



“Energie neutraal bouwen in de praktijk”



Auteurs:
J.S. Boersma
W. Huisjes

Datum:
14 maart 2012



Onderzoeksrapport

“Energie neutraal bouwen in de praktijk”

“Wat bepaalt of een woning ‘energie neutraal’ is? Welke ontwerpstrategieën en bepalingsmethode kunnen en zijn gebruikt bij de gerealiseerde energie neutrale woningen? Komen de werkelijke gemeten energiegebruiken van een woning overeen met de bepalingsmethode?”

Auteurs

J.S. Boersma (Jeroen)
Wolweverstraat 4b
8011 NW Zwolle
Tel: 06 15263362

W. Huisjes (Wouter)
E.H. Meyerinkstraat 5
7695 SP Bruchterveld
Tel: 06 15280429

Onderwijsinstelling

Christelijke Hogeschool Windesheim
School Built Environment & Transport
Campus 2 – 6
Postbus 10090
8000 GB Zwolle
Tel: 038 4699857

Schoolbegeleiders

Drs. Ing. H.M. Nieman (Harry)
Ir. B.J.M. Slot (Bert)

Afstudeerbedrijf

Nieman Raadgevende Ingenieurs
Dr. Van Lookeren Campagneweg 16
8025 BX Zwolle
Postbus 40147
8004 DC Zwolle
Tel: 038 4670030
Fax: 038 4670040

Bedrijfsbegeleiders

Ing. J.J.P. van Dalen (Jan Pieter)
Ing. A.F. Kruithof (André)

Datum

2012



Voorwoord

Het rapport “Energie neutraal bouwen in de praktijk” beschrijft het onderzoek van het afstudeerproject dat is uitgevoerd tijdens het vierde jaar van de opleiding bouwkunde aan de Christelijke Hogeschool Windesheim te Zwolle. Het afstudeerproject is het praktische gedeelte van het laatste halfjaar van de opleiding. Het rapport is geschreven door Jeroen Boersma en Wouter Huisjes met de afstudeerrichting energie en duurzaamheid. Het onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met Nieman Raadgevende Ingenieurs te Zwolle.

Het afstudeeronderzoek is uitgevoerd in de periode september 2011 tot en met maart 2012. Van september tot en met oktober heeft een uitgebreide studie plaatsgevonden naar de invullingen van de definitie ‘energie neutraal’, energie ontwerpstrategieën, energie bepalingsmethodes en de invloeden op het energiegebruik. Vanaf november is contact gezocht met de eigenaren van energiezuinige / energie neutrale woningen om de berekening en het werkelijke energiegebruik voor het onderzoek “Energie neutraal bouwen in de praktijk” te mogen gebruiken. Bij een aantal woningen is het energiegebruik gemonitord van verschillende en huishoudelijke apparaten over een periode van 2 á 3 weken. Van de woningen is een vergelijking gemaakt tussen het berekende en het werkelijke energiegebruik. Bij de vergelijking is onderzocht of de ambitie van de woning in de werkelijkheid voldoen. Welke woningen zijn ‘energie neutraal’ of vormen een goede basis om in de toekomst ‘energie neutraal’ gemaakt te kunnen worden?

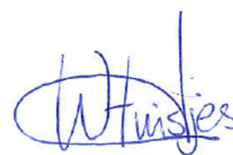
Langs deze weg willen wij alle mensen bedanken die een inbreng hebben gehad in het onderzoek “Energie neutraal bouwen in de praktijk”. In het bijzonder zijn wij veel dank verschuldigd aan eigenaren / bewoners van de woningen, die dit onderzoek mede mogelijk hebben gemaakt. Jos Rademakers (Ons passiefhuis, Oijen), Pieter Weijnen en Renske Feikema (Steigereiland 2.0, Amsterdam), Gerben Bos (Passiefhuis, Utrecht), Herman Eijpe (Energiebalanswoning, Amersfoort), Ronald Serné (Nulwoning, Groenlo), Martin Oomen, Woonstad Rotterdam (Sleephellingstraat, Rotterdam), Jos Ensink (Koopmans B.V. Klimaatneutrale woning, Almere), Francios Höppener (Passiefhuis, Selfkant Duitsland), Fred Kessels (Passiefhuisnu, Swalmen), Lieven Hollevoet en Katleen Quintyn (Energiezuinige woning, België)

Speciaal gaat onze dank uit naar de heren drs. ing. H.M. Nieman en ir. B.J.M. Slot, die ons begeleid hebben vanuit school. Daarnaast zijn we veel dank verschuldigd aan onze bedrijfsbegeleiders de heren ing. J.J.P. van Dalen en ing. A.F. Kruithof voor hun begeleiding en adviezen. Tot slot willen wij alle collega's van Nieman Raadgevende Ingenieurs bedanken voor de adviezen en documentatie.

Zwolle, 14 maart 2012



J.S. Boersma



W. Huisjes



Inhoudsopgave

Voorwoord	1
Inhoudsopgave	3
Samenvatting	5
Summary	9
Begrippenlijst	13
1 Inleiding	17
2 Onderzoeksofzet	19
2.1 Aanleiding	19
2.2 Probleemstelling	19
2.3 Probleemanalyse	19
2.4 Onderzoeksvragen	20
2.5 Plan van aanpak	21
2.6 Onderzoeksmodel	22
3 Definitie ‘energieneutraal’ bouwen	25
3.1 Verschillende begrippen met verschillende definities?	25
3.2 Definiëring van het begrip ‘energieneutraal’	27
3.3 Conclusie	29
4 Strategie ‘energieneutraal’ ontwerpen	31
4.1 Kyoto Piramide	31
4.2 Trias Energetica / Nieuwe stappenstrategie	32
4.3 Conclusie	33
5 Energie bepalingsmethodes	35
5.1 EPW	35
5.2 PHPP	36
5.3 Conclusie	37
6 Energiegebruik	39
6.1 Algemene invloeden	39
6.2 Gebouwgebonden	39
6.3 Gebruikersgebonden	42
6.4 Energiebesparingen	42
6.5 Energieopbrengsten	44
6.6 Conclusie	44

7	Gerealiseerde woningen	47
7.1	Waarom deze woningen?	47
7.2	Oijen, Ons passiefhuis	47
7.3	Almere, Columbuskwartier	48
7.4	Selfkant, Passiefhuis (Duitsland)	49
7.5	Utrecht, Passiefhuis	50
7.6	Groenlo, Nulwoning	51
7.7	Amersfoort, Energiebalanswoning	52
7.8	Amsterdam, Steigereiland 2.0	53
7.9	Swalmen, Passiefhuisnu	54
7.10	Rotterdam, Appartementen Sleephellingstraat	54
7.11	Oostende, Energiezuinig (België)	55
7.12	Conclusie	56
8.	Vergelijking energiegebruik	59
8.1	Totaal energiegebruik	59
8.2	Ruimteverwarming + warmtapwater	60
8.3	Ruimteverwarming	62
8.4	Warmtapwater	64
8.5	Hulpenergie	66
8.6	Huishoudelijk	69
8.7	Energieopbrengst	71
8.8	Conclusie	74
9	‘Energie neutraal?’	77
9.1	‘Energie neutraal?’	77
9.2	Haalbaarheid	78
9.3	Conclusie	80
10	Conclusie en aanbevelingen	81
10.1	Conclusies	81
10.2	Aanbevelingen	84
	Literatuurlijst	85
	Bijlage I: Totaal overzicht gerealiseerde woningen	I
	Bijlage II: Vergelijking energiegebruik per woning	III
	Bijlage III: Interne warmtelast	V

Samenvatting

In samenwerking met Nieman Raadgevende Ingenieurs te Zwolle, is onderzoek gedaan naar energieneutrale woningen en de vraag in hoeverre het berekende energiegebruik overeenkomt met het werkelijke energiegebruik. Het onderzoek is uitgevoerd om een betere inschatting te kunnen maken van het toekomstige energiegebruik van energieneutrale woningen.

In Nederland worden veel verschillende begrippen gebruikt om een energie- of klimaatambitie voor een woning te omschrijven. In het werkveld worden onder andere de volgende begrippen gebruikt: EPC = 0, Energieneutraal, Energieleverend, CO₂-neutraal en Klimaatneutraal. Aan de hand van de door de overheid opgestelde richtlijnen, hebben wij onze definitie voor een energieneutrale woning vastgesteld. “De warmtevraag van een energieneutrale woning moet beperkt worden tot maximaal 15 kWh/m² (passiefhuisniveau). Bij het minimaliseren van de warmtevraag moet de woonkwaliteit centraal staan. De totale energievraag van de woning moet geminimaliseerd worden door zoveel mogelijk ontwerp gerelateerde maatregelen toe te passen, dit betekend zoveel mogelijk bewoners onafhankelijk. Een energieneutrale woning mag over een jaar gemeten, niet meer dan nul kilowattuur energie gebruiken. De elektriciteit voor een energieneutrale woning wordt opgewekt uit duurzame energie: windkracht, zonlicht, aardwarmte en omgevingswarmte. Dat betekent dat de geleverde elektriciteit vanuit het elektriciteitsnet, groene stroom moet zijn. Biomassa mag alleen worden toegepast als dit duurzaam geproduceerd wordt (herplanting). Een energieneutrale woning voldoet aan de definitie energieneutraal als zowel het gebouwgebonden als het gebruikersgebonden energiegebruik lokaal en duurzaam worden opgewekt, tijdens de gebruiksfase.”

Gedurende de ontwerpfase van een woning kan gebruik worden gemaakt van verschillende ontwerpstrategieën om het energiegebruik te verminderen. Hoe lager het energiegebruik is, hoe minder energieopwekking er nodig is om aan de eis voor ‘energieneutraal’ te voldoen. Voor dit onderzoek zijn de volgende ontwerpstrategieën onderzocht: de Trias Energetica / Nieuwe Stappen strategie en de Kyoto Piramide. Op basis van de ontwerpstrategie worden de maatregelen bepaald om een energieneutrale woning te realiseren. De twee ontwerpstrategieën hebben als doel om een energiezuinige woning te ontwerpen. In de Kyoto Piramide zijn de stappen voor ‘passieve zonne-energie’ en de stap ‘weergave en beheer van de energie’ opgenomen. Deze twee stappen maken geen deel uit van de Nieuwe stappenstrategie. De stap voor ‘weergave en beheer van de energiegebruik’ is nodig bij het controleren en sturen op het energiegebruik in energieneutrale woningen. In de Kyoto Piramide moet de stap ‘selecteer energiebron’ vervangen worden door ‘opwekken duurzame energie’. Door de stap te vervangen sluit de ontwerpstrategie aan bij het realiseren van energieneutrale woningen.

De twee veel gebruikte bepalingsmethodes voor het toetsen van de gestelde eisen aan een ontwerp, zijn de EPW (energieprestatienorm van woonfuncties en woongebouwen) en de PHPP (Passivhaus Projektierungs Paket). De bepalingsmethodes hebben allebei een ander doel. De EPW toetst hoe energiezuinig de woning is ten opzichte van in het bouwbesluit vastgesteld waarde. PHPP berekent aan de hand van fysische parameters een zo realistisch mogelijke benadering van het toekomstige energiegebruik van een woning. Beide bepalingsmethodes kunnen gebruikt worden om een berekening te maken voor een energieneutrale woning. Met de EPW kan het gebouwgebonden energiegebruik worden berekend. Voor het gebruikersgebonden energiegebruik moet bij de EPW methode een aanname worden meegenomen om het totale energiegebruik van een woning te bepalen. Met een PHPP berekening kan het totale energiegebruik berekend worden. Het gebruikersgebonden energiegebruik wordt in dit geval berekend op basis van aantal gebruikers, aanwezige huishoudelijke apparaten en type verlichting in de woning.

De energiebehoefte van een energieneutrale woning wordt beïnvloed door het gedrag en de gezinssamenstelling van de bewoners, evenals door het klimaat en de kwaliteit van de woning. Het ruimtelijk ontwerp, de bouw- en installatietechnische eigenschappen zijn van invloed op het gebouwgebonden energiegebruik. Het gebruik van huishoudelijke apparaten en verlichting vormen samen het gebruikersgebonden energiegebruik. De maatregelen zoals de douchewater-WTW, zonnecollectoren, hotfill en kleine huishoudelijke maatregelen zorgen voor een energiebesparing. De energieopbrengsten van de windturbine of PV-panelen zijn weer- en plaats afhankelijk.

Voor dit onderzoek zijn woningen onderzocht die in de ontwerpfase een ambitie hebben om energiezuinige, energiebalans of energieneutrale woning te realiseren. Bij de woningen is niet alleen het energiegebruik belangrijk, maar ook de ambitie om een duurzame, gezond binnenklimaat, hoog comfort en financieel voordelige woning te realiseren. De warmtevraag voor de onderzochte woningen is berekend met de PHPP berekening. Bij een aantal woningen is ook het totale primaire energiegebruik berekend met de PHPP berekening. Bij de energiebalanswoning in Amersfoort is het energiegebruik niet berekend met de PHPP berekening, maar alleen een EPW berekening. Als het totaal energiegebruik niet berekend is met de PHPP berekening, is het energiegebruik gebaseerd op basis van aannames van adviseur of de bewoner. De passiehuizen zijn altijd voorzien van een goed geïsoleerde gebouwschil (R_c 5 t/m 12,5 m²K/W). De werkelijk gemeten luchtdichtheid van de onderzochte passiehuizen ligt lager dan 0,6/h⁻¹, bij de woning in Selfkant is de werkelijk gemeten luchtdichtheid zelfs 0,09/h⁻¹. De woningen zijn bijna allemaal voorzien van gebalanceerd ventilatiesysteem met een WTW-unit. De demonstratiewoning in Almere is voorzien van natuurlijke toevoer / mechanische afvoer. Van de tien onderzochte woningen zijn zoveel mogelijk de energiegebruik- en opbrengstgegevens verzameld. Bij de woningen in Oijen en Utrecht zijn metingen van het energiegebruik van enkele huishoudelijke apparaten en installaties twee á drie weken gemonitord.

Van het energiegebruik zover mogelijk een vergelijking gemaakt tussen het berekende energiegebruik en het werkelijke energiegebruik voor ruimteverwarming, warmtapwater, hulpenergie, huishoudelijk en de energieopbrengsten.

- In meerdere woningen levert een warmtepomp, pelletkachel of gasketel zowel de warmte voor ruimteverwarming als voor warmtapwater. Hierdoor is het lastig om onderscheid te maken tussen de geleverde warmte voor ruimteverwarming en warmtapwater. Bij de woningen in Amsterdam en Selfkant is het werkelijk energiegebruik door de pelletkachel voor ruimteverwarming en warmtapwater veel hoger dan berekend. In dit onderzoek is het functioneren van de pelletkachel en de warmtepomp niet nader onderzocht, is uitgegaan van de aangegeven fabriekswaarde. Hierdoor is de werkelijke geleverde warmte van de installatie niet volledig betrouwbaar. Om een volledig betrouwbaar beeld te kunnen geven zullen metingen moet worden gedaan naar de werkelijk opgewerkte warmte.
- Het referentieklimaat 'De Bilt' in de PHPP berekening gaat uit van 3075 graaddagen per stookseizoen oktober t/m 26 april. De werkelijk gemeten graaddagen in 'De Bilt' zijn over de periode oktober t/m april in de jaren 2009,2010 en 2011 gemiddeld 2930 graaddagen.
- De werkelijk interne warmtebron is van veel factoren afhankelijk, bij benadering van de werkelijke interne warmte op basis van het jaarlijkse energiegebruik en aantal personen, zal de interne warmte bij de woningen hoger dan 2,1 W/m² (PHPP) en lager dan 6,0 W/m² (EPW) zijn. Voor de toekomstige energieneutrale woningen zal naar de interne warmte verder onderzoek gedaan moeten worden.
- Het energiegebruik voor warmtapwater is bij bepaalde woningen gebaseerd op een aanname 1800 kWh van 'Milieu centraal' voor een gemiddeld huishouden van 2,3 personen. De aanname

voor het energiegebruik is gecorrigeerd op de werkelijke gezinssamenstelling. In dit onderzoek is het functioneren van de zonnecollectoren niet nader onderzocht, er is uitgegaan van de aangegeven fabriekswaarde. Hierdoor is de werkelijke energiebesparing door de zonnecollectoren niet volledig betrouwbaar. Om een volledig betrouwbaar beeld te kunnen creëren, zal hiernaar nader onderzoek naar gedaan moeten worden.

- Bij de woningen is de werkelijke ventilatiecapaciteit lager of gelijk aan de berekende ventilatiecapaciteit. Door een lagere ventilatiecapaciteit is het werkelijk energiegebruik voor ventilatie ook lager dan berekend. De verhouding tussen de ventilatiecapaciteit en het energiegebruik ligt in de werkelijkheid rond de 0,21 Wh/m³.
- Het werkelijke huishoudelijke energiegebruik is vergeleken met het gemiddelde Nederlands huishoudelijk energie. Het verschil tussen het gemiddelde Nederlands huishoudelijk energie (3.990 kWh) en het werkelijk energiegebruik (4.714 kWh) van de onderzochte woningen is ongeveer 724 kWh. Het hogere energiegebruik voor huishoudelijk en hulpenergie wordt waarschijnlijk veroorzaakt door meerdere installaties en elektrisch koken. Bij enkele woningen is met de PHPP berekening het huishoudelijk energiegebruik berekend. Als alle werkelijke aanwezige huishoudelijke apparaten zijn ingevoerd komt het in PHPP berekende energiegebruik overeen met het werkelijke energiegebruik.
- De vooraf aangenomen energieopbrengst van de PV-panelen, is bij elke woning verschillend en daarom niet voor dit onderzoek gebruikt. De woningen waar PV-panelen zijn toegepast, is het Watt piekvermogen (Wp) en de jaarlijkse energieopbrengst bekend. Om de woningen met elkaar te kunnen vergelijken, is de energieopbrengst gecorrigeerd naar 1000 kWh/m² globale straling. De 1000 kWh/m² is de gemiddelde globale straling in Nederland. De verhouding tussen het Wp en de werkelijke energieopbrengst ligt bij de onderzochte projecten tussen de 0,64 en de 1,05. Het verschil is veroorzaakt door de hellingshoek, -richting en omvormer van de PV-panelen. De gemiddelde verhouding van de onderzochte woningen is 0,81.
- Twee van de onderzochte woningen zijn voorzien van Donqi Urban windturbines. Uitgaande van jaarlijkse gemiddelde windsnelheid, voldoet de werkelijke energieopbrengst van de windturbines niet aan de verwachte energieopbrengst.

