nobel, Stephane Arditi (2014) European Energy Labelling, opportunities for improvement. Natuur&Milieu, Utrecht, maart 2014.
- 292 ([koeltechnieknederland.nl](http://www.koeltechnieknederland.nl)) <http://www.koeltechnieknederland.nl/index.php?page=installie>
- 293 ([Koeltex.nl](http://www.koeltex.nl)) http://www.koeltex.nl/downloads/Lucht_water_warmtepomp.pdf Carrier lucht-water warmtepomp [**** 7 april 2013**]
- 294 ([Koene, 2012](#)) Koene FGH (2012). Meting van de energetische kwaliteit van individuele woningen. TVVL Magazine 05, 2012 p22-24
- 295 ([Koepellux.nl](http://www.koepellux.nl)) <http://www.koepellux.nl/2012/10/passief-huis-dakkoepel.html?m=1> [****22 oktober 2013**]
- 296 ([Kohn 1997](#)) Kohn (1997) Linda T. Kohn, Ph.D. 1997 Methods in Case Study Analysis , The Center for Studying Health System Change. Technical Publication No.2, June 1997 (based on panel discussion conducted at the 1996 meeting of the Association for Health Services Research)
- 297 ([Krevel, 2001](#)) Krevel A van (2001) Warm tapwater met warmtepompen: een "hot item", Elektrische naverwarming een koude douche. Verwarming en Ventilatie, februari 2001, nr. 2.
- 298 ([Krozer, 2013](#)) Krozer Y (2013) Voor duurzame innovatie is politieke moed nodig. Trouw, 7 augustus 2013, p17.

- 299 (Krylov, 2010) Krylov Ivan, 2010, COST OPTIMIZATION OF PASSIVE HOUSE EXTERNAL WALLS, Thesis, Saimaa University of Applied Sciences Technology, Lappeenranta, Finland.
- 300 (lambrechtsprofessionals.eu) <http://www.lambrechtsprofessionals.eu/search.aspx/search?brands=AIRWELL&searchType=2&AlterativeSearch=False&page=13>
- 301 (Lammens, 1995) Lammens A (1995) Schoonheid in hout, Het meubel in de geschiedenis. Roularta books. Baarn: Fontein.
- 302 (Laverge et al, 2009) Laverge J, Janssens A (2009) Bedroom Indoor Air Comfort: a critical analysis. Proceedings 9th International conference on Healthy Buildings 2009, Syracuse, NY. Department of Architecture and urban planning, Building Physics research Group, University Gent, Belgium. <http://hdl.handle.net/1854/LU-974599>
- 303 (Laverge et al, 2011) Laverge J, VanDenBossche N, Heijmans N, Janssens A (2011) Energy saving potential and repercussions on indoor air quality of demand controlled residential ventilation strategies. Building and Environment Vol46 issue 7 p 1497-1503
- 304 (Leefflang, 1970) Sietz Leefflang en Anke Leefflang-De Jong richtten in 1970 "De Kleine Aarde" in Bostel op. In 2011 is dit opgeheven. Sietz Leefflang ontving in 1990 de VN milieuprijs Global 500. https://nl.wikipedia.org/wiki/Sietz_Leefflang [**27 september 2015]
- 305 (legionella.nl) <http://www.legionella.nl/14/risicoanalyse-beheersplan.html>
- 306 (Lehr, 2010) Technische praktijkgids: isolatie van vloeren. 7/01/2010 Draft versie, p 4. www.lehr.be/Downloads/BBRI_4-Floors.pdf
- 307 (Leistra, 2012) Leistra W (2012) Renoveren zonder spijt. Hoog niveau renovatie huis in St Pancras. <http://energiesprong.nl/wp-content/plugins/download-monitor/download.php?id=43>
- 308 (lgklimaat.nl) www.lgklimaat.nl [**19 juli 2013]
- 309 (Lgsi.nl, 2013) LGSi (2013) LGSi Handboek, hfdst 10 Bouwfysica. <http://www.lgsi.nl/handboek/hoofdstuk/10.html> [**20 februari 2013]
- 310 (Liander.nl) http://www.liander.nl/liander/innovatie_duurzaamheid/bronsbergen.htm
- 311 (Lindhout, 1977) Lindhout P (1977). Temperatuurbeheersing van satellieten. *Natuur en Techniek* 45-12 p866-881.
- 312 (Loggem, 2004) Loggem D van (2004) Duurzaam klussen. Milieu Centraal, Utrecht. Roodbont Uitgeverij Zutphen. ISBN 90-75280-52-1, NUR 460
- 313 (Loorbach & Rotmans, 2010) D. Loorbach, J. Rotmans, 2010. The practice of transition management: Examples and lessons from four distinct cases. *Futures* (2010) doi:10.1016/j.futures.2009.11.009
- 314 (Loorbach & Rotmans, 2012) Derk Loorbach, Jan Rotmans, 2012. Transities & transitie management, Oorsprong, status en toekomst. Essay nr E 2012.01 Rotterdam: DRIFT
- 315 (Loorbach & Rotmans, 2015) D. Loorbach, J. Rotmans, 2015. MANAGING TRANSITIONS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. ICIS Maastricht University.
- 316 (Lowtech Magazine.be) <http://www.lowtechmagazine.be/2009/05/testresultaten-kleine-windturbines.html>
- 317 (lowtechmagazine.be) <http://www.lowtechmagazine.be/2008/03/de-donkere-kant.html>
- 318 (luchtwaterwarmtepomp.be) http://www.luchtwaterwarmtepomp.be/pdf/brochure_LuchtWater_Warmtepomp.pdf
- 319 (Luxasolar.nl) <http://luxasolar.nl/particulieren/overzicht.html> [**28 februari 2013]
- 320 (Lyons et al, 2010) Lyons P Hockings B Reardon C (2010). Australia's guide to environmentally sustainable homes Technical Manual, Passive design, ch 4.10 Glazing. <http://www.yourhome.gov.au/technical/fs410.html>
- 321 (Lysen, 1996) Erik H. Lysen (1996) The Trias Energica: Solar Energy Strategies for Developing Countries. Eurosun Conference, Freiburg, 16-19 Sept 1996
- 322 (Maatwerk-isolatie BV) <http://maatwerk-isolatie.nl/>

- 323 (Marktplaats.nl) <http://www.marktplaats.nl/z.html?query=typemachine+antiek&categoryId=9&postcode=&distance=0> En: <http://www.marktplaats.nl/z.html?query=episcoop&categoryId=9&postcode=&distance=0> En: <http://www.marktplaats.nl/z.html?query=Singer+naaimachine&categoryId=9&postcode=&distance=0> En: <http://www.marktplaats.nl/z.html?query=Philips+radio&categoryId=9&postcode=&distance=0> [****2** februari 2014]
- 324 (mbmgevelwerken.be) [****1** december 2012]
- 325 (Meadows et al,1972) Meadows, D.L., D.H. Meadows, J. Randers, W. Behrens (1972) Rapport van de Club van Rome: Grenzen aan de groei. Utrecht, Antwerpen: Het Spectrum.
- 326 (Mediamarkt.nl) http://www.mediamarkt.nl/mcs/product/PELGRIM-PKV154ROO,10259,350730,538187.html?langId=-11&channel_code=472&gclid=CNj5uleVj7kCFU_MtAodLE4Abg&referrer=google-shopping&product_code=61996426
- 327 (Meeusen, 2006) Meeusen J (2006). Na-isolatie van spouwmuren. Universiteit Gent, Faculteit Ingenieurswetenschappen, Vakgroep Architectuur en Stedenbouw. 4 juni 2006.
- 328 (Meire et al, 2005) Patrick Meire, Raf Bouteligier, Guido Vaes, Wouter Beyen, Jean Berlamont (2005) Kwaliteit van afstromend regenwater. *Water*, November-December 2005.
- 329 (Melkbusshop.nl) <http://www.melkbusshop.nl/zinken-vuilnisemmer/> [****1** november 2015]
- 330 (Merriam 1998) Merriam Sharan B. (1998) Qualitative Research and Case Study Applications in Education. San Francisco: Jossey-Bass Publishers
- 331 (Miall, 2004) Miall, DS (2004) Episode structures in literary narratives. *JLS* 33 (2004), p 111–129.
- 332 (Microhydropower.com) <http://www.microhydropower.com/our-products/>
- 333 (Middelkoop et al, 2008) Middelkoop W, Koppelaar R (2008) De permanente oliecrisis: Waarom Benzine, Gas En Voedsel Steeds Duurder Worden. Nieuw Amsterdam, juni 2008, ISBN10: 904680416X
- 334 (Mijnkluswijzer.nl) http://www.mijnkluswijzer.nl/index.asp?pa_id=38
- 335 (milieuadvieswinkel.be) <http://www.milieuadvieswinkel.be/index.php/02.01.02.01.01.08/>
- 336 (Milieucentraal.nl) <http://www.milieucentraal.nl/thema's/thema-1/energie-besparen/energiezuinig-verwarmen-en-warm-water/nieuwe-cv-of-combiketel-kopen/hre-ketel/> en: <http://www.milieucentraal.nl/themas/energie-besparen/apparaten-kopen-en-gebruiken/kookplaat-en-keukenapparaten> En: <http://www.milieucentraal.nl/themas/energie-besparen/gemiddeld-energieverbruik-in-huis> En: <http://www.milieucentraal.nl/themas/energie-besparen/energiezuinig-verwarmen-en-warm-water/nieuwe-cv-of-combiketel-kopen/zonneboiler>
- 337 (Min & Rowe, 2006) Min G, Rowe DM (2005) Experimental evaluation of prototype thermoelectric domestic refrigerators. *Journal of applied energy*, Volume 83, issue 2, February 2006, p 133-152.
- 338 (Minez, 2016) Ministerie van Economische Zaken (2016) Energierapport. Transitie naar duurzaam. Januari 2016/ 89505. www.rijksoverheid.nl
- 339 (Mirashowers.co.uk) <http://www.mirashowers.co.uk/onlinecatalog/results.htm?sectionName=Electric%20showers> [****8** februari 2014]
- 340 (Mitsubishi-VRF) City Multi VRF Multifunctionele klimaatsystemen. Te downloaden van: www.mitsubishi-airco.nl [****19** juli 2013]
- 341 (Moe, 2010) Moe K (2010). Thermally Active Surface in Architecture, School of Architecture, North eastern University, moe@neu.edu