Als laatste zijn alle gerealiseerde woningen onderzocht op de haalbaarheid van 'energieneutraal'. Is de woning al 'energieneutraal' of kan vormt de woning een goede basis om in de toekomst 'energieneutraal' gemaakt te kunnen worden. De Nulwoning in Groenlo is de enige woning die 'energieneutraal' is. De woning kan zelfs gedefinieerd worden als 'energieleverende' of 'energieplus' woning. De woning in Utrecht vormt een goede basis om in de toekomst een 'energieneutrale woning' van te maken. De woning heeft een laag energiegebruik. Door in de toekomst PV-panelen te plaatsen, is de woning op relatief eenvoudige wijze 'energieneutraal' te maken. Om alle onderzochte woningen 'energieneutraal' te maken moet meer aandacht besteed worden aan energiebesparing en een hoger energieopbrengst realiseren, bijvoorbeeld door een hogere opbrengst per m² PV-paneel of windturbines verbeteren.



Summary

In cooperation with the consultancy company Nieman R.I. located in Zwolle a research on the energy neutral houses have been made. The question is how accuracy the calculated energy consumption is verses the actual energy consumption. This investigation is conducted to be able to make a more reliable estimation of the future energy consumption of energy neutral houses.

In the Netherlands there are a number of different definitions to specify the energy or house climate behaviour. Amongst others, the following definitions are being used in professional services: EPC = 0, near-zero energy building, energy-plus buildings, CO₂ zero and climate neutral. Using the guidelines established by the government, for this research a definition has been made for a zero based energy building stating "The energy demand of an energy neutral house is limited to maximum 15 kWh/m³ (passive house level). The total energy demand needs to be minimalized by measures that are as much as possible residents independent. The aim is primary the quality of living when minimalizing the energy demand. Measured over one year, a zero balanced energy building should have an energy consumption of close to zero kilowatt hours of primary energy". The energy used by a "zero based energy building" is generated from renewable energy sources like wind, sunlight, geothermal heat and ambient heat. As consequence the electricity used from the grid needs to be so called green energy. Energy generated from biomass can only be used if the biomass is sustainable generated (re planting). The label "energy neutral building" can only be given if the building-related energy as well as the user related energy consumption is generated locally and sustainable during its operational use."

During the design phase of a house, various design strategies can be used for reducing the energy consumption. The lower the energy use the less need for energy generation to meet the energy neutral specification. In this report is examined the following design strategies: the Trias Energetica / New stepping strategy and the Kyoto Pyramid. Based on the design strategy measures are taken to create a zero balanced energy building. The two design strategies are aiming for a design of an energy efficient house. The less energy is being used, the less energy is required to meet the demand for the energy zero standards. The Kyoto Pyramid includes the topics passive solar energy, the display of energy consumption and the management of energy use. These topics are not part of the "Nieuwe stappen strategy". The subjects "display" and "energy management" are needed for monitoring and controlling the energy neutral buildings. By replacing these steps the Kyoto Pyramid better achieves the realisation of the energy neutral buildings.

The two most common used determination methods for verifying a design and the verification if it meets the requirements are, the EPW (energieprestatienorm van woonfuncties en woongebouwen = energy performance standard for houses and buildings) and the PHPP (Passive House Planning Package). The determination methods both have different purposes. The EPW verifies the energy efficiency of the buildings based on the valid NEN-standards and a declaration of conformity for products. PHPP determination is based on the physical parameters and a realistic approximation of the future energy consumption of the designed building. The two determinations methods can both be used for the calculations of a "zero balanced energy building. The EPW can calculated the energy consumption of building and with this method an assumptions of the user-related energy consumption can be made to achieve a full zero balanced energy building. The PHPP method can calculate the total primary energy being used. For this method the user-related energy consumption is based on the number of users, the type of installed household appliances and the house lighting plan.

The energy consumption of an energy neutral building is generally determined by the number of residents, their behaviour as by the climate and the quality of the houses.

The spatial design, the construction elements and installation components have effect on the building-related energy consumption. The use of household appliances and the lighting elements are together the user-related energy consumption. Energy conservation measures such as shower water heat recovery, hotfill and small household measures ensure that the energy demands decrease. The energy supply generated by wind turbine or PV-panels are weather and location depending.

During the research a number of projects have been examined that are aiming for a reduced energy consumption, energy saving, or a nearly-zero energy to zero energy building. For each house is described which determination method and design strategy is being used. As far as possible for the houses under investigation there has been requested the energy consumption and the generated energy.

The spatial design, construction and installed technical components will affect the building-related energy consumption. The use of household appliances and lighting are compensating the user-related energy use. Measures such as the shower water heat recovery, solar collectors, and small household hotfill ensures energy saving. The energy yield of wind turbine or PV panels are weather and location dependent.

This study has been using housing designs that had the goal for saving energy, being energy balanced or creating energy-neutral buildings. For houses, in addition to energy consumption, it is also important to target for sustainability, a healthy indoor climate, comfort and financially affordable housing. For passive houses, the heat calculated need to be done using the PHPP calculation. The energy balanced houses in Amersfoort are calculated using an EPW calculation. For a number of passive houses the total primary energy is calculated with the PHPP calculation. For the cases that the total energy is not calculated with the PHPP calculation, the energy consumption is based on the assumptions of a consultant or by the estimation of the resident. The passive houses are always supplied with a well-insulated building envelope ($R_c \geq 5 \text{ t/m}^2 \text{ K/W}$). The airtightness of the passive house is less than $0,6 \text{ /h}^{-1}$. For the house at "Selfkant" is the airtightness $0,09 \text{ /h}^{-1}$. Nearly all of the houses are equipped with a balanced ventilation system with a heat recovery unit. The pilot house at the Almere has a natural ventilation and a mechanical forced ventilation system. For ten houses is as much as possible the data collected for the energy use and the energy gain of the buildings. For the houses at Oijen and Utrecht the energy of some household appliances and installations have been measurement and monitored during 2 to 3 weeks.

For the energy consumption a comparison has been made between the calculated energy and actual energy being used for interior heating, the hot water supply, household equipment, return of household heat waste and energy gain.

- In a number of buildings the heat pump, the pellet stove or the gas boiler delivered the interior heating and also the heat for the hot water supply. This makes it difficult to distinguish between the supplied for interior heating and the energy for the domestic hot water supply. For the houses in Amsterdam and Selfkant is the actually energy consumption for the pellet stove that is used for interior heating and hot water much higher than been calculated. In this study the functioning of the pellet stove and the heat pump has not been further investigated, the specified default values listed by the manufacture have been used. As a result, the actual delivered heat by the installation is not very reliable. For reliable values, measurements of the efficiency have to be made.
- The referenced climate values 'De Bilt' in the PHPP calculation assumes 3,075 heating demand days per year for the period October till 26 April. For the period October till April in the years

2009, 2010 and 2011 the actual measured heat demand days in 'De Bilt' had an average of 2930 days per year.

- The actual internal heat source depends on many factors, the approximation of the internal heat is based on the annual energy consumption and the number of persons, the internal heat in the houses will not be higher than 2.1 W/m^2 (PHPP) and not lower than 6.0 W/m^2 (EPW). For the future calculations of energy neutral buildings further internal heat research should be performed.
- In a number of houses for the hot water supply an assumption of 1800 kWh has been made ('Environmental central') for an average household of 2.3 persons. The assumption for the energy consumption has been corrected with the actual size of the household. In this study the functioning of the solar collectors has not been further investigated, it has been based on the specified manufacturing default value. Therefore the real energy savings through the solar collectors are not fully reliable. To get more reliable values additional measurements need to be performed.
- In the housing the actual ventilation capacity is lower or equal to the calculated ventilation capacity. Due to lower ventilation capacity the actual energy consumption for ventilation will also be lower than calculated. The relationship between the ventilation capacity and the energy use is actually around of 0.21 Wh/m^3 .
- The energy consumption of the households and the appliances meet the average residential energy and corresponds to the relative Nibud values (the number of persons in the household). For some houses the PHPP calculation has been made to determine the household energy consumed. If all actual existing appliances are entered in the PHPP, it corresponds to the consumed with the actual energy consumption.
- Of the houses where PV panels were applied the Watt peak (Wp) and the annual energy yield are known. To compare the Wp and the energy yield of the different houses the actual measured global radiation has been corrected with the Dutch average (1000 kWh/m^2). The average ratio between the Wp and the actual energy varies between 0.64 and the 1.05, gained is 0.81.
- Two of the investigated houses were provided with wind turbines. Based on an annual average wind speed, the actual energy output of the wind turbines does not meet the expected energy yield.

Finally, all constructed houses were investigated on the feasibility of 'energy neutral'. Is the house already 'energy neutral' or can the house be made 'energy neutral' in the future. The Nulwoning in Groenlo is the only house which is 'energy neutral'. The house itself can be defined as "energy generating" or "energy plus building". For the future the house in Utrecht has a good base to be changed to a 'zero energy house'. The house has a low energy consumption, by applying a number of PV panels in the future, the house can become energy neutral. To make the actual homes more energy-neutral, more attention needs to be paid to energy savings, and for PV panels a higher energy yield per square meter.



Begrippenlijst

In de begrippenlijst zijn de termen, definities en afkortingen, die in dit rapport zijn opgenomen en waar naar wordt verwezen, nader verklaard. De begrippenlijst is alfabetisch gerangschikt.

Balansventilatie met armteterugwinning-unit (wtw-unit)

Een balansventilatiesysteem met warmteterugwinning (wtw) is een ventilatiesysteem waarbij de vervuilde warme lucht vanuit de woning, door middel van afzuigventielen, uit de woning wordt gezogen. Vervolgens wordt deze lucht via een warmtewisselaar in het geheel naar buiten geblazen. Alleen de warmte uit deze lucht wordt door middel van die warmtewisselaar gebruikt om verse lucht, van buiten de woning voor te verwarmen. Deze verse lucht wordt, nadat deze door de warmtewisselaar is verwarmd, via leidingen de woning ingeblazen.

Certificaat PassiefBouwen Keur

Het keurmerk PassiefBouwen Keur is ontwikkeld door Passiefhuis-Platform (PHP) om te bereiken, dat een passieve woning of een passief gebouw aan (hoge) minimumeisen voldoet. Het certificaat PassiefBouwen Keur wordt in twee fases uitgegeven:

1. Ontworpen volgens PassiefBouwen Keur

Nadat is gebleken dat het ontwerp aan de passiefnormen voldoet, met name aan de hand van een PHPP-berekening en tekeningen.

2. Gebouwd volgens PassiefBouwen Keur

Nadat is gebleken dat conform het ontwerp en volgens passiefnormen gebouwd is met controles tijdens de bouw, een blowerdoortest en controle van de ventilatie-installatie bij oplevering en op het eerst mogelijke moment een infraroodcontrole.

Coefficient Of Performance (COP-waarde)

De COP-waarde is het getal die een verhouding aangeeft tussen de gebruikte elektrische energie en de verkregen bruikbare energie voor warmte of koeling

Duurzaam

Duurzaam (tijdsduur)- van lange duur; van een product: dat lang meegaat.

Duurzaam (ontwikkeling) - van een proces: dat permanent kan worden toegepast omdat het de aarde niet uitput; van een product: dat gemaakt wordt met een productiemethode die in deze zin duurzaam is.

Energieprestatie Coëfficiënt (EPC)

In het bouwbesluit vastgelegde waarde (conform de berekeningswijze van de Energieprestatie Norm) waaraan een nieuwbouwwoning moet voldoen.

Energieprestatienorm van gebouwen (EPG)

De energieprestatienorm van gebouwen (EPG) is een nieuwe, overkoepelende bepalingsmethode voor de energieprestatie van gebouwen. De EPG geldt zowel voor woningen als voor utiliteitsgebouwen (kantoren, scholen, winkels, ziekenhuizen en dergelijke).

Energieprestatienorm van woonfuncties en woongebouwen (EPW)

De genormeerde methode om de Energieprestatie Coëfficiënt (EPC) voor nieuwbouw te bepalen.

Gebouwgebonden energiegebruik

Het gebouwgebonden energiegebruik bestaat uit de verwarming, koeling, warmtapwater en ventilatie.

Gebruikersgebonden energiegebruik

Energie voor het gebruik van huishoudelijke apparaten zoals computers, opladers, strijkijzer, koelkast en andere apparatuur die in en rond het huis gebruikt worden, is het gebruikersgebonden energiegebruik.

Graaddagen

Een graaddag is een rekeneenheid om de variërende buitentemperatuur op een eenvoudige manier mee te kunnen nemen in de berekeningen over energiegebruik. Het verschil tussen een lagere buitentemperatuur en de binnentemperatuur bepaald het aantal graaddagen in een jaar. Het aantal graden van de buitentemperatuur onder de binnentemperatuur is gegeven in aantal graaddagen in het jaar.

Groene stroom

Elektriciteit, opgewekt door gebruik te maken van hernieuwbare energiebronnen. Bijvoorbeeld zonne-energie en windenergie, een bron die nog vele jaren beschikbaar zal zijn.

Hulpenergie

Het gebouwgebonden energiegebruik, bestaat uit het deel energiegebruik dat door installaties wordt gebruikt. Voor mechanische ventilatie moet gebruik worden gemaakt van elektriciteit voor de werking van ventilatoren. De verwarming heeft een pomp dat water in het leidingstelsel rondpompt. Deze pomp wordt aangedreven door elektriciteit. Veel installaties voor ventilatie, verwarming, warmtapwater hebben een aansluiting op het elektriciteitsnet. De energie die wordt gebruikt door de installaties is hulpenergie.

Kilowattuur primair (kWh primair)

De energie die gebruikt wordt voor het opwekken van elektriciteit door bijvoorbeeld aardgas, kolen of olie (fossiele brandstoffen) die plaats vindt in een elektriciteitscentrale. Bij het opwekken van elektriciteit in een elektriciteitscentrale is er een verlies van energie bij het omzetten van primaire energie (fossiele brandstof) naar elektrische energie aanwezig. Tijdens het transport van de centrale, naar de gebruiker treden eveneens verliezen op. Het rendement dat uiteindelijk als kWh elektriciteit (op de meter) gebruikt kan worden bedraagt circa 39%. Om het gas- (m^3), elektriciteitsgebruik (kWh) en houtkorrels (kg) onderling te kunnen vergelijken, worden de energiegebruiken omgerekend naar primair energiegebruik. In Nederland wordt er, in tegenstelling tot Duitsland, geen productie en transportverlies gerekend over het gasgebruik. Eén m^3 aardgas komt overeen met $35,17/3,6 \approx 9,8$ kWh primaire energie. In de PHPP berekening wordt het als volgt berekend. Van m^3 gas naar kWh Primaire energie = $9,8$ (energie-inhoud 1 m^3 gas) * $1,1$ (productie & transportverliezen). In een kilogram hout zit ongeveer 5 kWh aan energie, als het hout duurzaam geproduceerd is moet nog 20% van het energiegebruik gerekend worden voor verwerking en transport van het hout. Een kilo hout maal 5,0 maal 0,2 komt dus overeen met een 1 kWh primaire energie.

Kooldioxide (CO₂)

CO₂ (Kooldioxide) komt vrij bij verbranding, bijvoorbeeld bij verbranding van fossiele brandstoffen zoals olieproducten en aardgas. CO₂ ontstaat bij een volledige verbranding, waardoor het CO gas wordt verbrand en omgezet in CO₂ gas.

Kilowattuurmeter (kWh-meter)

Een kilowattuurmeter of elektriciteitsmeter meet het elektriciteitsverbruik van een huishouden. Het elektriciteitsverbruik is het product van elektrisch vermogen en tijd. Een dergelijke meter is meestal geplaatst in de meterkast, of is onderdeel van een elektrische installatie. Sommige meters hebben twee telwerken: één voor gewoon tarief en één voor nacht- en weekeindtarief.

Lineaire warmtedoorgangscoefficiënt

De lineaire warmtedoorgangscoefficiënt ($[\psi]$ Psi-waarde in W/mK) geeft aan hoeveel warmte verloren gaat door een lineaire thermische brug, per strekkende meter bij een temperatuurverschil van één graad.

Luchtdichtheid: N₅₀-waarde

Luchtdichtheidstest ventilatievoud bij 50 Pascal (N/m²) drukverschil, is het aantal keren dat de inhoud van de woning per uur door infiltratie(ongecontroleerd) wordt geventileerd. De mate waarin een gebouw door naden en kieren lucht laat ontsnappen, heet de luchtdoorlatendheid, ook wel infiltratie genoemd. Een passiefhuis mag een maximale volumestroom hebben van $n_{50}=0,6 \text{ h}^{-1}$, dat wil zeggen dat de woning per uur 0,6 maal het volume per uur, mag 'leken'. Vergelijkend met het Bouwbesluit 2003 eis (q_{v10} : 0,625), welke overeenkomt met ongeveer een n_{50} waarde van 4 h^{-1} . Een luchtdichtheidsmeting is een druktest, ook wel Blowerdoor test genoemd, waarbij de woning of het gebouw in een beperkte overdruk of onderdruk wordt gezet.

Materiaalgebonden energiegebruik

Het materiaalgebonden energiegebruik is de energie die nodig is voor winning, productie, transport en afvalverwerking van de materialen voor de constructie van de woning.

Nederlands Normalisatie-Instituut (NEN)

Instelling die zich voornamelijk bezig houdt met de ontwikkeling van normen regelgeving.

Nederlandse Praktijk Richtlijnen (NPR)

Kan bestaan uit bijvoorbeeld een computerprogramma, een vereenvoudigde bepalingsmethode of een reeks concrete voorbeelden die voldoen aan een bepaalde Bouwbesluit-eis

Passiefhuis

Het in Duitsland ontwikkelde concept passiefhuis bouwen neemt de warmtewinst van zon, bewoners en hun apparatuur als vertrekpunt voor de warmtehuishouding van de woning. Door die "gratis" energie zonder extra inspanning (passief) te benutten, wordt een verwarming (bijna) overbodig. Een passiefhuis onderscheidt zich door de bijzondere combinatie van een zeer hoogwaardig en aangenaam binnenklimaat en een zeer laag energiegebruik. Door een goed uitgewerkt compact ontwerp, georiënteerd op de zon, uitgevoerd met zeer goede schilisolatie en een effectieve kierdichting, kan warmte nauwelijks weg uit het passiefhuis. Hierdoor is er nog maar heel weinig energie nodig om de woning in de winter op temperatuur te houden. Dan

zorgen passieve warmtebronnen zoals de zon en interne warmtelast zoals bewoners en huishoudelijke apparaten voor bijna alle benodigde warmte. Door de kleine hoeveelheid verwarming die dan nog nodig is op een slimme manier over de lucht van het gebalanceerde ventilatiesysteem aan te voeren, is een conventioneel verwarmingssysteem overbodig. In de zomer garanderen passieve strategieën zoals een goed ontwerp, zware schilisolatie, de aanwezigheid van thermische massa, zonwering en nachtventilatie een comfortabel binnenklimaat. Een passiefhuis heeft per jaar een warmtevraag voor ruimteverwarming van 15 kWh/m², dit komt ongeveer overeen met een gasgebruik van circa 1,5 m³ gas/m² vloeroppervlakte. Voor het totale energiegebruik van een huishouden wordt gestreefd naar een totaal maximum primair energiegebruik niet hoger dan 120 kWh/m² per jaar.

Passivhaus Projektierung Paket (PHPP)

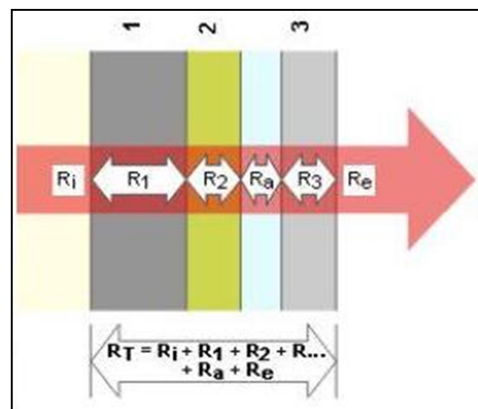
De PHPP bepalingmethode is ontwikkeld in Duitsland door Passivhaus Institut (PHI, Duitsland). De PHPP berekening is gebaseerd op de Europese Norm EN832 voor de bepaling van energieprestatie van gebouwen. De PHPP berekening is ontwikkeld om in de ontwerpfase inzicht te krijgen in de energiezuinigheid van het gebouw.

Warmtedoorgangscoefficiënt: U-waarde

De U-waarde is de warmtedoorgangscoefficiënt, uitgedrukt in W/m²K. De U-waarde is de waarde omgekeerd aan de R_{totaal} . De U-waarde = $1/R_{\text{totaal}}$.

Warmteweerstand: R-waarde

De R-waarde is de warmteweerstand, uitgedrukt in m².K/W. De warmteweerstand of R-waarde geeft het warmte-isolerend vermogen van een materiaal laag aan. R_{totaal} is de som van de verschillende R-waarden inclusief de overgangswaarden, Rc-waarde is de warmteweerstand van een constructie.



Afbeelding B.1: Opbouw warmteweerstand constructie (bron) www.joostdevree.nl

Watt piekvermogen

Het Watt piekvermogen (Wp) is het maximaal vermogen dat een PV-paneel onder normale omstandigheden bereikt. Het piekvermogen wordt bepaald onder ideale laboratoriumomstandigheden met 1000 W lichtinstraling per vierkante meter.

1 Inleiding

Als afsluiting van de opleiding Bouwkunde aan de Christelijke Hogeschool Windesheim te Zwolle, is een onderzoek uitgevoerd naar energieneutrale woningen in de praktijk. Het onderzoek “Energie neutraal bouwen in de praktijk” is uitgevoerd in samenwerking met Nieman Raadgevende Ingenieurs te Zwolle. Nieman R.I. is een ingenieursbureau voor kwaliteitszorg en bouwfysica. Nieman R.I. is sinds 1988 actief als kennis- en adviesbureau voor woning- en utiliteitsbouw, zie www.nieman.nl voor meer informatie.

Nieman R.I. is betrokken bij het adviseren van energieneutrale woningen. Een voorbeeld is de realisatie van het HOE-concept (Hardenberg nul energie). Daarnaast streeft een aantal woningbouwcorporaties uit Oost Nederland (gebundeld in de Vereniging WoON) ernaar vóór 2014 daadwerkelijk minimaal vijftig energieneutrale woningen te realiseren. Nieman R.I. is betrokken bij Vereniging WoON op het gebied van energie, als adviserende en controlerende partij. Hierdoor is Nieman R.I. op verschillende manieren betrokken bij het realiseren van energieneutrale woningen.



2 Onderzoeksopzet

2.1 Aanleiding

Alle nieuwbouwwoningen die vanaf 2020 worden gerealiseerd moeten van de overheid 'energieneutraal' worden gebouwd. Op dit moment zijn er al enkele energieneutrale woningen gerealiseerd en zijn er nog een aantal in ontwikkeling. Nieman R.I. is betrokken bij de realisatie van energieneutrale woningen als adviseur en toetser. In Nederland worden meerdere definities gebruikt voor het begrip 'energieneutraal' bouwen. De uiteindelijke ambitie hangt af van de opdrachtgever en wat de wet voorschrijft, nu en in de toekomst. Om vast te stellen of een woning aan de ambitie voldoet, dient er vooraf een berekening te worden gemaakt. De adviseurs van Nieman R.I. maken voor de opdrachtgevers onder andere berekeningen voor het verwachte energiegebruik van de woning. De overheid heeft voor nieuwbouw woningen de EPC (Energieprestatie Coëfficiënt) eis opgesteld, waaraan de woningen moeten voldoen. De toetsing wordt uitgevoerd door middel van de EPW berekening. De EPC eis wordt de komende jaren met stappen aangescherpt tot eindelijk 'energieneutraal' in 2020. Om deze aanscherping van de eisen te realiseren zijn er nieuwe ontwerpstrategieën voor woningen nodig. Een voorbeeld van een ontwerpstrategie is het passiefhuis concept. Een passiefhuis wordt getoetst met de PHPP berekening (Passivhaus Projektierungs Paket). PHPP is een veelgebruikte bepalingmethode in Duitsland om onder andere de warmtevraag in de ontwerpfase te berekenen. In Nederland zijn nog weinig energieneutrale of passieve huizen gerealiseerd. Bij het berekenen van nieuwe woningen kan daarom weinig gebruik worden gemaakt van ervaring uit gerealiseerde woningen. Van de gerealiseerde woningen is nog weinig terugkoppeling over de gebruiksfase bekend. De vraag die in Nederland, en zeker bij Nieman R.I. leeft, is in hoeverre het berekende energiegebruik overeenkomt met het werkelijke energiegebruik van energieneutrale woningen. Wanneer een betrouwbaarder beeld van energiegebruik bekend is, kan Nieman R.I. beter advies geven aan haar toekomstige opdrachtgevers bij het ontwerpen van energieneutrale woningen. Bij Nieman R.I. zijn weinig gebruik- en kwaliteitsgegevens bekend van gerealiseerde woningen. Als een woning wordt gemonitord worden er vaak weinig specifieke meetgegevens vastgelegd in de openbare rapportages. Doordat er slechts beperkte monitorgegevens bekend zijn uit de gebruiksfase is de terugkoppeling naar de bepalingmethode lastig. In overleg met Nieman R.I. is het afstudeeronderwerp tot stand gekomen.

2.2 Probleemstelling

Op basis van de aanleiding is de volgende probleemstelling gedefinieerd. Het onderzoek "Energienutraal bouwen in de praktijk" geeft antwoord op de volgende probleemstelling: "Wat bepaalt of een woning 'energieneutraal' is? Welke ontwerpstrategieën en bepalingmethode kunnen en zijn gebruikt bij de gerealiseerde energieneutrale woningen? Komen de werkelijke gemeten energiegebruiken van een woning overeen met de bepalingmethode?"

2.3 Probleemanalyse

Alle nieuwbouwwoningen die vanaf 2020 worden gerealiseerd moeten 'energieneutraal' zijn. In Nederland worden meerdere definities gebruikt voor het begrip 'energieneutraal' bouwen. Door de overheid is er geen heldere definitie van 'energieneutraal' vastgesteld. Aan welke eisen moet de definitie worden getoetst, en welke consequenties heeft de keuze van de definitie voor het energiegebruik?

Om het ontwerp te kunnen toetsen aan de doelstelling wordt gebruikt gemaakt van een bepalingmethode. Het theoretische berekenen van energiegebruik is mogelijk, maar in hoeverre het berekende energiegebruik het werkelijke energiegebruik benaderd is nog de vraag. Om dit te kunnen bepalen moeten er meerdere terugkoppelingen plaatsvinden van het specifieke energiegebruik tijdens de gebruiksfase van een energieneutrale woning. In Nederland worden nieuwbouwwoningen getoetst aan de EPC eis. Met de EPW en met andere bepalingsmethodes kunnen berekeningen worden gemaakt om het verwachte energiegebruik te bepalen. Tussen het berekende en werkelijke energiegebruik kan door verschillende factoren een verschil ontstaan.

In de gebruiksfase kan het energiegebruik worden afgelezen van de kWh-meter. De meterstanden zijn alleen te verkrijgen met toestemming van de bewoners dit in verband met privacy van de bewoners. Het is in Nederland niet gebruikelijk om tijdens de gebruiksfase de parameters uit de bepalingmethode te monitoren. In de gebruiksfase hebben verschillende parameters invloed op het werkelijke energiegebruik. Door de parameters van het totale energiegebruik inzichtelijk te maken, kan er worden aangetoond wat de aanwijsbare verschillen zijn. Door het ontbreken van monitoring van de gebruik- en kwaliteitsgegevens, kunnen tekortkomingen niet verwerkt worden in de te ontwikkelen energieneutrale woning.

2.4 Onderzoeksvragen

Vanuit de probleemstelling zijn een aantal onderzoeksvragen naar voren gekomen. Door onderzoek te doen naar de onderstaande vragen is de probleemstelling opgelost.

1. Wat zijn de verschillende definities van het begrip 'energie neutraal' bouwen en zijn er nog andere definities mogelijk? Wat is onze eigen definitie voor het begrip 'energie neutraal'?
2. Welke energie ontwerpstrategie sluit aan bij het ontwerpen van een energieneutrale woning?
3. Welke bepalingsmethode voor het energiegebruik kan worden gebruikt bij het ontwerpen van een energieneutrale woning, en hoe zijn deze bepalingsmethodes opgebouwd?
4. Welke factoren zijn van invloed op het energiegebruik van een energieneutrale woning?
5. Welke energiezuinige en energieneutrale woningen zijn er gerealiseerd, welke definities, welke bepalingsmethode en welke gegevens zijn er beschikbaar per woning?
6. Analyseren in hoeverre het energiegebruik overeenkomt ten opzichte van de bepalingsmethode en vooraf gemaakte aannames. Wat kan de eventuele verschillen hebben veroorzaakt?
7. Welke woningen zijn 'energie neutraal' of vormen een goede basis om in de toekomst 'energie neutraal' gemaakt te kunnen worden?

2.5 Plan van aanpak

In de eerste fase zijn enkele woningen bezocht, om een goede indruk te krijgen op welke wijze in de praktijk energieneutrale woningen zijn gerealiseerd. De bezoeken zijn tevens gebruikt om in contact te komen met mensen die ervaring hebben met 'energieneutraal' bouwen in de praktijk. De definitie 'energieneutraal' is onderzocht door middel van literatuurstudie. In het werkveld is onderzoek gedaan naar de verschillende ambities van betrokken partijen. De verschillende partijen uit het werkveld hebben hun eigen definitie van 'energieneutraal' omschreven. Aan de hand hiervan is een eigen definitie van een energieneutrale woning geformuleerd. De eisen voor een energieneutrale woning worden uitgewerkt in de ontwerpfase, met alle bouwkundige en installatie componenten. Er wordt inzichtelijk gemaakt welke energie ontwerpstrategieën er nu tijdens de ontwerpfase al gebruikt worden. Daarbij wordt per ontwerpstrategie beschreven hoe deze is opgebouwd.

In de ontwerpfase van een energieneutrale woning wordt het totale energiegebruik berekend door middel van een bepalingsmethode. Er is onderzoek gedaan naar welke bepalingsmethodes worden toegepast bij de gerealiseerde energieneutrale woningen. De bepalingsmethodes zijn onderzocht op de opbouw en uitkomsten van de berekeningen. Uiteindelijk is er een vergelijking gemaakt tussen de bepalingsmethodes. De parameters die van invloed zijn op het energiegebruik van een energieneutrale woning zijn doormiddel van literatuurstudie onderzocht. De energieopbrengst en het totale energiegebruik bepalen uiteindelijk of er sprake is van energieneutraliteit. Het energiegebruik van een woning is opgebouwd uit gebouwgebonden en gebruikersgebonden.

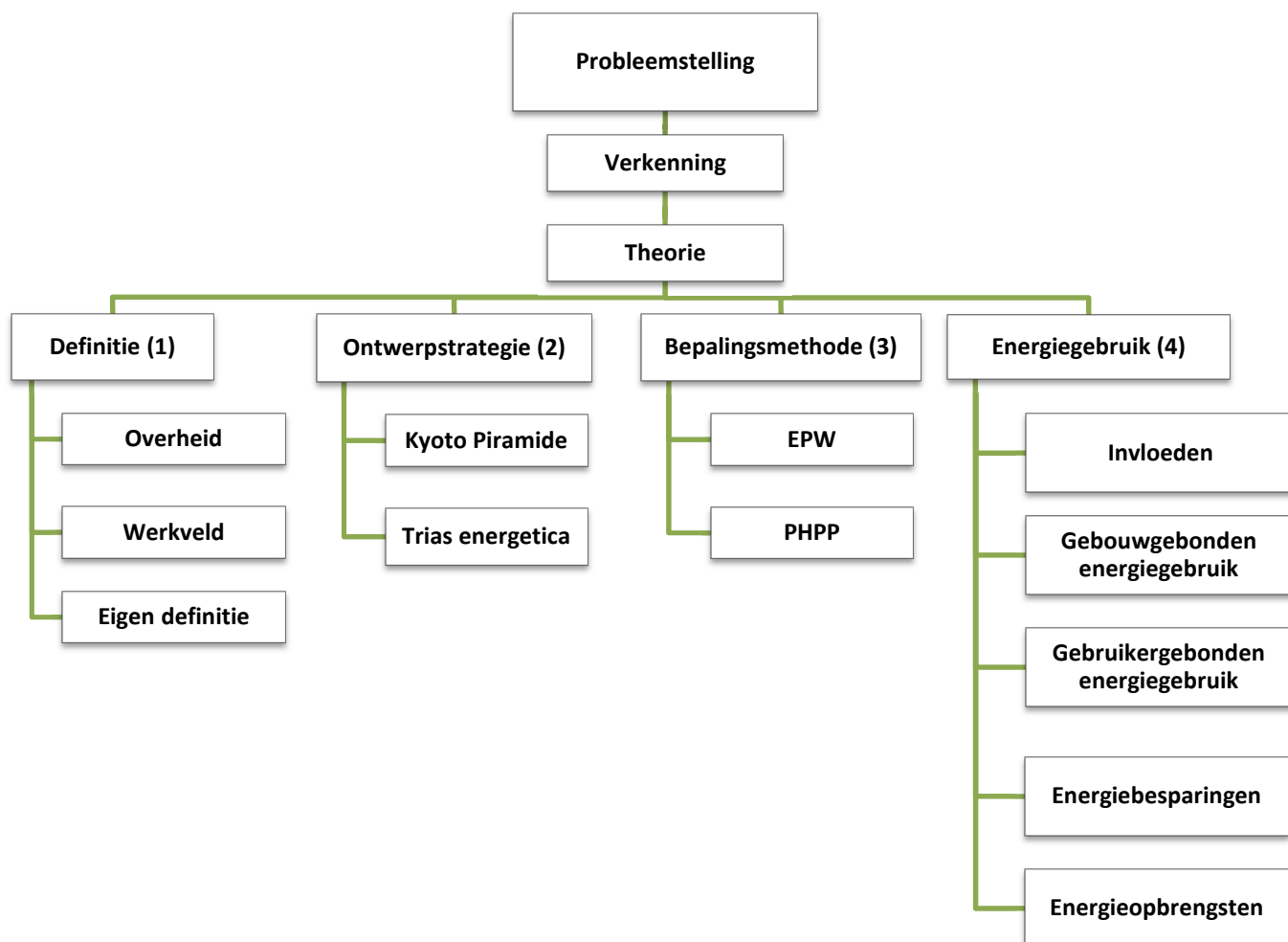
Een aantal, in Nederland, gerealiseerde energiezuinige en energieneutrale woningen waarvan de technische gegevens bekend zijn, zijn benaderd om de gegevens van het energiegebruik voor dit onderzoek beschikbaar te stellen. Een aantal woning is ook daadwerkelijk bezocht. Van de woningen is zoveel mogelijk informatie verzameld van de vooraf gemaakte berekeningen, de bouw- en installatietechnische uitvoering, monitorgegevens of zelf twee á drie weken lang gemonitord.

Bij de woningen zijn alle parameters die zijn gemonitord in de gebruiksfase overzichtelijk opgesteld. De monitorgegevens zijn vergeleken met de uitkomsten van de bepalingsmethode. Door de vergelijking tussen het werkelijke energiegebruik en de aannames van de bepalingsmethode te maken, kunnen de verschillen inzichtelijk gemaakt worden. De oorzaken van de verschillen zullen geanalyseerd worden. Door alle woningen met elkaar te vergelijken op monitorgegevens en uitkomsten van de bepalingsmethodes. Kan bepaald worden of het woningconcept 'energieneutraal' is, of hoe het woningconcept in de toekomst wel 'energieneutraal' gerealiseerd kan worden.