- 342 (Moffett, 2013) Moffett C (2013) Aug 6, 2013 The Pace of Cord Cutting Quickens. Rapport is te downloaden van: https://www.moffettnathanson.com/Download.aspx?ID=98707e5a-ef6d-461d-99a7-9f79fa7db0cc.pdf&Name=U.S._Pay_TV_The_Pace_of_Cord_Cutting_Quickens
- 343 (Mutius, 1996) Mutius E von, Illi S, Nicolai T, Martinez FD (1996) Relation of indoor heating with asthma, allergic sensitisation, and bronchial responsiveness: survey of children in South Bavaria. *BMJ* 1996; vol 312: p1448-1450
- 344 (muurbeugel.nl) <http://www.muurbeugel.nl/tv+liften/tv+lift+33+--+60+inch> en <http://www.muurbeugel.nl/tv+liften/tv+lift+meubel>
- 345 (Naald en Opzeeland 2015) Naald W vd, Opzeeland B v, 2015, Maak ruim baan voor die energiezuinige woning. Trouw, 25 aug 2015 Opinie, p17.
- 346 (Naber & Beijnum, 2013) Naber N, Beijnum GJ van (2013) Het meten van duurzaamheid, Architectenweb 62-65, te downloaden van www.nibe.org
- 347 (NAMplatform.nl, 2013) NAMplatform.nl (2013) Stand van zaken Winningsplan Groningen-gasveld. 30 mei 2013 Indiening Winningsplan per 1 dec 2013 bij MinEz. <http://www.namplatform.nl/2013/05/30/stand-van-zaken-winningsplan-groningen-gasveld/>
- 348 (Natuur & Milieu, 2013) <http://www.natuurenmilieu.nl/nieuws/perscentrum/20130206-explosief-aantal-zonnepanelen-op-nederlandse-daken/>
- 349 (Natuur & Milieu, 7 okt 2014) Energieakkoord, persbericht 7 oktober 2014. "De alarmerende cijfers uit de Nationale Energie Verkenning laten zien dat aanvullende maatregelen nodig zijn om de doelen uit het Energieakkoord te halen . . ." [**7 oktober 2014]
- 350 (Natuur en Milieu, 27 nov 2015) Natuur en Milieu 27 nov 2015 De Warme Huizendagen zijn begonnen !
- 351 (Natuurenmilieu.nl) http://www.natuurenmilieu.nl/media/468940/20130104_onderzoek_zonne-energie_2013.pdf
- 352 (nbd-online.nl) http://www.nbd-online.nl/product/frame.html?page=Novolux_glasraam_voor_lichtkoepels_BK_brochure.pdf&title=Novolux%20glasraam%20voor%20lichtkoepels en: http://www.nbd-online.nl/product/176654.Vaillant_3_kW_geoTHERM_hybride_systeem_met_luchtwater_warmtepom.html#product/176654-0/0/0
- 353 (NBI, 2011) Norwegian Buildingresearch Institute, Oslo, Norway Byggforsh NBI:A515.161. Translated as: Johanson N, Seifert RD (2011) Water Cistern Construction for Small Houses, Alaska Building Research series HCM-01557. University of Alaska, Fairbanks, Reviewed January 2011. Zie: <http://www.uaf.edu/files/ces/publications-db/catalog/eeh/HCM-01557.pdf> [**1 mei 2014]
- 354 (Nederlandelektrisch.nl) <http://www.nederlandelektrisch.nl/thema/particulier/infrastructuur/laadmethoden/>
- 355 (Nefit.nl) www.nefit.nl/consument/producten/categorieoverzicht_453
- 356 (Nelissen, 2011) Nelissen E, Timmers S (2011). Verspilling door angst voor koudeval. *TVVL Magazine*, 07/08/2011
- 357 (NEN 1068) NEN 1068. Thermische isolatie van gebouwen. Rekenmethoden. Publicatiedatum: 01 oktober 2001. Inclusief wijzigingsblad NEN 1068:2001/A5:2008 [Deze norm geeft rekenmethoden voor de bepaling van de warmteverliescoëfficiënt door transmissie (HT) van gebouwen of delen van gebouwen, de warmteweerstand van afzonderlijke scheidingsconstructies (Rc) en de thermische isolatie-index (It) van een gebouw. Een en ander onder de volgende uitgangspunten: - de verwarmde binnenruimte heeft een uniforme temperatuur; - er heerst een thermisch stationaire situatie; - warmteverliezen door ventilatie worden geacht buiten het toepassingsgebied te vallen, afgezien van via forfaitaire of "opgelegde" waarden te bepalen ventilatieverliezen in onverwarmde ruimten.]

- 358 (NEN 2778) NEN 2778:1991/A4:2011 Vochtwering in gebouwen, Bepalingsmethoden. Publicatiedatum: 01 november 1991.
- 359 (NEN 7120) NEN 7120 (2011) Energieprestatie van Gebouwen. Toelichting op de EPC berekeningsmethode is beschikbaar op: <http://www.agentschapnl.nl/programmas-regelingen/bepalingsmethode-nen-7120>
- 360 (NEN-EN 12524-2000) grond lambda waarden, deze zijn vindbaar op [EKBouwadvies.nl](http://www.EKBouwadvies.nl)
- 361 (Ness et al, 2007) Ness B, Urbel-Piirsalu E, Anderberg S, Olsson L (2007) Categorising tools for sustainability assessment. ECOLOGICAL ECONOMICS 60(2007)498–508
- 362 (Netbeheer Nederland, 2013) <http://www.netbeheernederland.nl/branchegegevens/infrastructuur/>
- 363 (Netbeheer NL, 2013) Veel zonnepanelen op daken in Oost Nederland, Trouw 31 juli 2013, p 3. Bron: Netbeheer Nederland. Productie jan-jul 2013 per postcodegebied in kWp. [**31 juli 2013]
- 364 (newenergylabel.com) http://www.newenergylabel.com/nl/discover_the_label [**12 april 2013]
- 365 (Nibenl.eu) <http://www.nibenl.eu/Producten/Boilers/Direct-elektrisch-verwarmde-boilers/NIBE-NIBETTE-5-/> en: <http://www.nibenl.eu/Producten/Warmtepompen/Ventilatielucht-water-warmtepomp/NIBE-F120/> [**7 april 2013]
- 366 (nibud.nl) <http://www.nibud.nl/uitgaven/huishouden/gas-elektriciteit-en-water.html>
- 367 (Nicol & Wilson, 2010) Nicol F, Wilson M (2010) An overview of the European Standard EN 15251. Proceedings of Conference: Adapting to Change: New Thinking on Comfort, Cumberland Lodge, Windsor, UK, 9-11 April 2010. London: Network for Comfort and Energy Use in Buildings, <http://nceub.org.uk>
- 368 (nl.wikipedia.org/wiki/Ledlamp) www.nl.wikipedia.org/wiki/Ledlamp
- 369 (nle.nl) NEM http://www.nle.nl/Kom_erbij/Waarheid_als_een_poe
- 370 (NOS.nl) NOS.nl, 1 juni 2013, Overzicht weergegevens mei 2013 bij het begin van de meteorologische zomer. NOS journaal 20.00 uur NL-1. [**1 juni 2013]
- 371 (NOS.NL, 2013) <http://nos.nl/artikel/495707-eerste-waterstofauto-op-de-weg.html> [**15 april 2013]
- 372 (Nos.nl, 2015) NOS red. Binnenand, Energieneutrale woning helpt Nederland. NOS Dag van de duurzaamheid, 9 okt 2015. <http://nos.nl/l/2062214> [**9 okt 2015]
- 373 (NOVEM, 2002) NOVEM (2002). Glas in de bouw. Brochure m.b.t. stand van zaken en ontwikkelingen, energetische aspecten bij energieneutraal bouwen. DV1.1.90. 97.08. Utrecht: Novem. Swan Consult, Herkenbosch.
- 374 (Nuon.com, 8-8-2013) <http://www.nuon.com/nieuws/nieuws/2013/nuon-solar-team-demonstreert-nuna7-op-circuit-park-zandvoort/> [**8 augustus 2013]
- 375 (Nuon.nl) <http://www.nuon.nl/energie/energieprijzen/energie-terugleveren.jsp?from=salderen&itemcategory=OVG>
- 376 (NVBR, 2013) NVBR (2013) Controlelijst brandveiligheid thuis. Folder 11, brandveiligheidsinfo. NVBR i.s.m. Netwerk Communicatie Brandweer en Rampenbestrijding (COBRA) en het Landelijk Netwerk Brandpreventie (LNB). www.brandweer.nl [**31 juli 2013]
- 377 (omgevingsloket.nl) www.omgevingsloket.nl, Folder “Zonnecollectoren en zonnepanelen, Wanneer vergunningvrij, wanneer omgevingsvergunning nodig? Ministerie van BZK, download [**20 november 2012]
- 378 (Omroep Fryslân, 2014) Omroep Fryslân, 27 april 2014, Biogas, debacle of succes? <http://www.omroepfryslan.nl/utstjoering/fryslan-dok-fan-27-april-2014-1700> [**27 april 2014]
- 379 (onshuisverdiethet.nl) <http://www.onshuisverdiethet.nl/> en: <http://www.onshuisverdiethet.nl/2015/een-kant-en-klare-verbouwing-kopen/> en: <http://www.onshuisverdiethet.nl/app/uploads/Renowinkels.png> [**1-1-2016]
- 380 (optimeal.nl) <http://www.optimeal.info/licenses/standard-version-optimeal.html>
- 381 (Oxxio.nl) https://www.oxio.nl/oxio-thuis/energieproducten/energie-aanbieding/?gclid=CKmY2Nv_g7gCFUTHtAodDSYAXQ&utm_nooverride=1 (intypen “salderen betaling” in het zoekvenster)

- 382 (Panasonic.uk) Panasonic-CU-3E18LBE www.panasonic.co.uk/aircon [**19 juli 2013]
- 383 (Paredis, 2011) Erik Paredis, 2011. Transitie management voor duurzaam wonen en bouwen. Ervaringen en context van het Vlaamse DuWoBo-proces. Centrum voor Duurzame Ontwikkeling - Universiteit Gent. Mei 2011 – Working Paper n° 40
- 384 (passiefhuismarkt.nl) www.passiefhuismarkt.nl
- 385 (passiv.de) Passiv.de (2012) Passivhaus Institut Kostengünstige Passivhauser in Mitteleuropa, 2012, http://www.passiv.de/de/02_informationen/05_ph-mittleuropa/05_ph-mittleuropa_mehr.htm
- 386 (Pettigrew 1990) Pettigrew AM (1990). Longitudinal Field Research on Change: Theory and Practice. *Organization Science*, Vol.1, No 3, Special issue : Longitudinal Field Research Methods for Studying Processes of Organizational Change (1990), 267-292
- 387 (Pettigrew 1997) Pettigrew AM (1997). What is processual analysis? *Scand. J. Mgmt*, Vol 13, No 4, pp337-348.
- 388 (Philips.be) http://www.philips.be/c/koken/viva-collection-philips-multicooker-hd3037_79/prd/nl/ [**18 april 2014]
- 389 (Philipsradios.nl) <http://www.philipsradios.nl/tips-en-trucs/philipstoestellen/phito2.htm>
- 390 (Philipsverzameling.nl) <http://www.philipsverzameling.nl/54655541?i=43786211>
- 391 (Platendt.nl) http://www.platendt.nl/media/www.platenduurzametechnieken.nl/downloads/warmtepomp/leaflet_nibe_2025.pdf
- 392 (Pluimers.nl) www.Pluimers.nl
- 393 (PNG, 2007) Platform Nieuw Gas (2007). Vol gas vooruit! De rol van Groen Gas in de Nederlandse energiehuishouding. Visiedocument publiek-private werkgroep Groen Gas. [**1 februari 2013]
- 394 (Polletta, 1998) Polletta F (1998). Contending Stories: Narrative in Social Movements. *Qualitative Sociology*, Vol. 21, No. 4, 1998
- 395 (Praxis.nl) <https://www.praxis.nl/badkamer-keuken-wonen/klimaatbeheersing/verwarming/verwarmingspanelen/econo-heat-elektrisch-verwarmingspaneel/5325550> [**1 september 2015]
- 396 (Primagaz.be) <http://www.primagaz.be/nl/uw-gasoplossing/koken>
- 397 (Primagaz.nl) www.Primagaz.nl
- 398 (proov.nl) <http://www.proov.nl/over-proov/proov-iptr>
- 399 (Provincie Utrecht, 2010) Provincie Utrecht (2010) De bodem biedt meer. Strategische visie op het bodembeleid van de provincie Utrecht, Vastgesteld door Provinciale Staten op 22 maart 2010
- 400 (Provincie Utrecht, 2014) Provincie Utrecht, Provinciaal Waterplan 2010-2015, Richting Robuust, Provinciale Staten, 23 nov 2009. Te downloaden van: http://geo.provincie-utrecht.nl/publiek/ruimtelijkeplannen/NL.IMRO.9926.SVWaterplan2010-0010/b_NL.IMRO.9926.SVWaterplan2010-0010.htm [**27 september 2015]
- 401 (pullmanmfg.com) <http://pullmanmfg.com/standard.html>
- 402 (Quakernaat, 1992) J. Quakernaat, Waterstof als energiedrager. Een zonnig perspectief. *Natuur en Techniek*; jaargang 60 (1992) nr 4; p. 258-271.
- 403 (Quooker.nl) www.quooker.nl [**8 februari 2014]
- 404 (Raad van State, 2015) http://www.raadvanstate.nl/pers/persberichten/tekst-persbericht.html?category_id=8 [**18 nov 2015]
- 405 (Raaij 2013) Raaij M de, 2013. EPA rapport jaren dertig portiekwoning 1933 Bezuidenhout Den Haag 13 sept 2013.
- 406 (Rakhorst, 2012) Anne-Marie Rakhorst (2012) De kracht van duurzaam veranderen. Leiderschap, verleiding, betrokkenheid en succes. Scriptum, EAN: 9789055942244
- 407 (Rau.eu) <http://www.rau.eu/innovatie/cradle-to-cradle/>
- 408 (Recticelinsulation.be) <http://www.recticelinsulation.be/nl-nl/products>
- 409 (Redlich et al, 1997) Redlich CA, Sparer J, Cullen MR (1997) Sick-building syndrome. *The Lancet*, Volume 349, Issue 9057, Pages 1013 - 1016, 5 April 1997