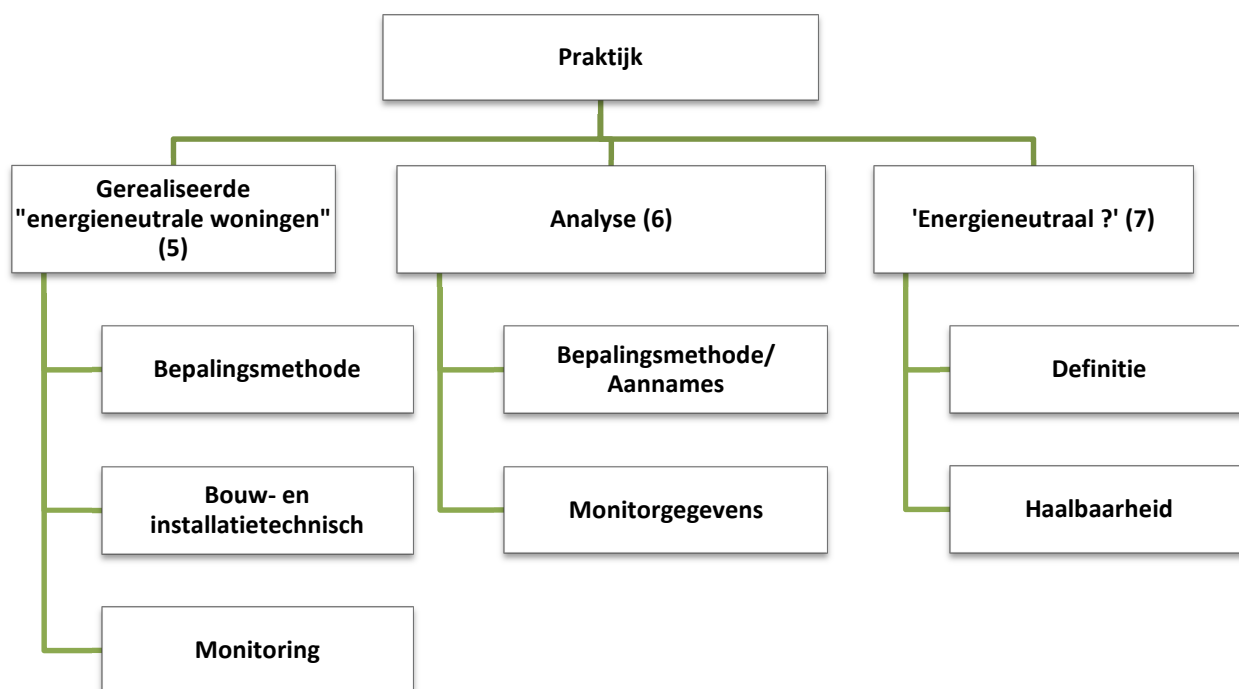
2.6 Onderzoeksmodel

Fase 1: Oriëntatie en verwerven opdracht

Fase 2: Hoofdfase A: Verkenningfase



Fase 2: Hoofdfase B: Verdiepingsfase



Fase 3: Uitwerkingsfase: Concept / eindrapport





3 Definitie 'energieneutraal' bouwen

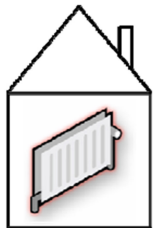
In Nederland worden veel verschillende begrippen gebruikt om een energie- of klimaatambitie voor een woning te omschrijven. In §3.1 is ingegaan op de veel voorkomende begrippen die in Nederland worden gebruikt. Voor het definiëren van een energieneutrale woning, moeten een aantal richtlijnen duidelijk geformuleerd worden. De opdrachtgever kan aan de hand van verschillende begrippen vastleggen wat een energieneutrale woning is. In §3.2 zijn op de verschillende richtlijnen ingegaan voor het definiëren van 'energieneutraal'. Uiteindelijk staat in §3.3 de definitie op een energieneutrale woning beschreven.

3.1 Verschillende begrippen met verschillende definities?

Er zijn een aantal veel voorkomende begrippen die gebruikt worden om een energie- of klimaatambitie aan te geven. Voor dit onderzoek is nagegaan hoe de verschillende begrippen in het werkveld worden ingevuld.

EPC = 0

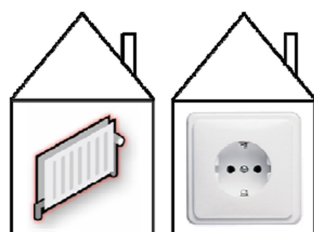
De EPC (Energieprestatie Coëfficiënt) neemt het gebouwgebonden energiegebruik mee in de berekening. Dit betekent dat er voor het gebouwgebonden energiegebruik volgens de Energieprestatienorm, over een jaar gerekend, net zoveel elektriciteit wordt opgewekt als wordt gebruikt voor gebouwgebonden energiegebruik.



Afbeelding 3.1: Gebouwgebonden energiegebruik.

Energieneutraal / Energienul

De Deense professor Sven Svenson heeft 'Nearly energy zero' als volgt gedefinieerd: Het gebouwgebonden en gebruikersgebonden energiegebruik worden grotendeels gecompenseerd door energieopwekking met duurzame bronnen. Het resterende primaire energiegebruik is $\leq 20 \text{ kWh/m}^2$. Advies- en ingenieursbureau DHV heeft in 'Uitgerekend Nul' de volgende definitie van 'energieneutraal' geformuleerd: "Gebruik het begrip 'energieneutraal' als het om de prestaties van een gebouw gaat. Door het ontwerp en de inrichting van een gebouw wordt primair het energiegebruik bepaald. Het gaat om Mega joules in de vorm van gas, elektriciteit en warmwater. De CO_2 - uitstoot die daarmee gepaard gaat is dan een afgeleide van het energiegebruik. De energievraag wordt bepaald op basis van het gebouwgebonden en gebruikersgebonden energiegebruik." [Agentschap NL, april 2010]



Afbeelding 3.2: Gebouwgebonden en gebruikersgebonden energiegebruik.

Om de begrippen klimaat-, CO₂-en 'energieneutraal' helder te krijgen en om tot een breed gedragen definitie te komen heeft W/E adviseurs in opdracht van PeGO / SenterNovem een definitiestudie uitgevoerd. W/E adviseurs heeft in 'Stevige ambitie, klare taal!' de volgende beschrijving van 'energieneutraal' geformuleerd: "Een project is 'energieneutraal' als er op jaarbasis geen netto import van fossiele of nucleaire brandstof van buiten de systeemgrens nodig is om het gebouw op te richten, te gebruiken en af te breken. Dit betekent dat het energiegebruik binnen de projectgrens gelijk is aan de hoeveelheid duurzame energie die binnen de projectgrens wordt opgewekt of die op basis van externe maatregelen aan het project mag worden toegerekend. Het energiegebruik dat voortkomt uit de oprichting en sloop van het gebouw zullen naar een jaarlijkse bijdrage worden verrekend op basis van de verwachte levensduur van het gebouw." [PeGO, oktober 2009]



Afbeelding 3.3: Gebouwgebonden, gebruikersgebonden en materiaalgebonden energiegebruik.

Energieleverend / Energieplus

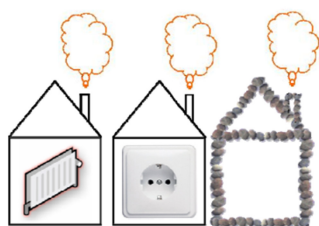
Het afstudeerproject van Ing. T. (Tim) van Twuijver is in het kader van de masterrichting 'Technologie en innovatiebeleid' van de opleiding 'Technische Innovatiewetenschappen' aan de Technische Universiteit Eindhoven'. Het rapport is geschreven in opdracht van de groep 'Systeemintegratie' binnen de unit 'Energie in de gebouwde omgeving en netten' Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN). Tim van Twuijver heeft in 'Woning als energieleverend systeem' de volgende beschrijving van 'energieleverend' geformuleerd: "Een energieleverende woning is in staat om over het jaar heen netto energie te produceren. Dit betekent dat er op woningniveau jaarlijks meer energie wordt opwekt dan er nodig is voor de gebouwgebonden en gebruikersgebonden energievraag van de betreffende woning. De energievraag van een woning bestaat uit de vraag naar elektriciteit en warmte. Het dan nog resterende netto overschot aan energie kan worden afgegeven aan de (nabije) omgeving." [Twuijver, augustus 2007]



Afbeelding 3.4: Gebouwgebonden en gebruikersgebonden energiegebruik + energie overschot

CO₂-neutraal / CO₂-emissievrij

W/E adviseurs heeft in 'Stevige ambitie, klare taal!' de volgende beschrijving van 'CO₂-neutraal' geformuleerd: "Een project is 'CO₂-neutraal' als er op jaarbasis geen netto uitstoot van broeikasgassen nodig is om het gebouw op te richten, te gebruiken en af te breken. Dit betekent dat de broeikasgasemissie binnen de projectgrens gelijk is aan de hoeveelheid broeikasgassen die binnen de systeemgrens wordt vastgelegd, opgeslagen of gecompenseerd en die aan het project mag worden toegerekend. De emissies die voortkomen uit de oprichting en sloop van het gebouw zullen naar een jaarlijkse bijdrage worden verrekend op basis van de verwachte levensduur van het gebouw." [PeGO, oktober 2009]



Afbeelding 3.5: Gebouwgebonden, gebruikersgebonden en materiaalgebonden uitstoot van broeikasgassen.

Agentschap NL

(Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer) beschrijft in het informatie blad 'Energie neutraal Bouwen, hoe doe je dat' welke richtlijnen van belang zijn bij het realiseren van energieneutrale gebouwen en woningen. Agentschap NL heeft daarin de volgende beschrijving van 'CO₂-neutraal' geformuleerd: "Het verdient de voorkeur om het begrip 'CO₂ -neutraal' voor de prestaties van een organisatie te gebruiken. Het begrip 'CO₂ -neutraal' is breder dan 'energie neutraal' en dekt onderwerpen als energiebesparing in gebouwen, CO₂ -reductie met betrekking tot mobiliteit, inzet van duurzame energie en CO₂ -compensatie."

[Agentschap NL, november 2010] Advies- en ingenieursbureau DHV heeft in 'Uitgerekend Nul' de volgende beschrijving van 'CO₂ -neutraal' geformuleerd: "Gebruik het begrip 'CO₂ -neutraal' voor de prestaties van een organisatie. Het begrip 'CO₂ -neutraal' is breder en dekt onderwerpen als energiebesparing in gebouwen, CO₂ -reductie met betrekking tot mobiliteit, inzet van duurzame energie en CO₂ -compensatie." [PeGO, oktober 2009]



Afbeelding 3.6: Gebouwgebonden, gebruikersgebonden, materiaalgebonden energiegebruik, mobiliteit, inzet van duurzame energie en CO₂ -compensatie

Klimaatneutraal

Advies- en ingenieursbureau DHV heeft in 'Uitgerekend Nul' de volgende beschrijving van 'klimaatneutraal' geformuleerd: "Gebruik het begrip 'klimaatneutraal' bij voorkeur niet. Klimaat is veel breder dan alleen energie of CO₂, dit raakt ook aan binnenmilieu en aan duurzaamheid in de breedte." [PeGO, oktober 2009]

3.2 Definiëring van het begrip 'energie neutraal'

In §3.1 zijn een aantal begrippen met betrekking tot 'energie neutraal' genoemd. De verschillende definities duiden op een verschillende interpretatie van het begrip. Daarom wordt meer duidelijkheid gecreëerd over de verschillende definities van het begrip 'energie neutraal'. De definitie van het begrip 'energie neutraal' kan duidelijk worden gemaakt door een aantal richtlijnen te omschrijven. Agentschap NL heeft in 'Energie neutraal Bouwen, hoe doe je dat' vijf richtlijnen opgesteld om een definitie te formuleren. In de komende paragraaf worden de richtlijnen nader toegelicht. [Agentschap NL, oktober 2010]

Energiegebruik over een jaar $\leq$ nul

Er wordt over een jaar gezien minimaal evenveel (of meer) energie teruggeleverd als er gebruikt wordt. Het energiegebruik moet over een jaar gemeten worden, om zo alle verschillende weersomstandigheden door een jaar heen in het energiegebruik te middelen.

Gebruik duurzame energie

Duurzame energiebronnen zijn onder andere windkracht, waterkracht, zonlicht, biomassa en aardwarmte. De duurzame energie bronnen worden gebruikt voor het opwekken van duurzame energie. De opwekking van duurzame energie kan door bijvoorbeeld; zonnecellen, windturbine, warmte / koude opslag of biomassa warmtekrachtinstallaties zijn. De duurzaam opgewekte energie wordt gebruikt door het gebouw- en de gebruikersgebonden energiegebruik. De energie die op het moment van opwekken niet gebruikt kan worden, wordt teruggeleverd aan het openbare energienet. De hoeveelheid opgewekte duurzame energie moet over een jaar gemeten, gelijk of groter zijn dan de gebruikte energie uit het elektriciteitsnet.

Geef grenzen aan

Door het definiëren van de grenzen, wordt aangegeven tot welk niveau de energie duurzaam opgewekt kan worden. De grenzen geven ook aan waarbinnen het gebouw 'energieneutraal' moet zijn. Bij de definitie moet onderscheid gemaakt worden tussen de projectgrens (de fysieke grens van het bouwproject) en de systeemgrens waarbinnen de duurzame energieopwekking mag plaatsvinden. Het opwekken van duurzame energie kan op de eigen kavel, wijk of stadsniveau. De volgende stap om de grens te verleggen kan op Nederlands of wereldwijd niveau. Het verleggen van de grens kan bijvoorbeeld door windturbines in de Noordzee te plaatsen of de compensatie van CO₂ doormiddel van bosaanplanting.



Afbeelding 3.7: Mogelijke grenzen van aanbod van duurzame energie(Bron) Uitgerekend Nul, April 2010)

Energievraag

Van de totale energievrage van een woning kan onderscheid gemaakt worden in gebouwgebonden, gebruikersgebonden of materiaalgebonden energiegebruik. Het gebouwgebonden energiegebruik bestaat uit de verwarming, koeling, warmtapwater en ventilatie. Energie voor het gebruik van huishoudelijke apparaten zoals computers, opladers, strijkijzer, koelkast en andere apparatuur en verlichting die in en rond het huis gebruikt worden, is het gebruikersgebonden energiegebruik. Het materiaalgebonden energiegebruik is de energie die nodig is voor winning, productie, transport en afvalverwerking van de materialen voor de constructie van de woning.

Energieneutraal gebouw / CO₂-neutrale organisatie

Het begrip 'CO₂-neutraal' is voor de prestatie van een organisatie te gebruiken. Het begrip 'CO₂-neutraal' is breder dan 'energieneutraal'. Onder het begrip 'CO₂-neutraal' wordt de energiebesparing in het gebouw, inzet van duurzame energie, mobiliteit en CO₂-compensatie verstaan.



Afbeelding 3.8: Energieneutraal gebouw en CO₂ neutrale organisatie (bron) Uitgerekend Nul, April 2010

3.3 Conclusie

Door een definitie vast te stellen voor 'energieneutraal' is het duidelijk wat er allemaal wel of niet moeten worden berekend om een energieneutrale woning te realiseren. Er is een toetskader geformuleerd om te bepalen in hoeverre de praktijk overeen komt met de definitie die in dit onderzoek is geformuleerd voor 'energieneutraal'. De warmtevraag van een energieneutrale woning moet beperkt worden tot maximaal 15 kWh/m² (passiefhuisniveau). De totale energievraag van de woning moet geminimaliseerd worden door zoveel mogelijk bewoners onafhankelijke maatregelen toe te passen. Bij het minimaliseren van de warmtevraag moet de woonkwaliteit centraal staan bij het ontwerpen van een woning. Een energieneutrale woning mag over een jaar gemeten, niet meer dan nul kilowattuur energie gebruiken. Het energiegebruik voor elektriciteit, gas en biomassa wordt omgerekend naar primaire energievraag om het energiegebruik bij elkaar op te kunnen tellen. De energieopbrengst wordt in dit geval ook omgerekend naar primaire energie. Het primaire energiegebruik moet gelijk zijn aan de primaire energieopbrengst over een jaar gemeten. De elektriciteit voor een energieneutrale woning wordt opgewekt uit duurzame energie: windkracht, zonlicht, aardwarmte of omgevingswarmte. Dat betekent dat de geleverde elektriciteit vanuit het elektriciteitsnet, groene stroom moet zijn. Biomassa mag alleen worden toegepast als dit duurzaam geproduceerd wordt (herplanting). De duurzame energie voor een energieneutrale woning moet lokaal worden opgewekt. Een energieneutrale woning voldoet aan de definitie 'energieneutraal' als zowel het gebouwgebonden als het gebruikersgebonden energiegebruiken lokaal en duurzaam worden opgewekt, tijdens de gebruiksfase. Dit houdt in dat de energie opgewekt kan worden op het perceel of met meerdere woningen samen. Bij een energieneutrale woning is in de gebruiksfase het energiegebruik gebaseerd op gebouwgebonden en het gebruikersgebonden energiegebruik. Er ontbreekt een algemeen geaccepteerde methodiek voor de bepaling van de hoeveelheid energie die gebruikt wordt voor het materiaalgebonden energiegebruik, uitgedrukt in Megajoules (MJ) of kilowattuur (kWh). Daarom wordt de materiaalgebonden energie niet meegenomen in de energievraag. In de toekomst zal het materiaalgebonden energiegebruik echter steeds belangrijker worden. Het materiaalgebonden energiegebruik zal een groter deel van de totale energievraag zal gaan uitmaken naarmate het gebouwgebonden en gebruikersgebonden energiegebruik in de gebruiksfase minder zijn. De eenheid waarin de energieopbouw berekend wordt is omgerekende kilowattuur (kWh) primaire energievraag. Het begrip 'CO₂-neutraal' wordt verder niet in dit onderzoek gebruikt, alleen 'energieneutraal' zal gebruikt worden. Het begrip 'CO₂-neutraal' gaat veel verder dan alleen het energiegebruik van het gebouw. De CO₂-uitstoot wordt voornamelijk veroorzaakt bij het winnen van elektriciteit en transport van personen en materialen.



4 Strategie 'energieneutraal' ontwerpen

Voor het ontwerp van een woning kan er gebruikt worden gemaakt van verschillende ontwerpstrategieën. Maar welke ontwerpstrategie sluit aan bij het ontwerpen van een energieneutrale woning? Voor het ontwerp van een woning is er onderzoek gedaan naar de Trias Energetica / Nieuwe Stappenstrategie en de Kyoto Piramide. Op basis van een ontwerpstrategie worden de maatregelen bepaald om een energieneutrale woning te realiseren. In §4.1 is de Kyoto Piramide uitgewerkt. De Trias Energetica / Nieuwe Stappenstrategie is toegelicht in §4.2. De conclusie voor de strategie 'energieneutraal' ontwerpen is omschreven in §4.3.