- 410 (redux.nl) <http://www.redux.nl/index.php/geluiddemping.html/> [**31 okt 2015]
- 411 (Reed, 2004) Reed (2004). Reed Business Information: Polytechnisch Zakboek, versie 2004.
- 412 (Reinieren, 2013) <http://solar.reinieren.net>
- 413 (Remeha.nl) www.remeha.nl/over-remeha/maatschappelijk-verantwoord-ondernemen
- 414 (Renda.nl) <http://www.renda.nl/downloads/toolkit-bestaande-bouw.257999.lynkx>
- 415 (retro.net) <http://www.retro.net/>
- 416 (reynaertenergieadvies.com) [**1 december 2012]
- 417 (RHS Airco) "LG Spiegel Inverter Multisplit Airco Warmtepomp 3 Binnendeel", Advertentie 685834792 op Marktplaats.nl, 21 juli 2013, 15:17:00.
- 418 (rhs-airco.com) <http://www.rhs-airco.com/>
- 419 (Riessman, 2001) Catherine Kohler Riessman (2001) Narrative Analysis. In: M.S. Lewis-Beck, A. Bryman and T. Futing Liao, eds (2003), The Sage Encyclopedia of Social Science Research Methods, 3 Vol. boxed set, Sage.
- 420 (Rifkin, 2011) Rifkin J (2011). The third industrial revolution. How lateral power is transforming energy, the economy, and the world. New York: Palgrave-Macmillan. ISBN978-0-230-11521-7.
- 421 (RIGO, 2009) RIGO (2009). Energiegedrag in de woning. Aanknopingspunten voor de vermindering van het energiegebruik in de woningvoorraad. VROM, Wonen, Wijken en Integratie.
- 422 (rijksoverheid.nl) <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/gas/gasinfrastructuur>
- 423 (Rijksoverheid.nl, 2015) Kamerbrief Nationale Energieverkenning 2015 (NEV 2015) <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2015/10/09/kamerbrief-nationale-energieverkenning-2015> En: NEV 2015, Energie Onderzoek Centrum. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2015/10/09/kamerbrief-nationale-energieverkenning-2015> En: Doel 16% duurzame energie in 2023 binnen bereik. Nieuwsbericht 09-10-2015 15:30u. Wwww.rijksoverheid.nl/actueel [**11 okt 2015]
- 424 (Rijksoverheid.nl, 6-3-2014) <http://www.rijksoverheid.nl/nieuws/2014/03/06/eerste-energiebespaarleningen-voor-verduurzaming-woningen-verstrekt.html> [**6 maart 2014]
- 425 (Riphagen, 2011) Riphagen M (2011) Zonnepanelen en zonneboilers, kan de zon het dak op? In: Ganzevles J, van Est R (red.) & Brom FWA et al (2011) Energie in 2030. Maatschappelijke keuzes van nu. Rathenau Instituut. Boxtel: Aeneas. ISBN 978-94-6104-018-3.
- 426 (RIVM, 2011) RIVM Verduurzaam hout: risico's van hexavalent chroom voor de volksgezondheid, Wolterink, Bremmer, Montfors 2001
- 427 (Rotmans, 2012) Rotmans J (2012). In het Oog van de orkaan, Nederland in Transitie, Aeneas, ISBN 978-94-6104-026-8.
- 428 (Rotmans, 2015) Rotmans J, 2015. Kom uit de ivoren toren. Te downloaden van: <http://www.socialevraagstukken.nl/site/2015/01/20/kom-uit-de-ivoren-toren-welkom-in-de-nieuwe-wereld/>
- 429 (Rousseau et al 2003) Nikki Rousseau, Elaine McColl, John Newton, Jeremy Grimshaw, Martin Eccles (2003) Practice based, longitudinal, qualitative interview study of computerised evidence based guidelines in primary care. *BMJ*, VOLUME 326, 8 FEBRUARY 2003
- 430 (Rtvutrecht.nl 2 aug 2012) <http://www.rtvutrecht.nl/nieuws/842903> [**2 augustus 2012]
- 431 (Rutte&Samsom, 2012) Rutte M, Samsom D (2012) Bruggen slaan, Regeerakkoord VVD-PvdA, 29 oktober 2012
- 432 (RVO.nl) <http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/investeringsubsidie-duurzame-energie-isde> [**1-1-2016]
- 433 (RWS.nl) http://www.rws.nl/wegen/natuur_en_milieu/geluidsoverlast/wat_is_hinderlijk_geluid/

- 434 ([samsung-airco.nl](http://www.samsung-airco.nl/nederland/warmtepompen/warmtepomp-vloerverwarming.html)) <http://www.samsung-airco.nl/nederland/warmtepompen/warmtepomp-vloerverwarming.html> [**3 februari 2014]
- 435 ([Sandelowski, 1991](#)) Sandelowski (1991) Telling stories: Narrative Approaches in Qualitative research. *Journal of Nursing Scholarship*, Volume 23, number 3, Fall 1991
- 436 ([Schilperoort, 2010](#)) Schilperoort H (2010) De grote renovatieopgave. Vitrine Energiezuinige Renovatie, *BouwlQ* . 2010 p9-13
- 437 ([Schilt-airconditioning.nl](http://www.schilt-airconditioning.nl/multi-split-systeem)) <http://www.schilt-airconditioning.nl/multi-split-systeem>
- 438 ([Schmidt, 2013](#)) Schmidt C (2013) Wordt vuurijs de nieuwe energierevolutie? Trouw 15 maart 2013
- 439 ([Schot, 2013](#)) Schot J van der (2013). Groene doelen, zonder het benodigde beleid. Trouw 16 mei 2013. Podium, p23.
- 440 ([Schuitema & Steg, 2005](#)) Schuitema G, Steg L (2005) Percepties van energieverbruik van huishoudelijke apparaten. Hoofdstuk 11 in: Jaarboek MarktOnderzoek Associatie 2005, p 165-200. (Te downloaden van moaweb.nl)
- 441 ([Schuurmans et al, 2010](#)) Schuurmans A, et al (2010) De vrijblijvendheid voorbij. Op weg naar een structurele markt voor energiebesparing in de bestaande bouw. Maart 2010. www.spaarhetklimaat.nl
- 442 ([Screentech.nl](#)) <http://www.screentech.nl/2013-07-10-12-25-53/tv-liften-venset/st750-venset-tv-lift-inbouw-detail>
- 443 ([search 25 feb 2013](#)) Een internetsearch naar warmteverliespercentages door ventilatie in een gemiddelde woning leverde diverse hiervoor bruikbare bronnen op: reynaertenergieadvies.com; ab-iso.be; isolatiecompany.nl; isolatiewerkenafp.be; mbmgevelwerken.be en climaxi.be. De schattingen variëren tussen 10 en 20 procent.
- 444 ([Sembach et al, 1989](#)) Sembach KJ, Leuthäuser G, Gössel P (1989) Meubeldesign van de 20e eeuw. Benedikt Taschen Verlag GmbH. ISBN 3-8228-0131-3/NUGI 926
- 445 ([Sharp.nl](#)) <http://www.sharp.nl/cps/rde/xchg/nl/hs.xsl/-/html/productdetails.htm?product=R898ALAA&cat=200>
- 446 (shaunsbackyard.com) <http://shaunsbackyard.com/746/biogas-digester/>
- 447 ([shell.nl](http://www.shell.nl/lpg)) www.shell.nl/lpg
- 448 ([sidenso.nl](http://www.sidenso.nl/producten/douchewater-wtw.html)) <http://www.sidenso.nl/producten/douchewater-wtw.html>
- 449 ([Siderea.nl, 2015](#)) De Ideale Hellingshoek. Zoektocht naar de beste opstelling voor zonnestroom. Deel 2. Straling op een schuin vlak. <http://www.siderea.nl/artikelen/hellingshoek2/hellingshoek2.html> [**15 dec 2015]
- 450 ([Simgas.nl](http://www.simgas.nl); [Simgas.com](http://www.simgas.com)) http://www.simgas.nl/benefits-of-biogas_en <http://www.simgas.com/advantages-of-biogas/item5>
- 451 ([Slimwoner.nl](http://www.slimwoner.nl)) www.slimwoner.nl [**14 februari 2016]
- 452 ([Smartflower.com](http://www.smartflower.com)) <https://www.smartflower.com/nl/techdata>
- 453 ([smart-homes.nl](http://www.smart-homes.nl)) [http://www.smart-homes.nl/Innoveren/Energie-Gedragbeinvloeding/usetSmartly-\(1\).aspx](http://www.smart-homes.nl/Innoveren/Energie-Gedragbeinvloeding/usetSmartly-(1).aspx) En : <http://www.smart-homes.nl/Innoveren/Energie-Gedragbeinvloeding/Persuasive-Agents.aspx>
- 454 ([SolarCity.com](http://www.solarcity.com)) <http://www.solarcity.com/commercial/portfolio/housing/>
- 455 ([Solarcookers.org](http://www.solarcookers.org)) <http://www.solarcookers.org/catalog/cookit-p-44.html>
- 456 ([Solarcooking.com](http://www.solarcooking.com)) <http://solarcooking.org/saussure.htm>
- 457 ([solarnrg.nl](http://www.solarnrg.nl)) www.solarnrg.nl/prijzen-zonnepanelen/prijzen-losse-onderdelen
- 458 ([Solarwebsite.nl](http://www.solarwebsite.nl)) <http://www.solarwebsite.nl/2009/03/wij-vertrouwen-slimme-meters-niet/> [**2 juni 2013]
- 459 ([Solarwindenergytower.com](http://www.solarwindenergytower.com)) <http://www.solarwindenergytower.com/>
- 460 ([solarww.nl](http://www.solarww.nl)) <http://www.solarww.nl/producten/solar-freezer/> [**3 oktober 2014]
- 461 ([SolTechenergy.com](http://soltechenergy.com)) <http://soltechenergy.com/soltech-sigma/>
- 462 ([Sonneveld et al, 2011](#)) Sonneveld W (red) (2011) Energie eiland. Module tbv OCE , Masteropleiding SEC, TU Delft. Nov 2011. code X228-067-VG
- 463 ([Soy 1997/2006](#)) Soy, Susan K. (1997). The case study as a research method. Unpublished paper, University of Texas at Austin. Last Updated 02/12/2006 <http://www.gslis.utexas.edu/~ssoy/usesusers/l391d1b.htm>

- 464 (Spakman et al 2002) J. Spakman, W.F. Blom, R.F.J.M. Engelen, D. Nagelhout, G.A. Rood, J.P.M. Ros, M.W. van Schijndel, J.J. van Wijk, H.C. Wilting, 2002. Integraal instrumentarium voor evaluatie van transitie, Methodologie en resultaten. RIVM rapport 550000006/2002
- 465 (Spengler & Chen, 2000) Spengler JD, Chen Q (2000) Indoor air quality factors in designing a healthy building. Annual Review of Energy and the Environment, 25, 567-600.
- 466 (stafco.be) <http://www.stafco.be/>
- 467 (Statline.CBS.nl, 2013) Veranderingen in de woningvoorraad per 30 november 2012. Accessed 19-2-2013. <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?VW=T&DM=SLNL&PA=37263&LA=NL> [**19 februari 2013]
- 468 (Stege, 2006) Stege C ter (2006) Rendement warmtepompboiler kan in praktijk laag zijn, Aanzuigen koude lucht voorkomen. Duurzaam Installeren, GAWALO / SEPTEMBER 2006. Download van: <http://www.dwa.nl/uploads/File/artikelen/2006/Gawalo0906b.pdf>
- 469 (Stein et al 2005) Terry Stein, Richard M. Frankel, Edward Krupat (2005) Enhancing clinician communication skills in a large healthcare organization: A longitudinal case study, *Patient Education and Counseling* 58 (2005) 4–12
- 470 (Stiebel-Eltron-nl) Stiebel Eltron warmtepompen 120127_010_hb_ee_nl_2012.pdf
- 471 (stofzuigerstore.nl) <http://www.stofzuigerstore.nl/product/53152/dyson-dc23-stowaway-origin.html>
- 472 (Stoop et al, 1998) Stoop P, Glastra P, Hiemstra Y, de Vries L, Lembrechts J (1998) Results of the second Dutch national survey on radon in dwellings, Bilthoven: RIVM, April 1998. p29–37 <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/610058006.pdf>
- 473 (sun-disc.nl) <http://www.sun-disc.nl/index.asp?strPageType=styleit&intStyleITID=338>
- 474 (Synbra.com) <http://www.synbra.com/nl/39/187/grondstoffen.aspx>
- 475 (Synbratechnology.nl) <http://www.synbratechnology.nl/index.php?page=material-safety-data-sheets>
- 476 (Tamburic et al, 2011) Tamburic B, Ademovic A, Garnham E, Gruenewald P, Latinopoulos C, Mandhana R, Kinong C, Sidiropoulos S, Termglinchan V, Wang T (2011) Residential fuelling with Hydrogen, Design report Imperial College London. January 2011.
- 477 (Taylor, 1983) Taylor SE (1983). Adjustment to threatening events: A theory of cognitive adaptation. *American Psychologist*, 38, 1161-1173.
- 478 (Techneco.nl) www.techneco.nl/documents/download/205 [**22 juli 2013]
- 479 (Technisol.nl) <http://www.technisol.nl/polyurethaan.html>
- 480 (tectake.nl) <http://www.tectake.nl/electrische-geiser-7-kw-230v-met-douchekop>
- 481 (Teeuw et al, 1993) Teeuw KB, Vandenbroucke-Grauls CMJE, Verhoef J (1993) *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde* 1993 ; 137, nr 23 p 1132-1135.
- 482 (Tellis 1997) Tellis (1997) Application of a Case Study Methodology, by Winston Tellis, The Qualitative Report , Volume 3, Number 3, September, 1997 (<http://www.nova.edu/ssss/QR/QR3-3/tellis2.html>)
- 483 (termokomfort.nl) www.termokomfort.nl/isolatiematerialen/hr-termoparels
- 484 (Terras.tv) <http://www.terras.tv/pages/tvmuseum/tvmuseumtvset/sets02.html> [**1 september 2015]
- 485 (Teske S et al, 2015) Teske S, Sawyer S, Schafer O, 2015. Energy [r]evolution, a sustainable world. Energy outlook 2015. Report 5th edition World Energy scenario. Greenpeace / GWEC / SolarPower Europe. Amsterdam-Hamburg-Brussel
- 486 (teslamotors.com) <http://www.teslamotors.com/goelectric#charging>
- 487 (Thenewmotion.com) <http://www.thenewmotion.com/elektrisch-rijden/uw-elektrische-auto-opladen-met-een-eigen-laadpaal-thuis/>
- 488 (Thercon.nl) www.Thercon.nl
- 489 (Thomann.de) http://www.thomann.de/nl/the_takustik_hilo_p80.htm?offid=5&affid=1&subid=315594NL&subid2=the+t.akustik+HiLo-P80&origin=boost&gclid=CJb5ju7X7cgCFUI_Gwod5gYBBA [**31 okt 2015]

- 490 (Tigchelaar et al, 2013) Tigchelaar C, Leidelmeijer K (2013) Energiebesparing: Een samenspel van woning en bewoner – Analyse van de module Energie WoON 2012, Aug 2013, ECN-E—13-037
- 491 (TNO.nl, 2014) TNO Powermatcher leaflet jrv140416-01 te downloaden van: www.tno.nl/powermatcher [**18 september 2015]
- 492 (Tonkens & Duyvendak, 2015) Tonkens E, Duyvendak JW, 2015. Graag meer empirische en minder eufore kijk op burgerinitiatieven. Te downloaden van: <http://www.socialevraagstukken.nl/site/2015/01/17/graaag-meer-empirische-en-minder-eufore-kijk-op-burgerinitiatieven/>
- 493 (Toshiba, 2014) Toshiba, ESTIA, PDF van maart 2014 [**2 augustus 2015]
- 494 (toshiba-airconditioner.nl) <http://www.toshiba-airconditioner.nl/estia-lucht-water-warmtepompsysteem> [**15 april 2013]
- 495 (transitionnetwork.org) <http://www.transitionnetwork.org/books> publicaties van o.a.: Chris Bird, 2010, Local sustainable homes, how to make them happen in your community. Rob Hopkins, 2008, The transition handbook: From oil dependency to local resilience.
- 496 (transitiontownkinsale.org) <http://transitiontownkinsale.org/> [**28 juli 2013]
- 497 (Trinkle et al, 2005) Christoph Trinkl, Wilfried Zörner, Claus Alt, Christian Stadler (2005) Performance of Vacuum Tube and Flat Plate Collectors Concerning Domestic Hot Water Preparation and Room Heating. 2nd European Solar Thermal Energy Conference 2005 (estec2005), Freiburg, 21.-22.06.2005
- 498 (Trouw 20 aug 2015) Nederland laadt Iondense bussen, Isabel Baneke, Economie p14, Trouw 20 aug 2015.
- 499 (Trouw 22 juni 2013) Trouw, 22 juni 2013, Hoogleraren fel tegen boren naar schaliegas (red)
- 500 (Trouw, 13 aug 2015) Kamp blijft PvdA op zijn weg vinden, Bart Zuidervaat, red. Trouw p1, 13 aug 2015.
- 501 (Trouw, 14 mei 2014) Trouw, 14 mei 2014 – Autobatterij als opslagplaats voor zelfopgewekte energie, Redactie Groen.
- 502 (Trouw, 28 okt 2013) Trouw, 28 okt 2013. Quirijn Visscher : Fiscale regels dwarsbomen introductie waterstofauto.
- 503 (Trouw, 30 april 2014) Trouw, 30 april 2014. Op naar 1 liter afval per jaar. Interview door Cokky van Limpt met Emily-Jane Lowe uit Baarn. Zie ook: www.levenzonderafval.blogspot.nl
- 504 (Trouw, 5 feb 2014) Trouw 5 feb 2014 - Minder klanten nemen van NUON minder gas en elektriciteit af, Economie p 19 (red).
- 505 (Tuchinda et al, 2006) Tuchinda C, Srivannaboon S, Lim HW (2006). Photoprotection by window glass, automobile glass, and sunglasses. *J Am Acad Dermatol* 2006;54:845-54 (May). [+correction in: *Journal of the American Academy of Dermatology*, Volume 55, Issue 1, July 2006, Page 74.]
- 506 (Tuinbase.nl) http://www.tuinbase.nl/vijverfilter_kiezen/
- 507 (tvmeubelen.nl) [http://www.tvmeubelen.nl/productdetails/tv+lift+kast+max.+32+inch+tv+\(82cm\)/8178/0](http://www.tvmeubelen.nl/productdetails/tv+lift+kast+max.+32+inch+tv+(82cm)/8178/0)
- 508 (Tweede Kamer, 2010) Tweede Kamer (2010). Kamerstukken 2009-2010, 31 305, nr 181, Mobiliteitsbeleid, 15 juli 2010, ISSN 0921 - 7371 's-Gravenhage, p3
- 509 (Twenga.nl) <http://www.twenga.nl/200-l-regenton.html>
- 510 (Tyagi et al, 2007) Tyagi VV, Buddhi D (2007) PCM thermal storage in buildings: A state of art. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 11, Issue 6, August 2007, Pages 1146–1166
- 511 (Uijl-techniek.nl) <http://www.ujl-techniek.nl/coolwex>
- 512 (uitfaseren.cofely-gdfsuez.nl) <http://uitfaseren.cofely-gdfsuez.nl/wat-gaat-er-veranderen/wat-gaat-er-veranderen-door-uitfaseren-van-koudemiddelen.html>
- 513 (upfallshower.com) <http://www.upfallshower.com/>
- 514 (Urgenda, 2015) Urgenda (2015) Ons huis energieneutraal, praktijkvoorbeelden van bestaande woningen. Januari 2015. Brochure te downloaden van www.urgenda.nl/energieneutraal [**9 okt 2015]

- 515 (US patent 1,687,996) Frank J Sirl, 1928, Spring driven fan
- 516 (US Patent 975,714) Daniel M Pfautz, 1910, Spring motor driven table fan
- 517 (Vaillant.nl) www.vaillant.nl/Consument/productinformatie/warmtepomp/
- 518 (Van den Ham et al, 1992) Van den Ham ER, Ackers JG (1992) Radon in het binnenmilieu. Bouwfysica vol 3, 1992, no 1, p 21-25
- 519 (Van der Wal, 1992) Van der Wal JF (1992) Belasting van de binnenlucht door emissie uit (bouw)materialen en produkten. Bouwfysica Vol3, 1992, no 1, p 12-21
- 520 (Van Velzen, 2010) Van Velzen SJ (2010). Greenhouse residence, Feasability of greenhouse residence concept for renovation. TU Eindhoven.
- 521 (vanavermaet.be) <http://www.vanavermaet.be/ned/producten.asp?id=06>
- 522 (VanBoven.com) http://www.van-boven.com/nederlands/lichtkoepels/downloads/20110613Prijslijst_lichtkoepels_BK_website.pdf [**1 maart 2013]
- 523 (VanEnter, 2010) Roos van Enter (2010). Kleur en inrichting in het moderne woonhuis tussen 1935 en 1950. Een onderzoek naar adviezen en theorievorming aan de hand van de tijdschriften Interieur, Het Landhuis en De Vrouw en haar Huis. Masterthesis Architectuurgeschiedenis en Monumentenzorg - R.E. van Enter 3208133 - December 2010
- 524 (Vankopertotzink.nl) www.Vankopertotzink.nl
- 525 (Variotherm, 2005) Geef het leven warmte, Ontwerpen en dimensioneren van verwarmingssystemen, 34902, Vloerverwarming voor zand-cement dekvloeren en droogbouw. Variotherm Heizsysteme, PDF 27-7-2005 [**7 augustus 2015]
- 526 (VEH, 2012) Woningmarktplan Wonen 4.0, Plan voor integrale hervorming van de woningmarkt. 23 mei 2012. Te downloaden van: <https://www.eigenhuis.nl/woningmarkt/woningmarktplan/> [**20 september 2015]
- 527 (Vekto.nl) http://www.vekt.nl/nummer/kwh-meter-voor-in-het-stopcontact/162718?gclid=CI222__7sr8CFVMRtAodM1EA4w&gclid=CPH1r7X0rMECFcISwwodkKkArA
- 528 (Velzen, 2005) Joost van Velzen (2005). Een jaren-dertig-huis wil iedereen; desnoods nieuwgebouwde namaak. 05/09/05, 20:10 Trouw.nl [**17 februari 2013]
- 529 (verbeteruwhuis.nl) <http://www.verbeteruwhuis.nl>
- 530 (Viessmann.com) http://viessmann.adminsite.be/Uploads/ProductDocuments/50/nl/DB_Vitosol200-F_5818383_08-07.pdf
- 531 (Visscher, 2013) Visscher R (2013). Een raam waarmee je stroom opwekt, Trouw 18 mei 2013.
- 532 (Visser, 2014) Visser M (2014) Een kan niet anders dan radicaal opnieuw beginnen. Trouw, 2 dec 2014 Economie p 13.
- 533 (Vlaanderen.be) <http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/epb/doc/module37.pdf>
- 534 (voetafdruk.eu) <http://www.voetafdruk.eu/onzevoetafdruk/mijnhemel/index.html> [**10 april 2013]
- 535 (Voorde, 2007) Voorde M ter (2007). Warmte van de aarde als energiebron. Forum, Volkskrant, 17 maart 2007. <http://www.falw.vu.nl/nl/voor-het-vwo/wetenschap-in-gewone-woorden/Aardwetenschappen/klimaat/geothermische-energie.asp>
- 536 (Voorst, 2013) www.gertvanvoorst.nl [**14 mei 2013]
- 537 (Voss et al 2002) Chris Voss, Nikos Tsikriktsis and Mark Frohlich (2002). Case research in operations management. International Journal of Operations & Production Management, Vol. 22 No. 2, 2002, pp. 195-219. <http://www.emeraldinsight.com/0144-3577.htm>
- 538 (Vringer.nl) www.Vringer.nl
- 539 (VROM, 2006) VROM (2006). Kernpublicatie WoON Energie 2006
- 540 (Wadduurzaam.nl) Wadduurzaam.nl 1-8-2015 Ecolution is thuis !