4.1 Kyoto Piramide

De Kyoto Piramide is een ontwerpstrategie die wordt toegepast bij het ontwerpen van een passiefhuis. De Kyoto Piramide is in 2005 ontwikkeld door Husbanken, in samenwerking met SINTEF en de Noorse Building Research Institute. Husbanken [Husbanken, november 2011] is een overheidsinstelling in Noorwegen die zorgt voor Volkshuisvesting en de woningwet. SINTEF [Sintef, november 2011] is de grootste onafhankelijke onderzoeksorganisatie van Scandinavië. Sintef creëert waarden doormiddel van kennis, onderzoek en innovatie en ontwikkelt oplossingen en technologieën.

De Kyoto Piramide is een ontwerpstrategie die bestaat uit vijf stappen. Het doel van de Kyoto Piramide is een energiezuinige, gebruiksvriendelijke woning te realiseren.

De volgende stappen vormen samen de Kyoto Piramide:

Stap 1: Beperk de warmtevraag. De warmtevraag kan worden verminderd door: een compact ontwerp, isolatie, ramen en deuren met een hoge isolatiewaarde, luchtdicht bouwen, gebalanceerde ventilatie.

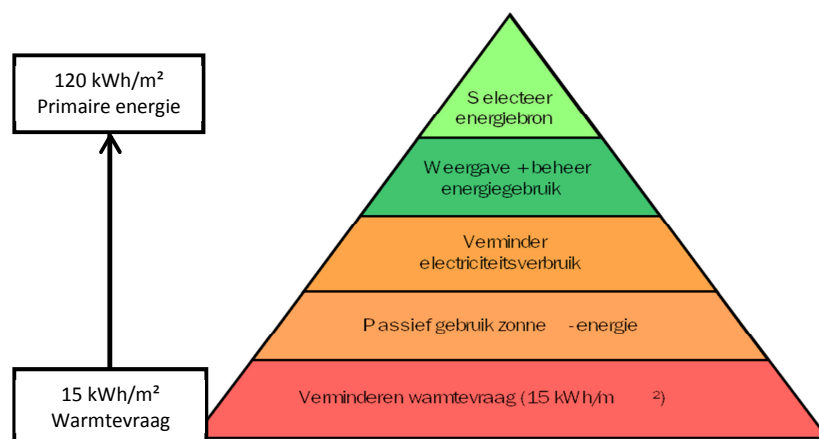
Stap 2: Maak gebruik van passieve zonne-energie. Dit kan door gebruik te maken van: optimale oriëntatie, daglichtopeningen, belemmeringen positioneren.

Stap 3: Verminder elektriciteitsgebruik door zoveel mogelijk energiezuinige apparaten te gebruiken.

Stap 4: Zorg voor een overzicht met een weergave + beheer van het energiegebruik. Door weergaven van het energiegebruik wordt een terugkoppeling gegeven op het energiegebruik.

Stap 5: Selecteer een energiebron die zo efficiënt mogelijk wordt gebruikt.

[Intelligent Energy Europe, november 2011]



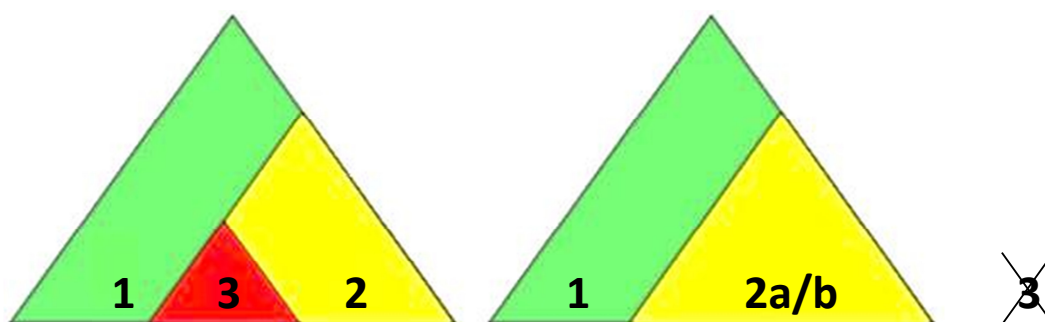
Afbeelding 4.1: Kyoto Piramide
Bron: Passiefhuizen in Nederland

4.2 Trias Energetica / Nieuwe stappenstrategie

De Technische Universiteit Delft heeft een ontwerpstrategie ontwikkeld voor het duurzaam ontwerpen van een energiezuinige woning. De ontwerpstrategie is de genaamd de 'Trias Energetica'. Eind jaren '80 is de Trias Energetica opgesteld door C. Duijvestein van de TU Delft. De Trias Energetica bestaat uit de volgende drie stappen:

[Hameetman / Haas / Aa, december 2006]

1. Terugdringen van de warmte- / koudebehoefte
2. Toepassen van duurzame energietechnieken
3. Toepassen van efficiënte technieken om in de resterende warmte- / koudebehoefte te voorzien.



Afbeelding 4.2: Trias Energetica naar de Nieuwe Stappenstrategie

Trias Energetica sluit het gebruik van fossiele bronnen niet uit. In de zogenoemde Nieuwe Stappenstrategie wordt het gebruik van fossiele bronnen niet meer toegepast. De Nieuwe Stappenstrategie is opgesteld door Prof.dr.ir. Andy van den Dobbelsteen.

In de Nieuwe Stappenstrategie is een nieuwe stap tussengevoegd. De stap bestaat uit het benutten van reststromen. De Nieuwe Stappenstrategie bestaat uit de volgende stappen: [Dobbelsteen, mei 2008] / [Dobbelsteen, april 2009]

1. Verminder de energievraag door (steden)bouwkundige, passieve maatregelen die geen hulpenergie vragen.
- 2a. Gebruik energie uit interne of externe reststromen.
- 2b. Gebruik voor de overblijvende energievraag zoveel mogelijk duurzame energiebronnen.
3. Vermijd eindige (fossiele) energiebronnen; indien gebruik hiervan onvermijdelijk is, gebruik ze dan zeer efficiënt en compenseer dit op jaarbasis met 100% duurzame energie.



Afbeelding 4.3: de Nieuwe Stappenstrategie
(bron) Rotterdam Energy Approach and Planning (REAP)

4.3 Conclusie

Voor het ontwerpen van een energieneutrale woning zijn twee ontwerpstrategieën onderzocht. De twee ontwerpstrategieën hebben allebei tot doel een energiezuinige woning te ontwerpen.

In de Kyoto Piramide is de stap voor het gebruik van passieve zonne-energie en het verminderen van energiegebruik opgenomen. Hoe minder energiegebruik er is, des te minder energieopwekking er nodig om aan de eis voor 'energie neutraal' te voldoen.

In de Nieuwe stappenstrategie wordt de stap van energievraag voorkomen beschreven, deze stap komt overeen met de stappen: passieve zonne-energie en het verminderen van het energiegebruik uit de Kyoto Piramide. De stap in de Kyoto Piramide voor de weergave en beheer van energie is geen onderdeel van de Nieuwe stappenstrategie. De keuze voor de stap 'weergave en beheer' is nodig bij het controleren en sturen op het functioneren van de installaties in een energieneutrale woning. Daarom sluit de Kyoto Piramide het beter aan bij het realiseren van energieneutrale woningen.

In de Kyoto Piramide moet de stap 'selecteer onuitputbare energiebron' vervangen worden door 'opwekken duurzame energie'. Door de stap te vervangen sluit de ontwerpstrategie aan bij het realiseren van energieneutrale woningen.



5 Energie bepalingsmethodes

Het ontwerpen van een energieneutrale woning wordt gedaan aan de hand van een ontwerpstrategie. Om te toetsen of een ontwerp voldoet aan de gestelde eisen moet er gebruik worden gemaakt van een bepalingsmethode. In dit hoofdstuk worden de twee veelvoorkomende bepalingsmethodes behandeld. De twee bepalingsmethodes zijn de EPW (energieprestatienorm van woonfuncties en woongebouwen) en de PHPP (Passivhaus Projektierungs Paket). De EPW berekening is behandeld in §5.1. De PHPP berekening is omschreven in §5.2. Bij de energie bepalingsmethodes wordt ingegaan op het ontstaan, de opbouw en de betekenis van de uitkomst van de rekenprogramma's. In §5.3 zijn de energie bepalingsmethodes met elkaar vergeleken en de conclusie omschreven welke bepalingsmethode aansluit bij het toetsen van een energieneutrale woning.

5.1 EPW

Algemeen

In het Bouwbesluit wordt een norm voorgeschreven voor de energieprestatie van nieuwbouw woningen. In de energieprestatienorm van woonfuncties en woongebouwen (EPW) staat vermeld hoe de energie-efficiëntie van een nieuwe woning in één getal kan worden uitgedrukt. Het resultaat van de berekening volgens de EPW is de energieprestatiecoëfficiënt (EPC). De EPW berekening geeft globaal weer hoe energiezuinig een gebouw is. Hoe lager de EPC, hoe zuiniger het gebouw. In NEN 5128 staat de bepalingsmethode voor de EPW beschreven en in het rekenprogramma NPR 5129. [Agentschap NL Energie en Klimaat, juni 2010] De nieuwe energieprestatienorm NEN 7120 bevat bepalingsmethoden voor woningen en utiliteitsbouw voor zowel nieuwbouw als bestaande bouw. NEN 7120 gaat per 1 juli 2012 van kracht.

Opbouw

De EPW berekening is opgesplitst in twee onderdelen. Het eerste deel bestaat uit de kenmerken van de bouwkundige eigenschappen van de gebouwen en het tweede deel bestaat uit de installatietechnische eigenschappen. De twee onderdelen samen vormen het totale karakteristieke energiegebruik in Megajoule (MJ) [NEN 5128, 2004] Volgens de onderstaande formule wordt het karakteristieke energiegebruik omgerekend naar een EPC waarde.

$$EPC = \frac{Q_{\text{pres;tot}}}{330 \cdot A_{\text{g;woon}} + 65 \cdot A_{\text{verlies}}} \times \frac{1}{C_{\text{epc}}}$$

EPC	= De energie-prestatiecoëfficiënt van de woonfunctie of het woongebouw
$Q_{\text{pres;tot}}$	= Het karakteristieke energiegebruik in MJ;
$A_{\text{g;woon}}$	= De gebruiksoppervlakte van de verwarmde zones van de woonfunctie of het woongebouw in m ² ;
A_{verlies}	= De totale verliesoppervlakte van de woonfunctie of het woongebouw in m ² ;
C_{epc}	= de correctie ten opzicht van de vorige versie van NEN 5128:1998

Uitkomst

Met de EPW berekening kan het karakteristieke energiegebruik in Megajoule (MJ) worden weergegeven. Het karakteristieke energiegebruik van de EPW berekening kan sterk afwijken van het werkelijke energiegebruik. Dit omdat de EPW berekening is geen ontwerpinstrument is maar een

toetsinstrument aan de gestelde EPC eis. De EPW berekening maakt gebruik van een aantal norm waarden om het rendement van de installaties vast te stellen.

Het karakteristiek primair energiegebruik is opgebouwd uit de volgende energieposten:

- Verwarming;
- Hulpenergie verwarming;
- Warmtapwater;
- Ventilatoren;
- Verlichting;
- Zomercomfort en koeling;
- Bevochtiging;
- Vermindering primair energiegebruik (door fotovoltaïsche (PV) zonne-energiesystemen).

5.2 PHPP

Algemeen

De PHPP (Passivhaus Projektierungs Paket) bepalingsmethode is ontwikkeld in Duitsland door Passivhaus Institut (PHI, Duitsland). De PHPP berekening is gebaseerd op de Europese Norm EN832 voor de bepaling van energieprestatie van gebouwen. De PHPP berekening is ontwikkeld om in de ontwerpfase inzicht te krijgen in de energiezuinigheid van het gebouw.

De PHPP berekening is ontwikkeld in Duitsland waar het al vele jaren gebruikt wordt als hét ontwerpinstrument van de Duitse passiefhuis projecten. Met de PHPP berekening kan worden aangetoond dat een passiefhuis wel of niet voldoet aan het passiefhuis niveau, door het berekenen van de warmtevraag en het energiegebruik. Een passiefhuis is een specifieke bouwstandaard voor woningen met een comfortabel binnenklimaat, gedurende het zomer- als het winterseizoen, met een beperkt verwarmingssysteem en zonder de toepassing van actieve koeling.

Opbouw

De PHPP berekening gaat uitsluitend uit van fysische parameters met gedetailleerde invoer en de specifieke uitgebreide resultaten. De interactie tussen componenten maakt het noodzakelijk om een integrale benadering te gebruiken om zo de passiefhuis standaard te halen. In de PHPP berekening zijn alle berekeningen gebaseerd op gekoppelde gegevens. De warmtevraag is opgebouwd uit de warmtebalans tussen warmteverliezen en warmtewinsten:

Warmteverliezen

- Transmissie verliezen
- Koudebruggen (aansluiting raam-gevel, keldervloer-buitengevel, balkon)
- Ventilatieverliezen

Warmtewinst

- Zonnestraling
- Interne bronnen (Het totaal van alle warmte die gegenereerd wordt door mensen en huishoudapparatuur tijdens de verwarmingsperiode)
- Benuttingsfactor warmtewinst (Het percentage vrije warmte dat kan worden gebruikt voor ruimteverwarming.)

De specifieke primaire energievraag is de som van alle primaire energie vragen van de afzonderlijke systemen als verwarming, warm tapwater, hulpenergie en huishoudelijke apparaten. Oftewel de som van het totale energiegebruik binnen het gebouw. [Wolfgang Feist, november 2009]

Uitkomst

De belangrijkste uitkomsten uit de bepalingsmethode PHPP zijn:

- Specifieke jaarlijkse warmtevraag (Passiefhuis eis $\leq 15 \text{ kWh/m}^2$);
Voor de jaarlijkse warmtevraag kan een keuze gemaakt worden tussen de rekenmethodiek jaarmethode of jaandmethode. In de maandmethode is de warmte- en koelbehoefte nauwkeuriger te berekenen. Bovendien wordt hierdoor ook een meer betrouwbare voorspelling van het zomercomfort gedaan. [Israëls / Stofberg, 2010]
- Specifieke primaire energievraag (Passiefhuis eis $\leq 120 \text{ kWh/m}^2$);
De specifieke primaire energievraag is de som van alle primaire energie vragen voor alle energievraag binnen het gebouw. De specifieke primaire energievraag beschrijft de hoeveelheid niet hernieuwbare primaire energie die nodig is voor de energie drager.
- Specifieke primaire energievraag, energiebesparing door zonne-energie;
Indien er elektriciteit wordt opgewekt met PV-cellen, wordt dat als primaire energiebesparing meegenomen.
- Warmtebelasting;
De maximale gebouw warmtebelasting is gebaseerd op de meest ongunstigste van twee dynamische gebouwsimulaties. Op een koude, maar zonnige en onbewolkte winterdag (hoge weersdruk), of op een gemiddelde koude, maar bewolkte dag met minimale zonnestraling.
- Frequentie van oververhitting;
De mate van zomercomfort wordt gedefinieerd als het percentage uren dat de temperatuur boven het comfortlimiet komt. De standaard temperatuur die gebruikt wordt in de PHPP berekening is 25°C , maar het is mogelijk een andere temperatuur in te voeren. Hoe minder vaak de temperatuur boven de limiet komt, hoe hoger het zomer comfort is. Wanneer de frequentie van temperaturen boven de 25°C meer dan 10% is, zijn maatregelen noodzakelijk.
- Nuttige koelvraag / Koellast.
De nuttige koellast van het gebouw, als er een actief koelsysteem wordt geïnstalleerd.

5.3 Conclusie

In de §5.1 en §5.2 zijn de EPW en de PHPP berekening inhoudelijk beschreven. In §5.3 zijn de programma's vergeleken op de verschillen tussen de twee programma's. Daaruit is een conclusie omschreven die beschrijft welke bepalingsmethode aansluit bij het ontwerpen / toetsen van een energieneutrale woning.

Uit dit onderzoek van ECN naar 'Passiefhuis en EPN' komen de volgende conclusies naar voren:

"Dat de energieprestatie van passiefhuizen in de EPN ten opzichte van het gevalideerde programma PHPP ondergewaardeerd wordt. Met name door de relatief hoge interne warmtelast in de EPN is de warmtevraag bij zowel de referentie woning ($\text{EPC}=0,8$) als bij de passiefhuis variant beduidend lager dan in PHPP. Dit zorgt er voor dat maatregelen gericht op reductie van de warmtevraag in de EPN weinig effect kunnen hebben." De lagere waardering voor passiefhuis maatregelen in de EPN, in vergelijking tot het gevalideerde PHPP rekenprogramma, heeft vooral zijn oorzaak in verschillen in:

- Aanname van de interne warmtelast ($2,1 \text{ W/m}^2$ standaardaanname bij PHPP versus $6,0 \text{ W/m}^2$ in EPN);
- Aanname voor de binnentemperatuur ($T_i = 18^\circ\text{C}$ bij EPN of 20°C in PHPP);
- Waardering van verbeterde isolatiewaarde (lager in EPN);
- Waardering van verbeterde luchtdichtheid (begrenzing voor zeer lage infiltratie in EPN);

- Waardering van reductie in hulpenergie installatietechnische maatregelen voor verwarming (lager in EPN).

[Boer / Jansen / Boonstra, augustus 2009]

De twee energie bepalingsmethodes hebben verschillende doelen. De EPW is er om te toetsen hoe energiezuinig de woning is gerelateerd aan vastgelegde waarden in het Bouwbesluit. De berekening wordt gemaakt met vastgestelde NEN normen en gelijkwaardigheidsverklaringen voor producten.

Het programma PHPP berekent aan de hand van fysische parameters een zo realistische mogelijke benadering van het toekomstige energiegebruik van het ontworpen gebouw.

Bij de EPW kan alleen het gebouwgebonden energiegebruik berekend worden, voor het gebruikersgebonden energiegebruik moet een schatting van het gebruikersgebonden energiegebruik en energieopwekking worden aangehouden om een energieneutrale woning te realiseren. Bij het programma PHPP kan het totale primaire energiegebruik worden berekend, maar hierin worden ook bepaalde aannames gedaan voor het gebruikersgebonden energiegebruik op basis van het aantal gebruikers en type apparaten in de woning. Hierbij blijft het een inschatting van de hoeveelheid en wat voor gebruikers er tijdens de levensduur van de woning in zullen wonen. Daarbij is ook sterk van invloed welke en hoe energiezuinig de huishoudelijke apparaten in de woning zijn.

Voor het berekenen van het gebouwgebonden energiegebruik (warmtebehoefte) sluit het programma PHPP goed aan, dit blijkt uit meer dan 300 meting van woningen in Duitsland.

[Wolfgang Feist, oktober 2007]

6 Energiegebruik

Het totale energiegebruik van een energieneutrale woning bestaat uit een gebouw- en gebruikersgebonden. In het hoofdstuk: Energiegebruik zijn de drie energiestromingen verdere toegelicht. In §6.2 is ingegaan op invloeden op het energiegebruik van een woning. In §6.3 is omschreven hoe door bijvoorbeeld met ruimtelijk ontwerp en bouwtechnische ingrepen gebouwgebonden energiegebruik kan worden beperkt. In §6.3 is het gebruikersgebonden energiegebruik omschreven. In §6.4 is verder ingegaan op mogelijke besparingen op het gebied van het energiegebruik. In §6.5 zijn de duurzame energieopbrengsten omschreven.

6.1 Algemene invloeden

Gebruiker

Het energiegebruik is het afhankelijk van de gebruiker. De gebruiker van de woning maakt gebruik van huishoudelijke apparaten en bepaalt de gewenste binnentemperatuur. De bewoner heeft invloed op het openen van ramen in de verwarmingsperiode. De gezinssamenstelling en de aanwezigheid van de gezinsleden hebben invloed op het energiegebruik.

Klimaat

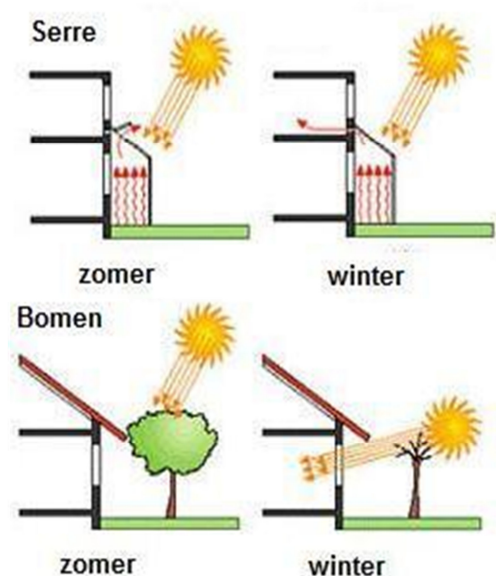
In de gebruiksfase van een woning heeft het klimaat invloed op het energiegebruik van een woning. Het klimaat bestaat onder andere uit de buitentemperatuur, zonnestraling en windsnelheid. Het verschil tussen een lagere buitentemperatuur en de binnentemperatuur bepaald het aantal graaddagen in een jaar. Het aantal graden van de buitentemperatuur onder de binnentemperatuur is gegeven in aantal graaddagen in het jaar. De graaddagen in combinatie met de warmteweerstand van een woning bepaald het warmteverlies door de gebouwschil.

Voor de energieopbrengst heeft het klimaat invloed. De windsnelheid heeft bijvoorbeeld invloed op de energieopbrengst van de windturbine. Daarnaast heeft de zonnestraling invloed op de warmtewinst van de woning en energieopbrengst via de PV-panelen en zonnecollectoren.

6.2 Gebouwgebonden

Ruimtelijk ontwerp

Verschiedende factoren kunnen invloed hebben op het gebouwgebonden energiegebruik. Door rekening te houden met oriëntatie richting het zuiden, kan de zonnewarmte in de stookperiode benut worden voor het opwarmen van de woning. De instraling van de zon wordt optimaal benut wanneer de daglichtopeningen naar het zuiden zijn georiënteerd. In de installatieruimte kan de temperatuur aanzienlijk oplopen door bijvoorbeeld installaties zoals het boiler vat voor opslag van warmwater. De indeling van het perceel kan een bijdrage hebben op de verwarming door zonnewarmte en beschaduwing van een woning. Voor de indeling van het perceel kunnen bomen in de zomerperiode een bijdrage leveren aan de beschaduwing van een woning. De bomen die in de zomerperiode fungeren als beschaduwing moeten in de winterperiode de zonnewarmte doorlaten om de woning te verwarmen. Als een woning wordt



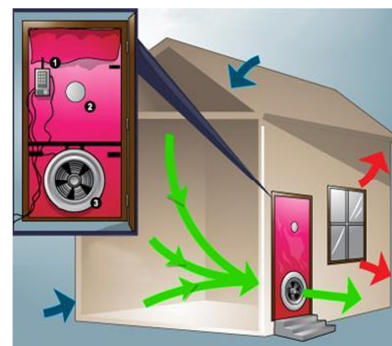
Afbeelding 6.1: Invloed zon per periode
(bron) www.duurzaamthuis.nl

voorzien van een hellend dak kan in de ontwerpfase rekening worden gehouden met de oriëntatie van het dak waarop de PV-panelen worden gemonteerd. [Israëls / Stofberg, 2010]

Bouwkwaliteit

De bouwkwaliteit heeft invloed op het realiseren van de vooraf gestelde eisen. Tijdens de realisatie van een woning moet voldoende aandacht worden besteed aan de bouwkwaliteit.

De eisen voor de bouwkwaliteit van een woning worden bepaald in de ontwerpfase. In de ontwerpfase worden eisen gesteld aan isolatiewaarden van de gebouwschil, isolatiewaarden voor de kozijnen, plaatsen van overstek en zonwering, zontoetredingsfactor (ZTA) en de lichttoetredingsfactor (LTA) van het glas. De isolatie van de gebouwschil bepaalt het warmteverlies van de scheidingsconstructie tussen het gebouw en de buitenomgeving, maar ook tussen de bodem en de aangrenzende onverwarmde ruimten. Hoe hoger de warmteweerstand van de gebouwschil, hoe minder warmteverlies er op treedt. In de gebouwschil kunnen op verschillende plaatsen naden en kieren ontstaan. Het onbewust ventileren door naden en kieren wordt infiltratie genoemd. Bij een woning die luchtdicht is uitgevoerd is het warmteverlies via infiltratie beperkt. Voor oplevering kan de luchtdichtheid van een woning worden gecontroleerd met behulp van een blowerdoortest. Het principe van een blowerdoortest is weergegeven op afbeelding 6.2. Een koudebrug in de gebouwschil kan met een warmtebeeldcamera geconstateerd worden. Een koudebrug is een aansluiting in een constructie waarbij onderbreking tussen de isolatie zit, waardoor de warmte gemakkelijk van binnen naar buitenkant van de constructie wordt geleid. Op de afbeelding 6.3 is het principe van een warmtebeeldcamera weergegeven. Hoe geler de kleur hoe hoger de temperatuur. In de ontwerpfase moet er bij detailleren rekening worden gehouden met onderbrekingen in de gebouwschil. Een woning met grote daglichtopeningen moet worden voorzien van zonwering om de hoogstaande zomerzon te weren. De zomerzon moet worden geweerd om oververhitting te voorkomen. De hoogstaande zomerzon kan door de lamellen worden tegengehouden en de laagstaande winterzon kan tussen de lamellen door. In het ontwerp van de woning moet rekening worden gehouden met een manier voor zomernachtventilatie. Voor zomernachtventilatie kan gedacht worden aan automatische dakramen op de verdieping en te openen ramen op de begane grond.



Afbeelding 6.2: Principe blowerdoortest
(bron) www.schwoerer.nl

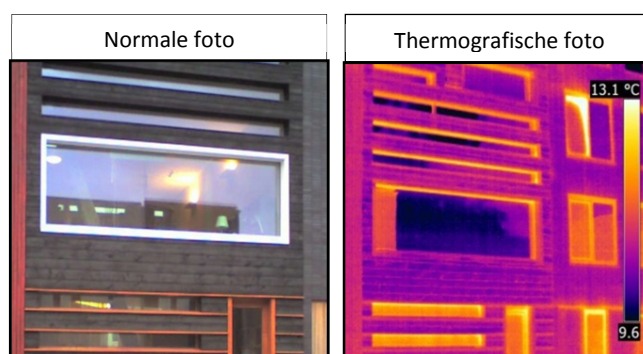
Ventilatie

Een woning moet worden geventileerd om een gezonde binnensituatie te creëren.

Ventileren is verse lucht toe te voeren en vervuilde lucht, die schadelijke stoffen, geuren en vocht bevat, af te voeren. Het ventileren van een woning kan in vijf verschillende varianten.

De verschillende ventilatie varianten zijn:

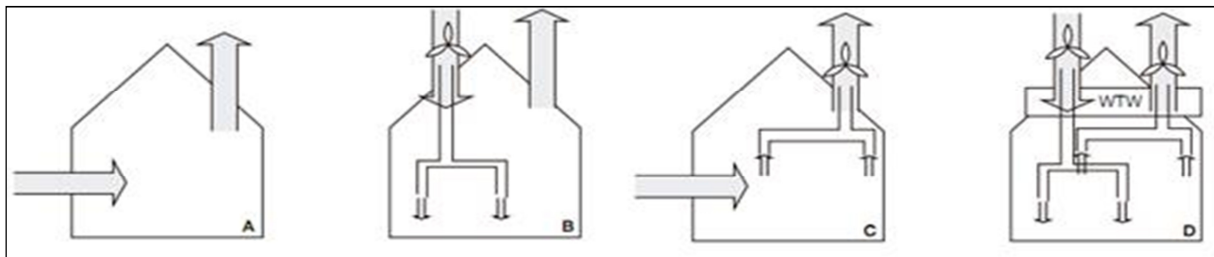
- Natuurlijke toe- en afvoer;
- Mechanische toevoer en natuurlijke afvoer;



Afbeelding 6.3: Principe warmtebeeldcamera
(bron) Nieman R.I.

- c. Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer;
- d. Mechanisch toe- en afvoer (gebalanceerde ventilatie);
- e. Hybride ventilatie (ventilatie alleen wanneer nodig).

Door het ventileren wordt er warme lucht vanuit de woning naar buiten afgevoerd. Bij een gebalanceerd ventilatiesysteem wordt met de warmte van de afgezogen lucht de koude verse lucht voorverwarmd. Het rendement van de gebalanceerde ventilatie, is het percentage van de totale afgevoerde warme lucht dat overgebracht wordt op de koude schone lucht. [Israëls / Stofberg, 2010]



Afbeelding 6.4: Schematische weergave ventilatie
(bron) <http://www.rivm.nl>

Ruimteverwarming

Een ruimteverwarmingssysteem bestaat uit een verwarmingsbron, distributie en een afgiftesysteem. Een woning kan op verschillende manieren worden verwarmd. Voorbeelden van een verwarmingsbron van ruimteverwarming zijn de warmtepomp, pelletkachel en gasketel.

Voor het afgiftesysteem is het mogelijk de ruimte te verwarmen doormiddel van ventilatielucht, radiatoren, vloer- en wandverwarming. Elk verwarmingssysteem dat in een woning wordt toegepast, heeft een bepaald systeemrendement. Het rendement kan worden aangegeven in een percentage of in een COP-waarde. Het rendement is een getal die een verhouding aangeeft tussen de gebruikte energie en de verkregen bruikbare energie voor warming of koeling. [Israëls / Stofberg, 2010]

Koeling

De mate van zomercomfort is gedefinieerd als een frequentie van temperatuuroverschrijding boven een bepaalde waarde. De PHPP berekening hanteert een bovengrens van 25°C. Indien meer dan 10% van alle uren in een jaar deze temperatuur wordt overschreden, wordt gesproken van temperatuuroverschrijding. Dan is het wenselijk om in de woning gebruik te maken van installaties om te koelen. De koelinstallaties vragen vaak veel elektrische energie. Daarom is het belangrijk dat de actieve koelvraag voorkomen word. Om de actieve koeling te voorkomen kan er gebruik worden gemaakt van verschillende mogelijkheden. Voorbeelden om de koelvraag te beperken zijn:

- Voldoende spuivoorziening, bijvoorbeeld het open van ramen voor het door tochten van de woning;
- Zonwerend glas: glas waarmee zonnewarmte effectief geweerd wordt en licht wel wordt doorgelaten;
- Buitenzonwering om zoninstraling te voorkomen;
- Nachtventilatie: de koele nachtlucht wordt gebruikt om het gebouw af te koelen;
- Het koelen van de toevoerlucht bij het ventilatiesysteem, door bijvoorbeeld een grondbuis.

In de extreme gevallen moet er gebruik worden gemaakt van elektrische koelinstallatie. Bij het aanschaffen van een elektrische koelinstallatie moet dan gelet worden het energiegebruik en de warmteafgifte van een huishoudelijk apparaat.

Warm tapwater

Warmtapwater wordt meestal alleen gebruikt in de keuken en de badkamer.

In de keuken en badkamer wordt warmtapwater gebruikt voor douchen, baden, wassen, afwassen, etc. Het energiegebruik voor warmtapwater is afhankelijk van de volgende aspecten:

- Toestelrendement van het warmte leverende apparaat;
- De afstanden tussen het opwekkingstoestel en de warmwater tappunten (leidinglengten);
- De aanwezigheid van een voorraadvat;
- De aard van de tappingen, rekening houden met leidinglengtes;
- Vereiste hoge temperatuurvraag van het warm tapwater.

[Braber / Geelen / Manussen, februari 2011]

Hulpenergie

Het gebouwgebonden energiegebruik, bestaat uit het deel energiegebruik dat door installaties wordt gebruikt. Voor mechanische ventilatie moet gebruik worden gemaakt van elektriciteit voor de werking van ventilatoren. De verwarming heeft een pomp dat water in het leidingstelsel rondpompt. Deze pomp wordt aangedreven door elektriciteit. Veel installaties voor ventilatie, verwarming, warmtapwater hebben een aansluiting op het elektriciteitsnet. De energie die wordt gebruikt door de genoemde installaties noemt men hulpenergie.

6.3 Gebruikersgebonden

Huishoudelijke apparaten & verlichting

De samenstelling van het gebruikersgebonden energiegebruik bestaat uit huishoudelijke apparaten en verlichting. Elk huishouden heeft standaard huishoudelijke apparaten die een invloed hebben op het totale energiegebruik. Voorbeelden van standaard huishoudelijke apparaten zijn: kooktoestel, wasmachine, koelkast / vriezer en computer. De overige huishoudelijke apparaten bestaan uit consumentenelektronica en kleine apparatuur. Voorbeelden van consumentenelektronica en kleine apparatuur zijn: opladers, waterkoker, koffiezetapparaat, mixer, wekker en bureaulamp. Tegenwoordig hebben alle grote huishoudelijke apparaten een energielabel.

Voor verlichting is het aantal lampen en het type van belang. De gloeilamp mag vanaf 1 september 2012 niet meer worden verkocht in de winkels in heel Europa. De nieuwe verlichting bestaat uit een LED, Halogeen of een spaarlamp. [Rijksoverheid,2012]

6.4 Energiebesparingen

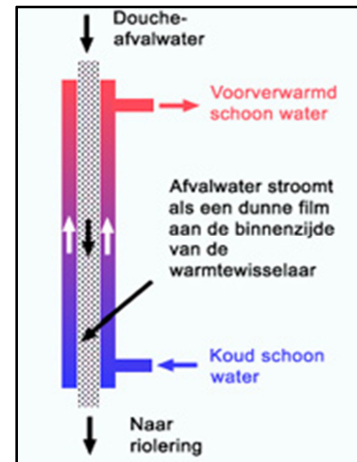
In de paragraaf energiebesparingen is ingegaan op de mogelijk besparingsmaatregelen die in een woning toepast kunnen worden. De hotfill, douchewater warmteterugwinning en zoncollectoren zijn besparingen, die installatietechnisch en bouwkundige aanpassingen vragen. Daarnaast zijn er ook huishoudelijke besparingen die eenvoudiger toegepast kunnen worden.

Hotfill

Een hotfill kan een energiebesparing opleveren op het totale energiegebruik. Dit als het warmtapwater energie efficiënter (warmtepomp, zonnecollectoren) is opgewekt, dan de (vaat) wasmachine die het koude water met elektriciteit verwarmt. De hotfill wordt geplaatst op de watertoevoer van de (vaat)wasmachine. De hotfill moet worden voorzien van een koud- en warmwateraanvoer, om de juiste water aanvoertemperatuur voor het apparaat te kunnen regelen. De hotfill is voorzien van een bedieningspaneel waarop de gewenste aanvoertemperatuur kan worden ingesteld.

Douchewater warmteterugwinning

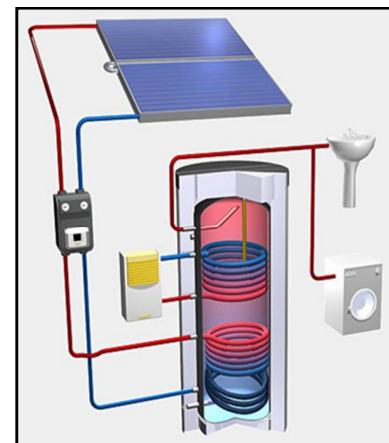
Bij warmteterugwinning uit afvalwater van de douche vindt in een warmtewisselaar voorverwarming van koud water plaats alvorens dit water wordt toegevoerd naar het warmtapwatertoestel en de koude poort van de (thermostatische) douchemengkraan. Een uitvoering is de wisselaar die bestaat uit een verticale dubbele, concentrische buis. Het warme afvalwater stroomt door de binnenste buis omlaag en staat hierbij zijn warmte af aan het koude water dat tussen binnen- en buitenbuis omhoog stroomt. Het afvalwater en drinkwater worden gescheiden door slechts een enkele wand. De spreiding van temperatuur van koude water is vrij groot, namelijk van 5 tot 20 °C. Door deze spreiding verschilt het voorverwarmde water aan de uitlaat van de warmtewisselaar tussen de 15 en 25 °C. Op afbeelding 6.5 is het principe van de douchewater-WTW weergegeven.