- 541 (Wagenvoort, 2013) Wagenvoort W (2013) Wijk van Morgen 'lab van de toekomst'. Zondagnieuws Parkstad Limburg, Wonen extra, 2 juni 2013. , A en C Media jaargang 2013 nr.22
- 542 (Wareco, 2012) Wareco ingenieurs (2012) Verbreed gemeentelijk rioleringsplan VGRP Veenendaal 2012-2016, KH78, RAP20120720, 25-7-12. Te downloaden op:
<https://secure.veenendaal.nl/document.php?m=6&fileid=45777&f=b73ed7692ef24756c42b66ccea923285&attachment=0&a=245> [**4 augustus 2013]
- 543 (warmetruiendag.nl) <https://www.warmetruiendag.nl/>
- 544 (Warmtepomp-info.nl) www.Warmtepomp-info.nl
- 545 (warmtepomp-info.nl) <http://www.warmtepomp-info.nl/luchtwater/> [**2 februari 2014]
- 546 (Warmtepompinstallateur.nl) <http://www.warmtepompinstallateur.nl/PDF/Handleiding%20WPL%2013-18-23.pdf>
- 547 (Wassink, 2014) Wassink J (2014) Gas uit licht en water, Delft Integraal, nr 1, maart 2014 p 8-9. Zie: www.delta.tudelft.nl/27734
- 548 (waterbewust.nl) www.waterbewust.nl
- 549 (waterbronslaan.nl) <http://waterbronslaan.nl/zelf-een-waterbron-of-puntstuk-slaan/>
- 550 (Wbb) Wet bodembescherming http://wetten.overheid.nl/BWBR0003994/geldigheidsdatum_30-04-2014
- 551 (Weerstatistieken.nl) www.weerstatistieken.nl [** 4 juli 2013]
- 552 (Welchem, 2014) Welchem, R (2014) Thee uit de kraan is pas duurzaam als je er veel van drinkt. Trouw 7 feb 2014, Verdieping p 11.
- 553 (welke-kiezen-kopen.nl) <http://noodstroom-aggregaat-generator.welke-kiezen-kopen.nl/noodstroom-met-zonnepanelen-bij-stroomstoring-p1.php>
- 554 (Western.nl) KOUDEMIDDEL R410A VEILIGHEIDSLADEN Ook:
http://www.western.nl/Producten/tabid/85/hgld/10/Groep/Warmtepompen/sgld/24/SubGroep/24/pld/99/Product/GEYSER_GEYSER_12_tot_34/Default.aspx GEYSER 12 systeem is verkrijgbaar bij : WESTERN AIRCONDITIONING B.V. De Wel 10, Postbus 236, 3870 CE Hoevelaken. Tel.: (033) 247 78 00 . Fax: (033) 247 78 50 . Internet: www.western.nl . E-mail: info@western.nl [**21 maart 2014]
- 555 (Westra & Tossijn, 1980) Chris Westra & Herman Tossijn, Wind werkboek. Arkel J van, jan 1980. ISBN 9789062240258
- 556 (Weterings et al, 2013) Weterings R, van Harmelen T, Gjaltema J, Jongeneel S, Manshanden W, Poliakov E, Faai A, van den Broek M, Dengerink J, Londo M, Schoots K (2013). Naar een toekomstbestendig energiesysteem voor Nederland. Delft: TNO 2013 R10325.
- 557 (wienberger.be) <http://www.wienberger.be/duurzaamheid/duurzaam-wonen/brochure-groen-produceren-bouwen-en-wonen-met-wienberger-...-is-kiezen-voor-de-toekomst.html>
- 558 (Wijk, 2013) Wijk R de (2013). Debat over schaliegas gaat over voorlopig ongegronde angsten. Trouw 08/03/13.
- 559 (Wikipedia.org) <http://nl.wikipedia.org/wiki/R410A>
- 560 (Wiskerke, 2014) Wiskerke JSC (2014) Stadslandbouw in het tijdperk van verstedelijking. *Ekoland*, april 2014. Te downloaden van: <http://edepot.wur.nl/307375> [**7 november 2014]
- 561 (Witkamp et al, 2011) Witkamp M, Vink G, Verhaart J, Bosschaert T, Koene F, Bakker EJ, Borsboom W, Phaff H (2011). Huis vol energie. Inspiratie voor energieneutraal wonen. In opdracht van SEV EnergieSprong. Uitvoering: Except, TNO. September 2011. ISBN 978-94-6104-022-0 (p9, p58)
- 562 (Yang et al, 2010) Yang H, Cui P, Fang Z (2010). Vertical-borehole ground-coupled heat pumps: A review of models and systems. *Applied Energy* 87 (2010) 16–27.
- 563 (Yin 1981) Yin RK. (1981) The case study crisis: some answers. *Adm Sci Q* 1981;26:58–65
- 564 (Yin 1984) Yin RK. (1984) Case study research. Beverly Hills, CA: Sage Publications; 1984

- 565 (Yin 1994) Yin RK (1994). Case study research: Design and methods. Thousand Oaks, CA: Sage.
- 566 (Yin et al 2006) Yin, Robert K. Green, Judith L. (Ed); Camilli, Gregory (Ed); Elmore, Patricia B. (Ed), (2006). Handbook of complementary methods in education research., (pp. 111-122). Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, xxix, 863 pp.
- 567 (yourglass.com) <http://www.yourglass.com/configurator/nl/nl/toolbox/configurator/190576/main.html>
- 568 (Yu & Kim, 2012) Yu CWF, Kim JT (2012) Low-Carbon Housings and Indoor Air Quality. SHB2012 - 6th International Symposium on Sustainable Healthy Buildings, 27 February 2012, Seoul, Korea.
- 569 (Yu et al, 2003) B.F. Yu*, Q. Gao, B. Zhang, X.Z. Meng, Z. Chen, 2003. Review on research of room temperature magnetic refrigeration. International Journal of Refrigeration 26 (2003) 622–636
- 570 (Yu et al, 2009) Yu BF, Hu ZB, Liu M, Yang HL, Kong QX, Liu YH (2009) Review of research on air-conditioning systems and indoor air quality control for human health. International journal of refrigeration 32 (2009) 3-20.
- 571 (Zainal 2007) Zaidah Zainal. Case study as a research method. Jurnal Kemanusiaan bil.9, Jun 2007
- 572 (Zinkbouwmarkt.nl) www.Zinkbouwmarkt.nl
- 573 (Zoekuwenergielabel.nl) De Rijksoverheid verstrekt via deze website op basis van postcode en huisnummer het daar geregistreerde energielabel.
- 574 (zonneboilerhuis.nl) <http://hetzonneboilerhuis.nl/zonneboiler.html>
- 575 (Zonzoektdak.nl) <http://www.zonzoektdak.nl/de-pakketten/pakket-3/>
- 576 (Zucker 2001) Using Case Study Methodology in Nursing Research, Donna M. Zucker, The Qualitative Report, Volume 6, Number 2 June, 2001. <http://www.nova.edu/ssss/QR/QR6-2/zucker.html>

Bijlagen

BIJLAGE 1 – In kaart brengen van het Jaarverbruik

Elektriciteit

Rubriek	Plaats	Apparaat	Verbruik/stuk				Aantal	Jaarfractie	Jaarverbruik
			Watt	Uur/dag	Dag/week	Week/jaar	stuks		kWh/jaar
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
....									
....									
....									
								totaal	+ (11)

Toelichting:

Op elke regel staan de gegevens van een apparaat. Bij meer dan 1 dezelfde apparaten kan onder "Aantal" een getal worden ingevuld.

- (1) Rubrieken zijn bijvoorbeeld: Verlichting, Verwarming, Huishouding, Onderhoud, ICT/Media
- (2) Plaatsen zijn bijvoorbeeld: Huiskamer, Keuken, Garage, Tuin, Slaapkamer.
- (3) Apparaten zijn bijvoorbeeld: Lamp, radio, Koffiezetapparaat, Haardroger, Grasmaaier
- (4) Verbruik in Watt: gemeten (Watt meter) terwijl het apparaat aan staat (Standby apart)
- (5) Uur per dag dat het apparaat aan staat
- (6) Dagen per week dat het apparaat die uren per dag aan staat
- (7) Weken per jaar waarvoor dat apparaat die uren per dag aan staat
- (8) Aantal apparaten van het zelfde type is die zelfde gebruikssituatie
- (9) De vermenigvuldiging van (5),(6),(7) gedeeld door $24 \cdot 7 \cdot 52$ geeft de jaarfractie
- (10) De vermenigvuldiging van (4), (8) en (9) maal $24 \cdot 7 \cdot 52 / 1000$ geeft het jaarverbruik in kWh/jaar
- (11) De optelsom van alle getallen berekend in kolom (10) is het totale jaarverbruik in kWh/jaar

De inventarisatie in huis 1938 leverde het volgende resultaat voor ELEKTRICITEIT op:

Rubriek	Plaats	Apparaat	Watt	Uur/dag	Dag/week	Week/jaar	Stuks	Fractie	kWh/jaar
Verlichting	Huiskamer/keuken	Plafondspot Oenothera	35	4	7	52	1	0,17	51,0
Verlichting	Huiskamer/keuken	Plafondspot Tilia	11	4	7	48	1	0,15	14,8
Verlichting	Huiskamer/keuken	Plafondspot Kruk portugal	5	4	7	48	1	0,15	6,7
Verlichting	Huiskamer/keuken	Plafondspot Amsterdam	35	4	7	48	1	0,15	47,0
Verlichting	Huiskamer/keuken	Plafondspot Plant	11	4	7	48	1	0,15	14,8
Verlichting	Huiskamer/keuken	Plafondspot Tempsplein	11	4	7	48	1	0,15	14,8
Verlichting	Huiskamer/keuken	Plafondspot Patch Ellen	35	4	7	48	1	0,15	47,0
Verlichting	Huiskamer/keuken	Plafondspot Tandwielklok	11	4	7	48	1	0,15	14,8
Verlichting	Huiskamer/keuken	Plafondspot Bloemenveld	35	4	7	48	1	0,15	47,0

Verlichting	Huiskamer/ keuken	Plafondspot Boekenkast	11	4	7	48	1	0,15	14,8
Verlichting	Huiskamer/ keuken	Plafonniere Huisk midden	20	4	7	48	3	0,15	80,6
Verlichting	Huiskamer/ keuken	Aanrecht lamp	6	4	7	48	3	0,15	24,2
Verlichting	Huiskamer/ keuken	Afzuigkaplamp	9,6	1	7	48	1	0,04	3,2
Verlichting	Huiskamer/ keuken	Staande lamp rond	6	4	7	48	1	0,15	8,1
Verlichting	Huiskamer/ keuken	Staande lamp vierkant	9	4	7	48	1	0,15	12,1
Verlichting	Huiskamer/ keuken	Bureaulampje voor	20	1	1	1	1	0,00	0,0
Verlichting	Hal achter	Plafonniere	20	2	7	48	1	0,08	13,4
Verlichting	WC beneden	Plafonniere	20	1	7	48	1	0,04	6,7
Verlichting	Hal voor	Plafonniere	20	1	7	10	1	0,01	1,4
Verlichting	Kelderkast	Lamp	40	0,5	7	20	1	0,01	2,8
Verlichting	Tuin	Buitenlamp voor	11	1	1	20	1	0,00	0,2
Verlichting	Tuin	Aut Buitenlamp zijkant	60	1	1	1	1	0,00	0,1
Verlichting	Tuin	Buitenlamp achterdeur	11	1	1	1	1	0,00	0,0
Verlichting	Tuin	Buitenlamp Vakwerkhuis	11	1	1	1	1	0,00	0,0
Verlichting	Bijkeuken	Plafonniere	20	4	7	10	1	0,03	5,6
Verlichting	Bijkeuken	Spiegellamp	7	1	1	4	2	0,00	0,1
Verlichting	Veranda	Wandlampje	8	1	1	4	4	0,00	0,1
Verlichting	Veranda	Aut Ganglamp	60	1	1	20	1	0,00	1,2
Verlichting	Veranda	Kerstverlichting set	10	5	7	16	1	0,06	5,6
Verlichting	Studeerkamer	Plafonniere Studeerk voor	20	4	7	48	2	0,15	53,8
Verlichting	Studeerkamer	Bureaulamp	10	4	7	48	2	0,15	26,9
Verlichting	Studeerkamer	Bedlampje	24	1	1	4	1	0,00	0,1
Verlichting	Kamer Es	Plafonniere	20	1	1	1	1	0,00	0,0
Verlichting	Slaapkamer	Plafonniere	20	2	7	48	1	0,08	13,4
Verlichting	Slaapkamer	Spots	50	1	1	20	2	0,00	2,0
Verlichting	Slaapkamer	Bedlampje	11	2	7	48	2	0,08	14,8
Verlichting	Slaapkamer	Bureaulamp medicijnen	25	1	7	48	1	0,04	8,4
Verlichting	Douche/WC	Plafonniere	20	1	7	48	1	0,04	6,7
Verlichting	Douche/WC	Spiegellamp	7	1	7	48	2	0,04	4,7
Verlichting	Zolder	kroonluchterlampje	25	1	1	1	12	0,00	0,3
Verlichting	Zolder	willie wortel lampje	25	1	1	1	4	0,00	0,1
Verlichting	Zolder	bedlampje	40	1	1	1	1	0,00	0,0
Verlichting	Hal boven	Plafonniere	20	0,5	7	48	1	0,02	3,4
Verlichting	Vakwerkhuis	lamp	11	1	1	1	1	0,00	0,0
Verlichting	Kas	lamp	11	1	1	1	1	0,00	0,0
Verlichting	Garage	TL lamp	36	4	1	25	8	0,01	28,8
Verlichting	Garage	Bureaulamp T	11	1	1	1	1	0,00	0,0
Verlichting	Garage	Bureaulamp P	9	1	1	1	1	0,00	0,0
Verlichting	Garage	Spot T	40	1	1	1	1	0,00	0,0
Verlichting	Garage	Bouwlamp	150	3	1	2	2	0,00	1,8
Verlichting	Fietsenhok	Lamp	11	0,5	7	10	1	0,00	0,4
Verwarming	Huis 1938	Nefit HR ketel	50	24	7	25	1	0,48	210,0