Afbeelding 6.5: Principe Douchewater-WTW
(bron) www.bries.nl

Zonnecollectoren

Een zonnecollector zet de energie van de zoninstraling om in warmte. De zonnecollectoren worden gebruikt voor het verwarmen van het warmwater. De vlakke plaat werd de laatste jaren het meeste toegepast. Op afbeelding 6.6 is het principe weergegeven van de vlakke plaat in combinatie met een warmtepomp. De vlakke plaat heeft een rechthoekig frame. In het frame zit een zwart metalen absorbeerplaat. De zoninstraling wordt omgezet in warmte. De onderzijde van de vlakke plaat is geïsoleerd. Onder de zwarte metalen absorbeerplaat liggen leidingen met water. Het water wordt koud aangevoerd. En wordt door de zoninstraling verwarmd. Het voorverwarmde water wordt gebruikt of opgeslagen in een boilervat. Een naverwarmer zorgt ervoor dat de temperatuur van het warmwater op temperatuur blijft wanneer de zonnecollector dit niet kan verzorgen. Aandachtspunten voor plaatsing van de zonnecollectoren zijn:



Afbeelding 6.6: Vlakke plaat
(bron) www.groeneenergie-info.nl

- De collector moet een goede oriëntatie en hellingshoek hebben (Zuid / Oost-Zuid / West);
- De afstand tussen opslagvat en collector mag niet te groot zijn;
- Gebruik een naverwarmer met het NZ-label (naverwarming zonneboiler);
- Daar waarvan de maximum temperatuur van het warmtapwater in het boilervat seizoens afhankelijk is (kan in de winter onder 60 °C liggen), is een risicoanalyse op legionella gewenst.

Nieuwe op de markt zijn de vacuümbuiscollectoren. De efficiëntie van een vacuümbuiscollector wordt hoger verwacht dan een vlakke plaat. De vacuümbuiscollector bestaat uit een dubbel wand vacuüm gezogen buis met daarin een heat pipe. De zonnestralen worden opgevangen door de coating op de heat-pipe. De dubbelwandige vacuümbuis zorgt er voor dat er minder warmte verloren gaat. [Uneto-Vni, 2011]



Afbeelding 6.7: [Vacuümbuiscollectoren](http://www.wielevert.nl)
(bron) <http://www.wielevert.nl>

Huishoudelijke besparingen

De bewoner kan energie besparen door het aanschaffen van energiezuinige huishoudelijke apparatuur (A energielabel). Andere energiebesparingen op huishoudelijk apparatuur, is het toepassen van Standby-killer of tijdschakelaar. De bewoner kan besparen op het koud- en warmtapwater gebruik, door bijvoorbeeld gebruik te maken van een waterbesparende douchekop, perlator en spoelonderbreker. De perlator zoals weergegeven op afbeelding 6.8 moet worden bevestigd aan de waterkraan.



Afbeelding 6.8: Perlator
(bron) www.totaalduurzaam.nl

6.5 Energieopbrengsten

Windturbine

Voor de energieopbrengst van een windturbine zijn enkele factoren belangrijk. Bij een lage windsnelheid kan de windturbine geen elektriciteit produceren. Bij een te hoge windsnelheid wordt de windturbine uitgeschakeld om te voorkomen dat de kracht op de windturbine te groot wordt. De windsnelheid kan per gebied (open vlakte of stedelijk gebied) in Nederland verschillend zijn. Ook de hoogte van de windturbine heeft invloed op de energieopbrengst. [Energie technologie, 2010/1]

PV-panelen

De afkorting PV is afkomstig uit het Engels Photo (=licht) en Voltaic (= elektriciteit). Het gehele PV-systeem bestaat uit omvormers, bekabeling, bouwkundige voorzieningen en de panelen. De PV-panelen zetten zoninstraling om in elektriciteit. De omvormers zorgen er in het traject voor dat elektriciteit wordt omgevormd van gelijkstroom (24 Volt) naar wisselstroom (230 Volt).

Voor de energieopbrengst van een PV-systeem kan de oriëntatie en de hellingshoek bepalend zijn. Een andere bepalende factor is beschaduwing. De beschaduwing door bijvoorbeeld gebouwen of bomen kan de energieopbrengst van een PV-systeem aanzienlijk verminderen.

Een PV-systeem wordt in de meeste gevallen serie geschakeld. Door de serie schakeling kan een beschaduwing invloed hebben op de totale energieopbrengst. De vernieuwde PV-systemen worden in de meeste gevallen parallel geschakeld waardoor de invloed van beschaduwing kleiner wordt. Een ander aspect is warmte dat invloed kan hebben op het uiteindelijke rendement van een PV-systeem. Er zijn PV-systemen die bij een temperatuur boven de 25 °C een lager rendement hebben.

De PV-panelen kunnen in een dakconstructie worden gemonteerd of op dakconstructie worden gemonteerd. Door de PV-panelen op de dakconstructie te monteren worden ze beter natuurlijk geventileerd. De factor veroudering kan invloed hebben op het uiteindelijke rendement van de PV-panelen. [Energie technologie, 2010/2]

6.6 Conclusie

Het totale energiegebruik van zowel gebouwgebonden als gebruikersgebonden energie, moet bij een energieneutrale woning zelf worden opgewekt. Algemene invloeden op het energiegebruik van een woning bestaan uit de gebruiker, klimaat en bouwkwaliteit. Voor gebouwgebonden energiegebruik zijn oriëntatie en de daglichtopeningen belangrijk voor het benutten van zonnewarmte. De hoogstaande zomerzon moet geweerd worden door het aanbrengen van de zonwering om oververhitting te voorkomen. Van de bouwtechnische eigenschappen is de gebouwschil de bepalende factor voor het beperken van het warmteverlies. Warmteverlies treedt op in de gebouwschil door naden, kieren en koudebruggen. Het warmteverlies door ventilatie in een woning wordt beperkt door gebalanceerd ventileren met een warmteterugwinning. De warmtevraag voor warmtapwater kan worden geleverd door zonnecollectoren of vacuümbuiscollectoren. Het

gebruikersgebonden energie bestaat uit huishoudelijke apparaten en verlichting. De bewoner kan door het gebruik van energiezuinige huishoudelijke apparaten en verlichting om het energiegebruik te beperken. Alle besparende maatregelen zoals een hotfill en douchewater-WTW zorgen er voor dat de energievraag verminderd. Voor energieopbrengsten kan er gebruik worden gemaakt van een windturbine of PV-panelen. De energieopbrengst van PV-panelen is onder andere afhankelijk van de zonnestraling, hellingshoek, type, rendement, omvormer en de oriëntatie ten opzichte van het zuiden. De energieopbrengst van een windturbine is afhankelijk van de gemiddelde windsnelheid, type, hoogte en de plaats in Nederland.



7 Gerealiseerde woningen

7.1 Waarom deze woningen?

De gerealiseerde woningen zijn geselecteerd op hun energieambitie zoals een energiezuinige, energiebalans of energieneutrale woning. Enkele woningen hebben een site waarop de technische-, energiegebruik- en energieopbrengstgegevens van de woning worden weergegeven. Bijvoorbeeld: Ons passiefhuis Oijen, Energiebalanswoning Amersfoort, Passiefhuisnu Swalmen en de Energiezuinige woning in Oostende hebben wel een eigen site met informatie. Enkele zijn aangesloten met een Duitse passiefhuis site waarop alle bouw- en installatietechnische eigenschappen zijn omschreven. [Datenbank für Passivhaus Projekte, november 2012] De woningen zijn in willekeurige volgorde in dit hoofdstuk beschreven. Per woning is er aangegeven welke ontwerpstrategie, bepalingsmethode en bouwmethode is gebruikt voor de woning. Naast de bouwmethode zijn de installaties voor ruimteverwarming, ventilatie, koeling en warmtapwater omschreven per woning. Per woning is er aangegeven hoe het energiegebruik en de energieopbrengst is gemonitord.

7.2 Oijen, Ons passiefhuis

De woning is geïnspireerd door 'Mijn passiefhuis' in Selfkant te Duitsland. De bewoner heeft een eigen blog waarop alle gegevens van de woning worden gedeeld met geïnteresseerde mensen. De woning is opgeleverd in 2009.

Bepalingsmethode

De warmtebehoefte van de woning is berekend doormiddel van de PHPP berekening. De woning voldoet niet aan praktijkcertificaat passiefhuis volgens achteraf gemaakte berekeningen (16,5 kWh/m²). De isolatiewaarde van de muren en het dak voldoen niet aan de gestelde eisen. De lage isolatiewaarden voor de muren en het dak worden gecompenseerd door de hogere vloerisolatie en warmteterugwinningsrendement van het ventilatiesysteem. Om het passiefhuiscertificaat praktijk te verkrijgen moet aangetoond worden dat de uitgevoerde details voldoen aan de gestelde eisen voor de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt.

De lineaire warmtedoorgangscoefficiënt moet voor een passiefhuis kleiner zijn dan (ψ) Psi-waarde < 0,01 [W/mK]. Het primaire energiegebruik is voor de woning in de ontwerpfase niet apart inzichtelijk gebracht. Er is een schatting gemaakt van 5.000 kWh door de bewoner.

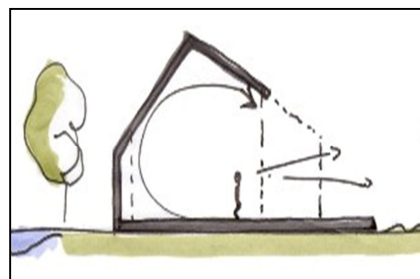


Afbeelding 7.2.1: Ons passiefhuis Oijen
(bron) www.onspassiefhuis.nl

Bouw- en installatietechnisch

De woning bestaat uit een houtskeletbouw draagconstructie. Tijdens de ontwerpfase is op het perceel rekening gehouden met de oriëntatie richting het zuiden. De woning is aan de zuidzijde voorzien van grote daglichtopeningen. Voor de hoogstaande zomerzon is de woning voorzien van een overstek om oververhitting in de zomer te voorkomen. Aan de noordzijde van de woning zijn wel enkele glasoppervlakken gepositioneerd. De glasoppervlakken hebben een negatief effect op het energiegebruik volgens de bewoner. De woning wordt verwarmd door een pelletkachel. De pelletkachel wordt automatisch aangestuurd door de thermostaat.

De ventilatie in de woning wordt voorzien door een balansventilatiesysteem met bodemcollector. De bodemcollector en nachtventilatie worden in de zomer gebruikt als koeling. In de technische ruimte staat een boiler vat die op temperatuur wordt gehouden door de warmtepomp. Het warmtapwater wordt bij verwarmd doormiddel van de vacuümbuiscollectoren op het dak. De hellingshoek van het dak is ontworpen om een optimale hoek te hebben voor de PV-panelen en vacuümbuiscollectoren. De energieopbrengsten komen van de PV-panelen op het schuine dak. Voor de verlichting in de woning is alleen maar LED-verlichting toegepast. Het afvalwater van de douche gaat door een douchewater-WTW.



Afbeelding 7.2.2: Schets doorsnede woning
(bron) www.onspassieffhuis.nl

Monitoring

De bewoner houdt de volgende gegevens bij: klimaatgegevens, binnentemperatuur en het totale energiegebruik gegevens. Van het ventilatiesysteem wordt de temperatuur gemeten van de in- en de uitblaas. De temperaturen bij het aanzuigpunt en afgiftepunt van het ventilatiesysteem worden vastgelegd. De hoeveelheid gebruikte houtkorrels worden bijgehouden in kilogrammen per maand. De energieopbrengst van de PV-panelen wordt apart bijgehouden door een kWh-meter. [Onspassieffhuis,2011]

7.3 Almere, Columbuskwartier

Het Columbuskwartier in Almere is een demonstratiewoning. De firma Koopmans B.V. is eigenaar en beheerder van de woning. De woning is gerealiseerd met de ambitie om uiteindelijk 'klimaatneutraal' te zijn. Het energiegebruik voor gebouw- en gebruikersgebonden energiegebruik moet worden gecompenseerd door energieopbrengsten van de PV-panelen en de twee windturbines.



Afbeelding 7.3.1: Energieneutraal, Almere
(bron) www.koopmans.nl

Bepalingsmethode

Het energiegebruik van de woning in Almere is berekend door middel van de EPW en de PHPP berekening. In de EPW berekening is de verwachte energieopbrengst van de twee windturbines niet opgenomen. In de PHPP berekening zijn twee varianten doorgerekend. In de uitgevoerde situatie wordt de ventilatie geregeld door natuurlijke toevoer via zelfregelende roosters in de kozijnen en mechanische afvoer door ventilator in de warmtepomp op ventilatielucht. De woning heeft een warmtevraag van 26 kWh/m². Als er in de woning mechanische balansventilatie aanwezig zou zijn, was de warmtevraag volgens de PHPP berekening 12 kWh/m².

Bouw- en installatietechnisch

De woning is met de daglichtopening naar het zuiden georiënteerd. De bouwmethode van de woning is beton gietbouw in combinatie met houtskeletbouw gevelelementen. De warmteweerstanden zijn allemaal groter dan 7,5 m²k/W. Voor de warmteopwekking is de woning voorzien van een individuele elektrische warmtepomp met als bron de bodem, ventilatieretourlucht en de buitenlucht. De temperatuur voor aanvoer- en retourlucht is een lage temperatuur. De warmteafgifte vindt plaats

doormiddel van radiatoren en convectoren in verschillende ruimten. Het warmtapwater wordt voorverwarmd door 5 m² zonnecollectoren op het dak. Eventuele bijverwarming wordt gedaan door de elektrische warmtepomp. Voor de energiebesparing is een douchewater-WTW toegepast.

Monitoring

De energiegebruik- en energieopbrengstgegevens worden door Koopmans B.V. vastgelegd. De firma Koopmans houdt maandelijks de meterstanden bij om inzicht te krijgen in het energiegebruik en de energieopbrengst. De binnentemperatuur staat ingesteld op eenentwintig graden. De energiegebruiksgegevens voor het huishoudelijk gebruik kunnen niet als representatief worden aangenomen. De woning wordt niet bewoond door een gezin. De woning wordt gebruikt voor rondleidingen en presentaties. [Koopmans,2011]

7.4 Selfkant, Passiefhuis (Duitsland)

De woning is een vrijstaand passiefhuis in Duitsland. De bewoners hebben de voor- en nadelen onderzocht en zijn tot de conclusie gekomen dat een passiefhuis bouwen in Duitsland financieel voordeliger is dan in Nederland. Een voordeel voor de bewoner was de grondprijs per vierkante meter. De subsidieregeling voor PV-panelen en de 50 eurocent per kilowattuur voor teruggeleverde energie de komende 20 jaar gegarandeerd. Met de huidige hoeveelheid energieopbrengst van de PV-panelen, krijgt de bewoner meer geld terug dan dat er voor het energiegebruik betaald.



Afbeelding 7.4.1: Passiefhuis Selfkant
(bron) www.mijnpassiefhuis.nl

Bepalingsmethode

De warmtebehoefte van de woning is met behulp van de PHPP berekening berekend. De warmtebehoefte volgens de PHPP berekening is 14,9 kWh/m². De primaire energievraag voor gebouw- en gebruikersbonden energiegebruik is volgens de PHPP berekening ongeveer 78 kWh/m².

Bouw- en installatietechnisch

De woning is een traditioneel gebouwde woning doormiddel van kalkzandsteen binnenblad en bakstenen buitenblad. Aan de zuidzijde van de woning zijn daglichtopeningen gecreëerd om zo optimaal mogelijk de zonnewarmte te benutten. De luifel boven de daglichtopeningen aan de zuidzijde zorgt voor beschaduwing bij een hoogstaande zomerzon. De vijver in de tuin voor de daglichtopeningen aan de zuidzijde moet voor meer warmtereflectie in de woning zorgen in het stookseizoen. De luchtdichtheid van een passiefhuis mag een n_{50} waarde hebben van 0,6/h⁻¹. De luchtdichtheid van de woning heeft een werkelijk gemeten waarde van n_{50} : 0,09/h⁻¹. De ventilatie in de woning wordt voorzien van een WTW-unit in combinatie met een grondbuis. Een warmtepompboiler met een inhoud van 250 liter zorgt voor het warmtapwater. De warmte die nodig is wordt gecreëerd door een pelletkachel met een lucht uitblaas. In de zomerperiode wordt de woning gekoeld met nachtventilatie. De energieopbrengst komt van een aantal PV-panelen met een oppervlakte van 24,8m² die op het platte dak zijn geplaatst. Het platte dak heeft als voordeel dat de PV-panelen onder een optimale hoek richting het zuiden kunnen worden gepositioneerd.

Monitoring

De bewoner van de woning heeft geen aparte energiegegevens gemeten. Alleen de energiegebruik- en energieopbrengst gegevens zijn opgesplitst. [Mijnpassiefhuis,2011] en [P+ Bouwtrends,2008/4]

7.5 Utrecht, Passiefhuis

De woning in Utrecht is in 2008 zelf door de bewoner gerealiseerd. De bewoner heeft een paar maanden meegelopen bij een Duitse passiefhuisbouwer. De bewoner had als ambitie de woning energiezuinig te laten zijn met een zeer aangenaam comfort.

Bepalingsmethode

De warmtebehoefte van de woning is bepaald doormiddel van de PHPP berekening. De warmtebehoefte van de woning is volgens de PHPP berekening ongeveer 14 kWh/m². De primaire energievraag is met de PHPP berekend op ongeveer 96 kWh/m². Het resultaat van de luchtdichtheidsmeting is uitgekomen op n₅₀waarde: 0,2 /h⁻¹.

Bouw- en installatietechnisch

De woning is opgebouwd in een Isorast bouwsysteem. Het Isorast systeem bestaat uit isolatieblokken die zowel aan de binnen en buitenzijde moeten worden voorzien van de stuclaag als afwerking. In de tussenliggende gleuf wordt beton gestort, zoals weergegeven op de afbeelding 7.5.2. Door het betonstorten wordt er een massief betonsysteem gerealiseerd. Tijdens de ontwerpfase is er voor gezorgd dat de grotere daglichtopeningen aan de zuidzijde. Voor ruimteverwarming is een warmtepomp aanwezig. Het afgiftesysteem van de woning bestaat uit betonkernactivering. Het principe betonkernactivering bestaat uit leiding die in de prefab betonvloer zijn ingestort. Door de leidingen kan zowel warmwater voor verwarmen als koudwater voor koelen worden doorgevoerd. Op afbeelding 7.5.3. is een doorsnede van de kanaalplaatvloeren met de leidingen weergegeven. De ventilatie in de woning wordt verzorgd door mechanische balansventilatie met een warmtewisselaar. Het warmtapwater wordt verwarmd doormiddel van 5 m² zonnecollectoren op het dak. Het warmtapwater wordt opgeslagen in een boilervat van 193 liter. De bewoner besteedt veel aandacht aan geluidsniveau, omdat een passiefhuis goed geïsoleerd is en dat geluid van buiten niet hoorbaar is in de woning. Een installatie mag geen hoger geluidsniveau hebben dan 28 decibel. Door het geluid van buiten niet hoorbaar is worden installaties met een hoog geluidsniveau als vervelend ervaren door de bewoner. Alle verlichting in de woning is voorzien van LED-verlichting. De woning is niet voorzien van PV-panelen of een windturbine.