Verwarming	Garage	Ventilatorkacheltje	2000	1	1	1	1	0,00	2,0
Huishouding	Drogen	Droogtrommel Bosch WTA 3200	3200	2	1	10	1	0,00	64,0
Huishouding	Strijken	Strijkijzer Moulinex AX6	1400	2	1	48	1	0,01	134,4
Huishouding	Wassen	Wasmachine Bosch aquastar 1200	1020	1	2	48	1	0,01	97,9
Huishouding	Koken	Fornuis oven ETNA	1950	1	2	48	1	0,01	187,2
Huishouding	Koelen	Koelkast Siemens	35	24	7	48	1	0,92	282,2
Huishouding	Schoonmaken	Stofzuiger Dyson DC 23	1400	2	1	48	1	0,01	134,4
Huishouding	Koken	Koffiezet apparaat DE technivorm	1200	0,5	7	48	1	0,02	201,6
Huishouding	Koken	Melkschuimer Lattemento	500	0,5	1	40	1	0,00	10,0
Huishouding	Deurbel	Trafo en deurbel	5	24	7	52	1	1,00	43,7
Huishouding	Koken	Afzuigkap	125	0,5	7	48	1	0,02	21,0
Huishouding	Koken	Magnetron	1150	0,5	2	48	1	0,01	55,2
Huishouding	Koken	Staafmixer	300	0,2	1	48	1	0,00	2,9
Huishouding	Koken	Sinaspers	50	1	1	10	1	0,00	0,5
Huishouding	Koken	Blender	480	1	1	20	1	0,00	9,6
Huishouding	Persoonlijke verzorging	Haardroger	500	1	1	20	1	0,00	10,0
Huishouding	Persoonlijke verzorging	Elektrische tandenborstel	25	1	7	48	1	0,04	8,4
Huishouding	Persoonlijke verzorging	Scheerapparaat P	25	1	1	20	1	0,00	0,5
Huishouding	Persoonlijke verzorging	Ladyshave T	25	1	1	10	1	0,00	0,3
Onderhoud	Huis	Cirkelzaag tafelmodel	800	1	1	1	1	0,00	0,8
Onderhoud	Huis	Mobiele cirkelzaag	1700	1	1	1	1	0,00	1,7
Onderhoud	Huis	Hand cirkelzaag	1200	1	1	10	1	0,00	12,0
Onderhoud	Huis	Hand Slijptol	500	1	1	10	1	0,00	5,0
Onderhoud	Huis	Hand schaafmachine	680	1	1	10	1	0,00	6,8
Onderhoud	Huis	Hand decoupeerzaag	500	1	1	48	1	0,01	24,0
Onderhoud	Huis	Hand boormachine	700	1	1	48	1	0,01	33,6
Onderhoud	Huis	Hand schuurmachine	250	1	1	10	1	0,00	2,5
Onderhoud	Huis	Hand schuurmachine oud	150	1	1	1	1	0,00	0,2
Onderhoud	Huis	Hand alleszaag	180	1	1	10	1	0,00	1,8
Onderhoud	Huis	Hand verfstripper	1400	1	1	1	1	0,00	1,4
Onderhoud	Huis	Hand kantzaag	500	1	1	1	1	0,00	0,5
Onderhoud	Huis	Lasapparaat	1600	1	1	1	1	0,00	1,6
Onderhoud	Huis	Dremel	125	1	1	1	1	0,00	0,1
Onderhoud	Huis	Accu schroefmachine	0,2	24	7	52	1	1,00	1,7
Onderhoud	Huis	Vergrootlamp Garage	60	1	1	1	1	0,00	0,1
Onderhoud	Huis	Hand houtdraaibank	230	1	1	1	1	0,00	0,2
Onderhoud	Huis	Lintzaagbank	550	1	1	1	1	0,00	0,6
Onderhoud	Huis	Slijp/bandschuurmachine	300	1	1	1	1	0,00	0,3
Vervoer	Fietsenhok	Oplader tbv elektrische fiets	145	1	7	48	2	0,04	97,4
Tuinieren	Tuin	Grasmaaimachine	500	1	1	10	1	0,00	5,0
Tuinieren	Tuin	Buxusknipmachine	250	1	1	5	1	0,00	1,3
Tuinieren	Tuin	Hogedruk reiniger	250	1	1	1	1	0,00	0,3

ICT/Media	Muziek	Radio cassette recorder garage	12	1	1	1	1	0,00	0,0
ICT/Media	Muziek	Radio CD speler huiskamer	6	2	7	48	1	0,08	4,0
ICT/Media	TV	Flatscreen TV huiskamer	81	5	7	48	1	0,19	136,1
ICT/Media	TV	Flatscreen TV slaapkamer	34	1	7	48	1	0,04	11,4
ICT/Media	TV	Kleuren TV kamer Es	150	1	1	1	1	0,00	0,2
ICT/Media	Computers	Computer Paul	40	3	7	48	1	0,12	40,3
ICT/Media	Computers	Computer Truus	40	3	7	48	1	0,12	40,3
ICT/Media	Computers	Laptop werk Paul	25	1	7	48	1	0,04	8,4
ICT/Media	Computers	laptop werk Truus	25	1	7	48	1	0,04	8,4
ICT/Media	Computers	Laptop prive	25	1	1	1	1	0,00	0,0
ICT/Media	Telefoon	Smartphone Truus	5	1	7	48	1	0,04	1,7
ICT/Media	Telefoon	Mobiel werk Paul	5	1	7	48	1	0,04	1,7
ICT/Media	Telefoon	Vaste telefoon Centrale	5	24	7	48	1	0,92	40,3
ICT/Media	Telefoon	Vaste telefoon toestel	2	24	7	48	3	0,92	48,4
ICT/Media	Muziek	DVD recorder huiskamer	5	24	7	48	1	0,92	40,3
								Totaal	2660,0

Gas

Rubriek	Plaats	Apparaat	Verbruik/stuk				Aantal	Jaarfractie	Jaarverbruik
			m ³ /uur	Uur/dag	Dag/week	Week/jaar	stuks		m ³ /jaar
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
....									
....									
....									 +
								totaal	(11)

Toelichting:

Op elke regel staan de gegevens van een apparaat. Bij meer dan 1 dezelfde apparaten kan onder "Aantal" een getal worden ingevuld.

(1) Rubrieken zijn bijvoorbeeld: Verwarming, Koken, Douchen

(2) Plaatsen zijn bijvoorbeeld: Huiskamer, Zolder, Badkamer, Keuken.

(3) Apparaten zijn bijvoorbeeld: CV ketel, Fornois, Geiser

(4) Verbruik in m³: gemeten (met de gasmeter) in m³ terwijl het apparaat aan staat

(5) Uur per dag dat het apparaat aan staat

(6) Dagen per week dat het apparaat die uren per dag aan staat

(7) Weken per jaar waarvoor dat apparaat die uren per dag aan staat

(8) Aantal apparaten van het zelfde type is die zelfde gebruikssituatie

(9) De vermenigvuldiging van (5),(6),(7) gedeeld door 24*7*52 geeft de jaarfractie

(10) De vermenigvuldiging van (4), (8) en (9) maal 24*7*52/1000 geeft het jaarverbruik in m³/jaar

(11) De optelsom van alle getallen berekend in kolom (10) is het totale jaarverbruik in m³/jaar

Opmerking:

De CV ketel verwarmt het hele huis. Om de bijdrage van elke ruimte hieraan zichtbaar te maken kan met de volgende vuistregels worden gewerkt:

- Ventilatie vergt circa 20% van de verwarmingscapaciteit
- Verwarming van de binnenruimte vergt circa 80% van de verwarmingscapaciteit
- De warmteverliezen zijn verdeeld naar rato van schil-oppervlakten en K waarden over de ruimten zoals die met het thermisch rekenmodel te berekenen zijn. Als alternatief daarvoor is bruikbaar:
De verliesbijdragen in die 80% zijn globaal : muren 20%, ramen 30%, vloeren 20%, dak 10%.

De inventarisatie in huis 1938 leverde het volgende resultaat voor GAS op:

Rubriek	Plaats	Apparaat	m3/ uur	Uur/ dag	Dag/ week	Week/ jaar	Stuks	Fractie	m3 /jaar
Koken	Huiskamer/ keuken	Fornuis ETNA	1,5	0,5	6	45	1	0,015453	203
Verwarming/ warm water	Studeerkamer	CV Combi ketel	3,5	2,5	7	30	1	0,060096	-
80%	3,1	Muur							57
	0,6	Muur+5cm schuim							11
	15,6	Spouwmuur							287
	0,0	Spouwmuur+5cm schuim							1
	0,0	Hout+5cm schuim							1
	0,6	Raam 1 pane							10
	30,8	Raam 2 pane							566
	0,3	Raam 3 pane							6
	0,8	Plat dak+5cm schuim							15
	0,9	Schuin dak+5cm schuim							17
	2,3	Plat dak							43
	4,7	Hout							86
	0,8	Vloer + 5cm schuim							14
\	19,4	betonvloer op zand							357
20%	20,0	VENTILATIE							368
Warm water	Douche	douchen	3,5	0,25	7	45	1	0,009014	276
Warm water	Keuken	afwassen	3,5	0,25	7	45	1	0,009014	276
								Totaal	2591

Water

Rubriek	Plaats	Tappunt	Verbruik /keer		Aantal		Jaar		verbruik
			Liter/min	Minuten/keer	Keer/dag	Dag/week	Week/jaar	fractie	m ³ /jaar
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
....									
....									
....									+
								totaal	(11)

Toelichting:

- (1) Rubrieken zijn bijvoorbeeld: Douchen, Wassen, WC
- (2) Plaatsen zijn bijvoorbeeld: Badkamer, Keuken
- (3) Tappunten zijn bijvoorbeeld: Geiser, buitenkraan
- (4) Verbruik in liter/minuut: gemeten (met de litermaat) in l/min terwijl het water loopt
- (5) Minuten dat uit het tappunt per keer water loopt
- (6) Aantal malen per dag dat uit het tappunt dat aantal minuten water loopt
- (7) Dagen per week dat het tappunt zo gebruikt wordt
- (8) Weken per jaar waarvoor dat apparaat die uren per dag aan staat
- (9) De vermenigvuldiging van (5),(6),(7) en (8) gedeeld door 60*24*7*52 geeft de jaarfractie
- (10) De vermenigvuldiging van (4) en (9) maal 60*24*7*52/1000 geeft het jaarverbruik in m³/jaar
- (11) De optelsom van alle getallen berekend in kolom (10) is het totale jaarverbruik in m³/jaar

De inventarisatie in huis 1938 leverde het volgende resultaat voor WATER op:

Rubriek	Plaats	Tappunt	Liter/min	Min/keer	Keer/dag	Dag/week	Week/jaar	Fractie	m3/jaar
Verwarming	Studeerkamer kast	Verwarmingsketel NEFIT	7	0,5	1	1	5	0,0000	0,018
Verzorging	Douche boven	Douche boven	7	10	1,5	7	48	0,0096	35,280
Verzorging	Douche boven	Wastafel boven	7	2	2	7	48	0,0026	9,408
Verzorging	Bijkeuken	Douche beneden	7	10	1	1	2	0,0000	0,140
Verzorging	Bijkeuken	Wastafel beneden	7	5	1	1	2	0,0000	0,070
Wassen	Bijkeuken	Wasmachine	7	7,5	2	1	48	0,0014	5,040
Schoon maken	Huiskamer/keuken	Aanrechtkraan	7	1,5	1	2	48	0,0003	1,008
Schoon maken	Huiskamer/keuken	Aanrechtkraan	7	1,5	1,5	7	48	0,0014	5,292
Koken	Huiskamer/keuken	Aanrechtkraan	7	0,5	1	7	48	0,0003	1,176
WC	WC beneden	WC beneden	7	1	12	7	48	0,0077	28,224
WC	WC boven	WC boven	7	1	4	7	48	0,0026	9,408
Tuin	Buiten	Buitenkraan	7	1	2	7	16	0,0004	1,568
								Totaal	96,632

BIJLAGE 2 – Opzetten van een Thermisch Rekenmodel

Toelichting:

Met een thermisch rekenmodel is een beeld van de warmtestromen van binnen het huis naar buiten te vormen. Die warmte stroomt weg door de “schil”, het buitenoppervlak. Die “schil” bestaat uit wanden, daken en vloeren die met de buitenlucht of de bodem in contact staan. Naar een aangrenzend huis dat ook verwarmd wordt stroomt zo weinig warmte weg dat dit verwaarloosd mag worden. De schil oppervlakken ($A_1, A_2, \dots$ enz.) zijn verdeeld over verschillende binnenruimten en kunnen verschillende “pakket constructies” hebben. Omdat zo’n pakket vaak uit meer lagen bestaat is het nodig van elke laag de warmteweerstand per vierkante meter (R_i) te bepalen. De warmtegeleiding (λ) van de materialen en de dikte (d) van de lagen zijn hierbij van belang. Materiaalgegevens zijn uit diverse bronnen te verkrijgen. Met de formule $R_i = d/\lambda$ is de weerstand per laag te bepalen. Opgeteld leveren de weerstanden van alle lagen in een pakket samen de warmteweerstand R_c van een vierkante meter pakket constructie op. Met de formule $U = 1/R_c$ is dan de warmtegeleiding per vierkante meter (U-waarde) voor een pakket constructie te berekenen. De warmtestroom door alle delen van de schil naar buiten wordt bepaald door het temperatuurverschil en door de totale warmtegeleiding door de schil (C_{totaal}). Daarvoor geldt de formule: $C_{\text{totaal}} = U_1 \cdot A_1 + U_2 \cdot A_2 + \dots + U_n \cdot A_n$. Samen met een gekozen waarde voor de temperaturen binnen en buiten is dan de warmtestroom $Q_{\text{totaal}} = C_{\text{totaal}} \cdot (T_{\text{binnen}} - T_{\text{buiten}})$ door de schil te berekenen. Met de gebruikte oppervlakken A_x per ruimte is ook het warmteverlies apart per ruimte te bepalen. Dan geldt voor ruimte x : $Q_x = A_x \cdot U_x \cdot (T_{\text{binnen}} - T_{\text{buiten}})$. Door de berekening op te splitsen over de aparte ruimten in het huis is te vinden waar de verliezen relatief groot zijn. Zo kan er op die plaatsen bijvoorbeeld meer isolatie worden aangebracht. Met een nieuwe berekening, met daarin de veranderde of nieuwe pakket constructies en oppervlakken, wordt het te verwachten effect van de verbeterde isolatie op de warmteverliezen zichtbaar. Tenslotte is in te schatten hoe goed het bereikte resultaat dan is via de berekening van enkele veel gebruikte kentallen.

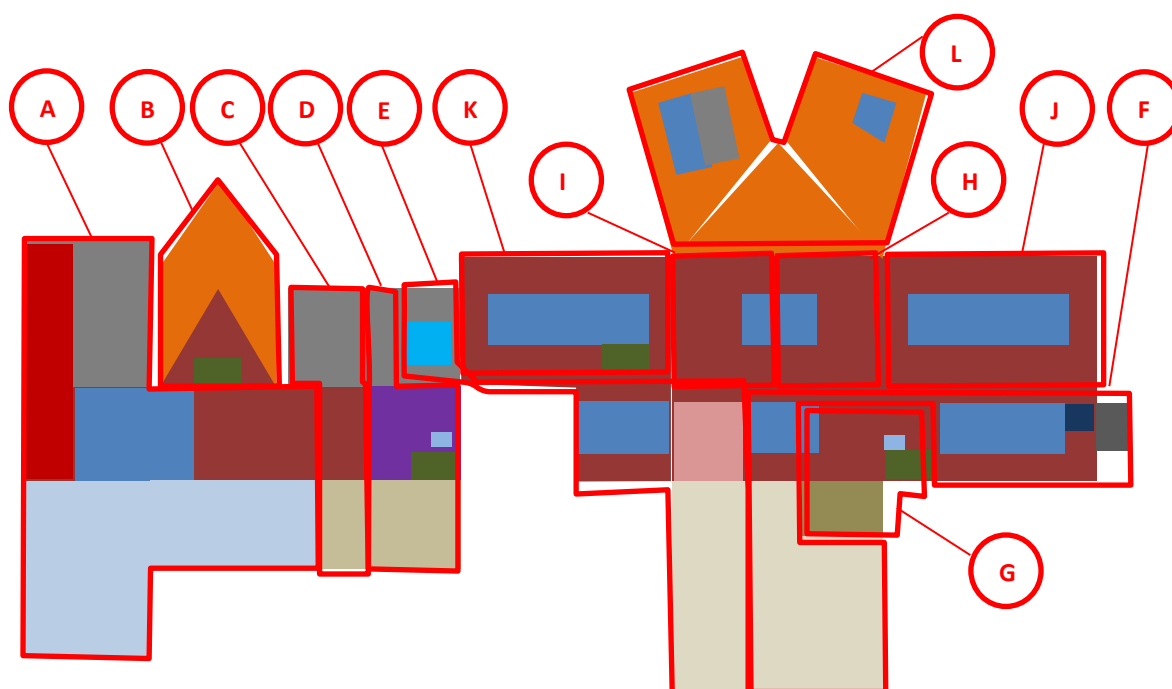
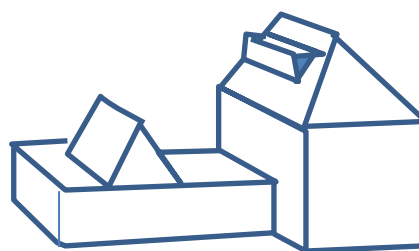
In acht stappen naar het energielabel:

Een rekenmodel van het eigen huis is in praktijk in acht stappen te maken. Het zelf inschatten van het energielabel van het eigen huis is daarmee mogelijk :

- 1-Maak een schil-plattegrond
- 2-Meet de oppervlakken
- 3-Inventariseer de lagen
- 4-Bereken de pakket U-waarden
- 5-Bereken het warmteverlies
- 6-Bekijk het verbeter effect
- 7-Vergelijk met kentallen
- 8-Schat het energie-label

1-Maak een “schil” plattegrond

Maak een plattegrond van de “schil “ van het huis en geef per binnenruimte aan welke soort buitenwand of dak “pakket constructies” er in is toegepast. Vereenvoudig de vorm van het huis en “klap het uit”.



nr	Pakket constructie	nr	Ruimte
1	Muur halfsteens	A	Studeerkamer
2	Muur +5cm EPS	B	Schuurzolder
3	Spouwmuur	C	Bijkeuken
4	Spouwmuur +5cm EPS	D	Hal+WC beneden
5	Lichtkoepels PC dubbel	E	Huiskamer achter
6	Raam 1 pane	F	Huiskamer voor
7	Raam 2 pane	G	Hal voor beneden
8	Raam 3 pane	H	Hal boven
9	Plat dak +5cm PUR	I	Douche boven
10	Schuin dak +5cm EPS	J	Slaapkamer voor
11	Hout dak erker	K	Slaapkamer achter
12	Hout	L	Zolder en dakkapel
13	Vloer + 5cm EPS		
14A	betonvloer op zand+hout		
14B	betonvloer op zand+tegels		
14C	granito vloer op zand		

2-Bepaal de oppervlakken.

Meet hoeveel oppervlak elk pakket in elke binnenruimte beslaat. Uit de optelling volgt het totale oppervlak waardoor warmteverlies optreedt: het schil oppervlak A_{verlies} .

Constructie in 2012		Schil oppervlak in m ² per ruimte												Schil m ²
nr	Soort	A Stud eerk amer	B Schr Zol der	C Bij Keu ken	D Hal+ WC Bene	E huis k Ach ter	F Huis kar voor	G Hal voor Bene	H Hal Bo ven	I Dou che Bov	J Slpk voor	K Slpk Ach ter	L Zold der+ dakkp	Tot per soort
1	Muur halfsteens	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0
2	Muur +5cm EPS	21,1	3,0	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	31,8
3	Spouwmuur	0,0	0,0	0,0	0,0	18,9	0,0	13,5	13,5	13,5	8,1	2,7	0,0	70,2
4	Spouwmuur +5cm EPS	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0
5	Lichtkoepels PC dubbel	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5
6	Raam 1 pane	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
7	Raam 2 pane	5,5	0,0	0,3	0,5	3,0	2,6	0,6	0,5	0,8	1,6	1,1	2,4	19,0
8	Raam 3 pane	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
9	Plat dak +5cm PUR	10,0	0,0	6,8	5,4	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	40,2
10	Schuin dak +5cm EPS	0,0	10,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,5	48,3
11	Hout dak erker	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0
12	Hout	1,1	0,4	0,0	0,4	0,8	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	4,0
13	Vloer + 5cm EPS	0,0	0,0	0,0	0,0	36,3	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,3
14A	betonvloer op zand+hout	19,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,5
14B	betonvloer op zand+tegels	0,0	0,0	6,8	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3
14C	granito vloer op zand	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0
	Schil m ² per ruimte	57,1	14,2	20,5	17,9	81,4	14,6	21,3	14,0	14,3	9,7	4,2	43,9	
Schil oppervlak, A _{verlies}														Totaal m2
														313,2

3-Inventariseer de lagen

Bepaal de thermische geleiding λ van de gebruikte pakket materialen, luchtsponen en hun laagdikte d. Bereken daaruit per laag de R_i -waarde per vierkante meter.

Laag	Code	Material	λ [W/mK]	d [m]	R_i waarde per m ² laag [m ² K/W]
1		Cement (binnenmuur)	0,93	0,01	0,011
2		Cement (buitenmuur,vochtig)	1,16	0,01	0,009
3		Kalkzandsteen (binnenmuur)	1,2	0,1	0,083
4		Rode baksteen (binnenmuur)	0,6	0,1	0,167
5		Rode baksteen (buitenmuur,vochtig)	0,78	0,1	0,128
6		Beton (vloeren begane grond)	1,4	0,1	0,071
7		Gipskartonplaat (voorzetwanden)	0,25	0,01	0,040
8		Gips stucwerk	0,25	0,005	0,020
9		Wand/vloertegels	1,2	0,005	0,004
10		Hardhout (deuren, sluitvlakken)	0,17	0,05	0,294
11		Multiplax	0,13	0,01	0,077
12		Spaanplaat	0,15	0,02	0,133
13		Naaldhout (kozijnen, dakbeschot, vloerplanken)	0,14	0,022	0,157
14		Polystyreen schuim (binnen)	0,035	0,05	1,429
15		PUR schuim (spouwmuuren, plat dak)	0,035	0,06	1,714
16		Kingspan Kooltherm	0,021	0,15	7,143
17		Luchtlaag 4 mm			0,090
18		Luchtlaag 6 -12 mm	0,025		0,150
19		Luchtlaag 25 -100mm			0,180
20		Kingspan Kooltherm	0,021	0,1	4,762
21		Luchtlaag inc, reflectie20-30mm			0,570
22		Overgang lucht->wand binnen Rsi			0,130
23		Overgang lucht->wand buiten Rse			0,040
24		PE folie 0,2 mm dikte			0,001
25		Pannen, panlatten			0,060
26		Dakbedekking / grind			0,060
27		Glas Enkel			0,170
28		Glas Dubbel			0,667
29		Glas 4-6-4-6-4mm (3-laags)			1,500
30		[geen]			
31		EPS Hoge dichtheid 12 cm	0,035	0,12	3,429
32		Koper	390	0,001	0,000
33		Aluminium	120	0,001	0,000
34		Roestvast staal	20	0,001	0,000
35		Glas	1,5	0,004	0,003
36		Water	0,6	0,001	0,002
37		Polycarbonaat lichtkoepel			0,357
38		Isolatie schuim / vlokken / wol	0,04	0,1	2,500
39		Zink	116	0,001	0,000
40		Lood	35	0,001	0,000
41		Aerogel deken	0,014	0,05	3,571

4-Bepaal de U-waarde voor elk pakket

Inventariseer uit welke lagen de verschillende pakketten in de buitenschil bestaan. Bereken per type pakket-constructie de R_c -waarde door optellen van R_i -waarden per laag.

Bereken dan de pakket U-waarde met de formule : $U=1/R_c$.

2012 VOOR TRANSITIE		Lagen opbouw (zie laag code in stap 3)								Pakket Rc-waarde	Pakket U-waarde
Pakket constructie										m2K/W	W/m2K
nr	Soort										
1	Muur halfsteens	5	8						0,148	6,747	
2	Muur+5cm EPS	5	8	14	7				1,617	0,619	
3	Spouwmuur	5	19	3	8				0,412	2,430	
4	Spouwmuur+5cm EPS	5	19	3	8	14	7		1,880	0,532	
5	Lichtkoepels PCdubbel	37							0,357	2,800	
6	Raam 1 pane	23	27	22					0,340	2,941	
7	Raam 2 pane	23	28	22					0,837	1,195	
8	Raam 3 pane	23	29	22					1,670	0,599	
9	Plat dak+5cm PUR	13	15	26					1,931	0,518	
10	Schuin dak+5cm EPS	25	13	14					1,646	0,608	
11	Hout dak erker	13	26						0,217	4,605	
12	Hout	10							0,294	3,400	
13	Vloer + 5cm EPS	14	13						1,586	0,631	
14A	betonvloer op zand+hout	6	7	13					0,269	3,723	
14B	betonvloer op zand+tegels	6	9						0,076	13,228	
14C	granito vloer op zand	6	9						0,076	13,228	

5-Bereken het warmte verlies

Kies een vaste temperatuur waarde van bijvoorbeeld $T_{\text{binnen}} = 20^\circ$ Celsius binnen, $T_{\text{buiten}} = -20^\circ$ Celsius voor de buitenlucht (vrije buitenmuren en daken) en neem $T_{\text{bodem}} = 10^\circ$ Celsius als gemiddelde bodem temperatuur (laagste vloeren). Hierbij geldt : $\Delta T = T_{\text{binnen}} - T_{\text{buiten}}$. Dit levert een indicatie van de maximaal weglekkende warmte in de winter. Bereken deze warmtestroom per type constructie x tussen binnenruimte en buitenlucht, of binnenruimte en bodem, bij de gekozen temperaturen, met de formule :

$$Q_x = A_x \cdot U_x \cdot (T_{\text{binnen}} - T_{\text{buiten}})$$

Uit de optelsom volgt het totale warmteverlies in winterse omstandigheden: Q_{totaal} .

[Opmerking: op vergelijkbare manier is een berekening per ruimte te maken door verder uit te splitsen. Zo is zelfs rekening met verschillende binnentemperaturen te houden.]

Berekening van warmteverliezen					
Pakket nr	Huis 1938 in oktober 2012	Delta T	Opper-Vlak A_x	Pakket U_x -waarde	Warmte Verlies Q_x
	Soort packet constructie	[K]	[m ²]	[W/m ² K]	[W]
1	Muur halfsteens	40	4,0	6,747	1079,6
2	Muur+5cm EPS	40	31,8	0,619	787,0
3	Spouwmuur	40	70,2	2,430	6823,2
4	Spouwmuur+5cm EPS	40	5,0	0,532	106,4
5	Lichtkoepels PC dubbel	40	2,5	2,800	280,0
6	Raam 1 pane	40	0,3	2,941	29,4
7	Raam 2 pane	40	19,0	1,195	908,8
8	Raam 3 pane	40	1,0	0,599	24,0
9	Plat dak+5cm PUR	40	40,2	0,518	831,5
10	Schuin dak+5cm EPS	40	48,3	0,608	1174,0
11	Hout dak erker	40	2,0	4,605	368,4
12	Hout	40	4,0	3,400	544,0
13	Vloer + 5cm EPS	10	45,3	0,631	285,4
14A	betonvloer op zand+hout	10	19,5	3,723	724,2
14B	betonvloer op zand+tegels	10	14,3	13,228	1885,0
14C	granito vloer op zand	10	6,0	13,228	793,7
	Benodigde verwarmingscapaciteit		kW	Q_{totaal}	16,6

6-Bekijk het verbeter effect

Meer isolatie, andere wandconstructies, nieuwe beglazing en andere maatregelen zijn van te voren door te rekenen met het rekenmodel. Breidt de lijst met laag eigenschappen uit en maak nieuwe pakket combinaties aan. Stel de oppervlakken per ruimte en per pakket bij en bepaal opnieuw de warmteverliezen.

Zo is een vergelijking van warmteverliezen voor en na de transitie mogelijk.

	2012 VOOR TR				2016 NA TR			
	Warmteverliezen [W]			[W]	Warmteverliezen [W]			[W]
1	Muur halfsteens			1080	Muur halfsteens+5cmEPS			53
2	Muur+5cm EPS			787	Muur+5cm EPS/10 cm EPS			418
3	Spouwmuur			6823	Spouwmuur + isolatie			1443
4	Spouwmuur+5cm EPS			106	Spouwmuur+5cm EPS/10cmEPS			59
5	Lichtkoepels PC dubbel			280	Lichtkoepels PC 3 pane			100
6	Raam 1 pane			29	Raam 1 pane / 2 pane			15
7	Raam 2 pane			909	Raam 2 pane / 3 pane			657
8	Raam 3 pane			24	Raam 3 pane			24
9	Plat dak+5cm PUR			832	Plat dak+5cm PUR			832
10	Schuin dak+5cm EPS			1174	Schuin dak+5cm EPS compleet			620
11	Hout dak erker			368	Hout dak erker+5cm EPS			46
12	Hout			544	Hout +5cm EPS			89
13	Vloer kruipruimte + 5cm EPS			285	Vloer beton + 12cm EPS			97
14A	betonvloer op zand+hout			724	betonvloer op zand+hout			724
14B	betonvloer op zand+tegels			1885	betonvloer op zand+tegels			1885
14C	granito vloer op zand			794	granito vloer op zand			794
	kW totaal			16,6	kW totaal			7,9

7-Vergelijk met kentallen

Het bereikte resultaat na de maatregelen is met verschillende kentallen te vergelijken. Zo is te zien hoe 'goed' het resultaat is.

Een eenvoudig zelf te bepalen kental is de globale K-waarde. Deze laat zich met een grafiek vergelijken met diverse andere kentallen. Om de K-waarde te berekenen zijn twee gegevens nodig: de totale warmtegeleiding C_{totaal} en het totale schil oppervlak A_{verlies} . Dit oppervlak is in stap 2 bepaald. Rest nog te berekenen wat C_{totaal} is. Deze wordt gevonden uit de optelsom van de vermenigvuldiging Ax / Rx per pakket constructie zoals hieronder aangegeven in de tabel.

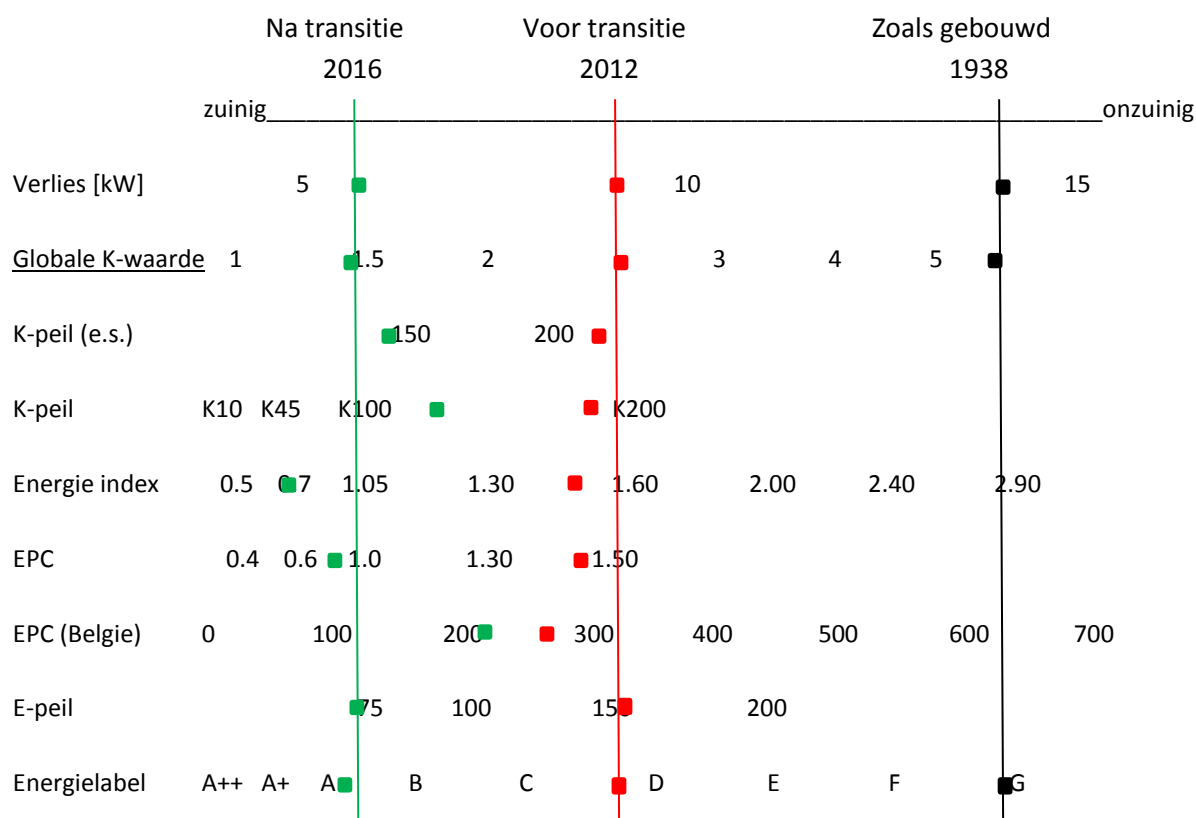
			1938 BOUW			2012 VOOR			2016 NA TRANSITIE		
			Pakket	Schil		Pakket	Schil		Pakket	Schil	
			Rwaarde	opper		Rwaarde	opper		Rwaarde	opper	
Schil			m2K/W	vlak		m2K/W	vlak		m2K/W	vlak	
nr	Soort (2012 situatie)		Rx	Ax	Ax / Rx	Rx	Ax	Ax / Rx	Rx	Ax	Ax / Rx
1	Muur halfsteens		0,148	4,0	26,990	0,148	4,0	26,990	3,005	4,0	1,331
2	Muur+5cm EPS					1,617	31,8	19,675	3,045	31,8	10,445
3	Spouwmuur		0,412	70,2	170,579	0,412	70,2	170,579	1,946	70,2	36,077
4	Spouwmuur+5cm EPS		0,412	5,0	12,150	1,880	5,0	2,659	3,414	5,0	1,464
5	Lichtkoepels PCdubbel					0,357	2,5	7,000	0,997	2,5	2,507
6	Raam 1 pane		0,040	0,3	6,250	0,340	0,3	0,735	0,660	0,3	0,379
7	Raam 2 pane		0,040	10,0	250,000	0,837	19,0	22,721	1,157	19,0	16,435
8	Raam 3 pane		0,040	1,0	25,000	1,670	1,0	0,599	1,670	1,0	0,599
9	Plat dak+5cm PUR		0,217	10,0	46,053	1,931	40,2	20,788	1,931	40,2	20,788
10	Schuin dak+5cm EPS		0,257	53,0	206,111	1,646	48,3	29,349	3,114	48,3	15,509
11	Hout dak erker		0,217	2,0	9,211	0,217	2,0	9,211	1,723	2,0	1,161
12	Hout		0,294	4,0	13,600	0,294	4,0	13,600	1,800	4,0	2,223
13	Vloer + 5cm EPS		0,157	40,0	254,545	1,586	45,3	28,536	4,657	45,3	9,716
14A	betonvloer op zand+hout		0,229	4,0	17,500	0,269	19,5	72,420	0,269	19,5	72,420
14B	betonvloer op zand+tegels					0,076	14,3	188,504	0,076	14,3	188,504
14C	granito vloer op zand		0,076	6,0	79,370	0,076	6,0	79,370	0,076	6,0	79,370
	A schil totaal			209,5			313,2			313,2	
	C-totaal W/K				1117,4			692,7			458,9

De Globale K-waarde = $C_{\text{totaal}} / A_{\text{verlies}}$ is uitgedrukt in Watt per m² per graad Celsius. Hij is goed te vergelijken met diverse gangbare kentallen. In feite is het de warmtegeleiding gemiddeld over de hele schil genomen, van binnen naar buiten.

Voor huis 1938 leidt de berekening van K-globaal tot het volgende :

Jaar	C_{totaal} [W/K]	A_{verlies} [m ²]	Globale K-waarde [W/m ² K]
1938	1117,4	209,5	5,33
2012	692,7	313,2	2,21
2016	458,9	313,2	1,47

8-Schat het energielabel



Zwart: huis 1938 zoals gebouwd

Rood: situatie voor de transitie in 2012

Groen: na de transitie in 2016

Deze vergelijking van diverse berekende en eerder vastgestelde kentallen voor huis 1938 laat zien dat met de **globale K-waarde** een eerste voorspelling van het te verwachten energielabel mogelijk is. Ligt die waarde onder $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ dan zal het energielabel A waarschijnlijk worden gehaald.

—•—