Monitoring

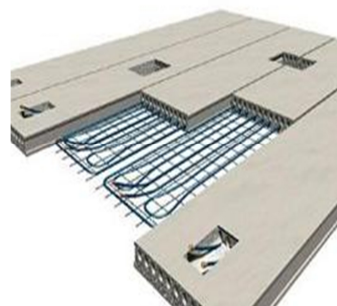
De bewoner heeft alleen de gegevens van het totale energiegebruik op meter in de meterkast. Het specifieke energiegebruik is twee weken lang van verschillende huishoudelijke apparaten en hulpenergie gemonitord. Tijdens de meetperiode is de temperatuur van de lucht door de WTW-unit en ruimtetemperatuur in de keuken en twee slaapkamers gemonitord.



Afbeelding 7.5.1: passiefhuis
Utrecht (bron)
www.eigenhuisbouwen.nl



Afbeelding 7.5.2: Isorast
bouwsysteem
(bron) www.isorast.nl



Afbeelding 7.5.3:
betonkernactivering
(bron) www.isorast.nl

7.6 Groenlo, Nulwoning

De Nulwoning in Groenlo is een vrijstaande woning met zowel een passiefhuis als ecologische achtergrond. De woning is in 2008 opgeleverd. De betrokken partijen komen zoveel mogelijk uit de omgeving van de plaats Groenlo. De bewoner heeft in samenwerking met een kozijnenleverancier een kozijn ontwikkeld met lage warmtedoorgangscoefficiënt en drielaags glas. Door alle producten uit de omgeving van Groenlo te halen wordt er bespaard op het transport van materialen. De ambitie van de bewoner is een 'Nulwoning' te realiseren met een hoog comfort. Met de ambitie moet zowel gebouw- en gebruikersgebonden energiegebruik met energieopbrengsten worden gecompenseerd.



Afbeeld 7.6.1: Nulwoning, Groenlo
(bron) www.nulwoning.nl

Bepalingsmethode

De woning is gerealiseerd op een perceel waar in eerste instantie een woning moest worden gerealiseerd met ecologische voorwaarden. De huidige bewoner heeft de ecologische eisen samengevoegd met het passiefhuis concept. In de ontwerpfase is gebruik gemaakt van de ontwerpstrategie Trias Energetica. Voor de woning is de Trias Energetica aangepast door de bewoner. De bewoner geeft aan dat een Nulwoning met de volgende drie stappen kan worden ontworpen:

- Stap 1: Beperk de energievraag (goed geïsoleerd en luchtdicht bouwen, warmteterugwinning). Gebruik energiezuinige apparatuur
- Stap 2: Gebruik een efficiënt systeem voor verwarming en warmtapwater. Gebruik, bijvoorbeeld thermische collectoren met een warmtebuffers, een warmtepomp met bodemwarmte en energiemanagers om de juiste warmte/energie bronnen te kunnen aanspreken. Maar vergeet passieve energiebronnen niet als zuidelijke oriëntatie van de woning, glasoppervlakten en grondbuis.
- Stap 3: Wek de nog benodigde energie op met hernieuwbare energie bijvoorbeeld PV-panelen en of een windmolen.

De bepalingmethode voor de Nulwoning was de PHPP berekening. De warmtebehoefte volgens de PHPP berekening is ongeveer 15 kWh/m².

Bouw- en installatietechnisch

De bouwmethode van de woning is houtskeletbouw. De draagconstructie en het dak zijn als eerste gerealiseerd. Doordat het dak waterdicht was had de bewoner een droge werkplaats om de rest van de woning op te bouwen. De stramienmaat van de woning is vierenhalf meter. De stramienmaat had als voordeel dat de bewoner tijdens het bouwproces veel materialen zelf kon aanbrengen. De daglichtopeningen van de woning zijn georiënteerd op het zuiden. Op het perceel staan enkele bomen die in de zomer voor beschaduwing zorgen op de PV-panelen en zonnecollectoren. Het ventilatiesysteem van de woning is voorzien van een WTW-unit in combinatie met een grondbuis. Het warmtapwater wordt nu nog doormiddel van zonnecollectoren verwarmd. De zonnecollectoren worden in de toekomst vervangen door vacuümbuiscollectoren. De verlichting in de woning is voorzien van LED-verlichting. Bij het aanschaffen van huishoudelijke apparaten houdt de bewoner wel rekening met energiezuinigheid maar is het comfort het belangrijkste.[Nulwoning,2011]

Monitoring

De woning wordt op verschillende onderdelen gemonitord. Volgens de bewoner is zijn woning een proef laboratorium om nieuwe technieken te testen. Vanaf het moment dat de woning is opgeleverd worden verschillende installaties gemonitord om te onderzoeken wat de resultaten en het energiegebruik zijn. In samenwerking met verschillende leveranciers worden de installaties gemonitord.

7.7 Amersfoort, Energiebalanswoning

De energiebalanswoning is in 2000 opgeleverd in de wijk Nieuwland in Amersfoort. Het gaat om een twee onder één kap woning. Eén van de twee woningen wordt bewoond door een gezin. De andere woning was in de eerste jaren een testwoning voor REMU. De woningen zijn in de ontwerpfase gedefinieerd als energiebalans woningen. De hoeveelheid gebruikte energie moet door de energieopbrengst uit PV-panelen worden gecompenseerd.



Afbeelding 7.7.1: Energiebalanswoning Amersfoort
(bron) <http://www.energiebalanswoningamersfoort.nl>

Bepalingsmethode

De woning is ontworpen aan de hand van de ontwerpstrategie Trias Energetica. Voor de energiebalanswoning is de derde stap uit de bestaande Trias Energetica vervangen door: “Lever het eventuele overschot aan zelf opgewekte energie terug aan het net en koop het te kort aan elektriciteit in als duurzame stroom (Ecostroom, Windstroom) en het gasgebruik als Ecogas”. Het energiegebruik van de woning is berekend doormiddel van de EPW berekening. De doelstelling voor de woning was het realiseren van een balans tussen de energieopbrengst van zonnestroom en het totale energiegebruik.

Bouw- en installatietechnisch

De woning is traditioneel gebouwd met warmteweerstanden voor vloeren, gevels en het dak die voldoen aan het Bouwbesluit. De warmteweerstanden van de begane grondvloer, gevels en het dak zijn ongeveer $3,5 \text{ m}^2\text{k/W}$. De woning is optimaal georiënteerd op het zuiden. Het dak is een lessenaarsdak dat onder een hoek van 21° is georiënteerd op het zuiden. Het ventilatiesysteem in de woning is voorzien van een WTW-unit in combinatie met een bodemwarmtewisselaar. De bodemwarmtewisselaar wordt zowel voor de warmte- als koelvraag gebruikt. De ruimtewarming voor de verschillende ruimten wordt geleverd met zonnecollectoren en een elektrische aangedreven warmtepomp in combinatie met een bodemwarmtewisselaar. De warmte in de ruimten wordt afgegeven door wand- en vloerverwarming. Ongeveer de helft van de behoefte van warmtapwater wordt geleverd door zonnecollectoren met een oppervlakte van circa $8,4 \text{ m}^2$. De overige verwarming van het warmtapwater wordt geleverd met een warmtepomp. De verlichting in de woning bestaat uit een combinatie van LED-verlichting en spaarlampen. De wasmachine is voorzien van de hotfill aansluiting. Voor energieopbrengst liggen er op elk dakvlak van de woning ongeveer 144 PV-panelen.

Monitoring

De woning is in de periode april 2001 t/m maart 2002 gemonitord. Voor de monitoring zijn de gebruiksgegevens op specifieke meetpunten gemonitord. Van elke installatie in de woning zijn de energiegebruiksgegevens bekend. [Energiebalanswoning Amersfoort, 2011]

7.8 Amsterdam, Steigereiland 2.0

De woning op het steigereiland in Amsterdam is opgeleverd in 2009. De bewoner had in de ontwerpfase de ambitie om een energieneutrale woning te realiseren. De woning is gebouwd volgens de passiefhuis normering. De woning in Amsterdam is de eerste woning in Nederland die voldoet aan de eisen voor het passiefhuiscertificaat praktijk.

Bepalingsmethode

De ontwerpstrategie Cradle to Cradle is gebruikt tijdens ontwerpfase van de woning. De PHPP berekening is gebruikt voor het bepalen van de warmtevraag van de woning. De warmtevraag van de woning is volgens de PHPP berekening 13 kWh/m².



Afbeelding 7.8.1: Passiefhuis
Steigereiland 2.0

Bouw- en installatietechnisch

De draagconstructie van de woning bestaat uit houtskeletbouw elementen. De houtskeletbouw elementen zijn vooraf in de fabriek geprefabriceerd. Doordat de woning een tussenwoning is, wordt in de PHPP berekening het warmteverlies naar de twee naastliggende woningen niet meegerekend. Door de twee scheidingswanden niet mee te rekenen in de PHPP berekening wordt het verliesoppervlak van de woning verkleind. De scheidingswanden zijn geïsoleerd uitgevoerd. Op het moment dat de scheidingswanden niet worden geïsoleerd kan de warmte van de naastgelegen woningen invloed hebben op de binnentemperatuur. Bij een verschil van temperatuur in de spouwmuur ontstaat trek van koude lucht tussen de beide scheidingswanden. De koude lucht koelt de scheidingswanden af. De afgekoelde scheidingswanden kunnen invloed hebben op de hogere binnentemperatuur. Het glasoppervlak ligt dieper terug in de gevel, waardoor de hoogstaande zomerzon geweerd wordt en de laagstaande winterzon de ruimte wel kan verwarmen. De ramen zijn voorzien van een handmatige bedienbare zonwering. Het ventilatiesysteem is een WTW-unit in combinatie met een bodemwarmtewisselaar. De extra warmte die eventueel nodig is om de woning te verwarmen wordt geleverd door een pelletkachel in de woonkamer. In de zomerperiode wordt de woning door nachtventilatie en de bodemwarmtewisselaar gekoeld. Op de bovenste verdieping is een raam aangebracht dat kan worden geopend voor nachtventilatie. Op de begane grond is aan de achterzijde van de woning een mogelijkheid een verticaal raam te openen. Voor het opwarmen van het tapwater zijn vacuümbuiscollectoren aangebracht in de gevel. De vacuümbuiscollectoren zijn allemaal zo gedraaid dat ze optimaal mogelijk zijn georiënteerd op het zuiden. Voor het eventueel bij verwarmen van het warmtapwater is een lucht / water warmtepomp geïnstalleerd. De duurzame energie wordt opgewekt door een windturbine.



Afbeelding 7.8.2:
Vacuümbuiscollectoren
(bron) <http://www.architecturenewsplus.com>

Monitoring

De bewoner heeft nog geen specifieke energiegegevens. De bewoner is van plan een monitorsysteem te installeren om te kijken wat zijn specifieke energiegebruik gegevens zijn. Voor de energieopbrengst van de windturbine en het totale energiegebruik heeft de bewoner een kWh-meter. [Steigereiland 2.0, november 2010]

7.9 Swalmen, Passiefhuisnu

De vrijstaande woning in Swalmen is een passiefhuis. De woning is opgeleverd in 2009. De bewoners zijn op het idee gekomen om een passiefhuis te realiseren na ze een Duits artikel over een passiefhuis gelezen te hebben. De woning is niet voorzien van PV-panelen of een windturbine.

Bepalingsmethode

De toegepaste bepalingmethode voor de woning is de PHPP berekening. De warmtebehoefte volgens de PHPP berekening is 15 kWh/m². De primaire energievraag is volgens de PHPP berekening ongeveer 65 kWh/m².



Afbeelding 7.9.1: Passiefhuis
Swalmen

(bron) www.passiefhuisnu.nl

Bouw- en installatietechnisch

Het bouwsysteem van de woning is massiefbouw. Het binnenspouwblad is aan de buitenzijde voorzien van een gestuukte dik pakket harde isolatie. De grote daglichtopening zijn georiënteerd op het zuiden. De woning wordt geventileerd door middel van een ventilatie-unit met een tegenstroom warmtewisselaar. Voor de ruimteverwarming wordt gebruik gemaakt van een warmtepomp met warmwateropslag.

Monitoring

De bewoner heeft geen specifieke opsplitsing in het energiegebruik. De bewoner heeft alleen het werkelijke energiegebruik op meter. [Passiefhuisnu,2011]

7.10 Rotterdam, Appartementen Sleephellingstraat

Het appartementencomplex aan de Sleephellingstraat te Rotterdam is gebouwd in 1908 en in 2008/2009 grondige gerenoveerd. Het appartementencomplex is op passiefhuisniveau gerenoveerd. De voorgevel van het appartementencomplex is een beschermd stadsgezicht. Hierdoor kon in het ontwerp geen rekening worden gehouden met de oriëntatie richting de zon.

Bepalingsmethode

De appartementen zijn gerenoveerd om uiteindelijk te voldoen aan een warmtebehoefte 25 kWh/m². Als een renovatieproject in aanmerking wil komen voor een passiefhuiscertificaat, dan moet de warmtebehoefte kleiner of gelijk aan 25 kWh/m² zijn.

Bouw- en installatietechnisch

Bouwtechnisch zijn de warmteweerstanden van de gevels opgewaardeerd. De gevels zijn aan de binnen- of aan de buitenzijde voorzien van isolatie. Om het appartementencomplex te voorzien van ventilatie is een gebalanceerd systeem met warmteterugwinning toegepast. Voor verwarmen van ruimtes is het appartementencomplex voorzien van combiketels. De combiketels worden gebruikt voor het bij verwarmen van het warmtapwater. Het warmtapwater wordt in eerste instantie verwarmd door zonnecollectoren. Voor het appartementencomplex wordt geen duurzame energie opgewekt op het perceel. Om te besparen op het energiegebruik van de wasmachines zijn hotfill aansluitingen gemonteerd. De zonwering is geplaatst tussen de oude en de nieuwe terug liggende ramen. Het appartementencomplex is niet voorzien van eigen energieopwekking.



Afbeelding 7.10.1:
Sleephellingstraat
(bron) www.passiefhuismarkt.nl

Monitoring

Het energiegebruik van het de appartementen is na oplevering anderhalf jaar gemonitord. Tijdens de monitorperiode is van het binnenklimaat de temperatuur, relatieve luchtvochtigheid en CO₂ concentratie gemeten. Naast de metingen is ook een tevredenheidsonderzoek gehouden onder de bewoners.

7.11 Oostende, Energiezuinig (België)

De bewoners hebben in 2002 een energiezuinige woning gebouwd. De bewoners hebben de uitdaging aangenomen om een huis te bouwen dat op energetisch vlak beter presteert dan wat gangbaar is in België. De woning waarin het gezellig en gezond is om te wonen, en die tegelijk minder energie gebruikt dan een 'traditionele' woning.



Afbeelding 7.11.1: Energiezuinig
woning (bron) www.like.be

Bepalingsmethode

De berekening voor de woning is opgeleverd in 2005. In België moest de berekening destijds worden gemaakt door de K-waarde uit te rekenen. De K-waarde wordt bepaald door de isolerende waarden van de verschillende bouwmaterialen op te tellen. In de berekening wordt geen rekening gehouden met bijvoorbeeld: oriëntatie, daglichtopeningen zonwering of welk type ventilatiesysteem er worden gebruikt. De K-waarde moet worden uitgerekend voor het indienen van de bouwaanvraag in België. Vanaf 2005 is de K-waarde vervangen door het zogenaamde E-peil. Het E-peil is een nieuwe manier van berekenen en houdt rekening met bijvoorbeeld: oververhitting, ventilatie en lokale energieproductie.

Bouw- en installatietechnisch

Het bouwsysteem van de woning is traditioneel. Het ventilatiesysteem van de woning is een mechanische balansventilatie met warmteterugwinning in combinatie met een grondbuis. De ruimteverwarming van de woning is voorzien van een lage temperatuur verwarming met op de begane grond vloerverwarming en op de verdieping wandverwarming. Het warmwater wordt geleverd door de zonnecollectoren en opgeslagen in een boiler met een inhoud van 500 liter.

Voor de bijverwarming van ruimteverwarming en warmwater is de woning voorzien van een gasketel. De energieopbrengst komt van veertien PV-panelen die op het dak zijn aangebracht.

Monitoring

In de woning worden verschillende installaties gemonitord door de bewoner. De temperatuurverschillen tussen de aan- en afvoer van de balansventilatie zijn gemeten. Evenals het rendement van de WTW-unit. De luchtvochtigheid in de woning wordt bijgehouden. De temperatuur in de boiler wordt op de drie verschillende plaatsen in het boilervat gemeten. De energieopbrengst van de PV-panelen wordt per dag vastgelegd. En uiteindelijk worden de totale energiegebruik gegevens van gas, water, elektriciteit en hout bijgehouden. De bewoner houdt het energiegebruik per afzonderlijke installatie niet bij. [Like.be,2011]

7.12 Conclusie

Definitie / Ontwerpstrategie

Bij de tien gerealiseerde woning zijn de volgende definitie door de bewoner opgesteld: Energieneutraal, Passiefhuis, Energienul, Klimaatneutraal en Energiezuinig. De Kyoto Piramide als ontwerpstrategie is gebruikt bij passiefhuizen met een ambitie met een warmtevraag kleiner dan 15 kWh/m². Bij de woning in Amsterdam wordt aangegeven dat er gebruik is gemaakt van de ontwerpstrategie Cradle to Cradle. Bij de woning in Groenlo is een aangepaste Trias Energetica gebruikt. Bij een aantal woningen is niet alleen het energiegebruik belangrijk maar ook de ambitie om: duurzaamheid, gezond binnenklimaat, hoog comfort en financieel voordeel te realiseren. In de bijlage I is een totaal overzicht toegevoegd waarin alle gegevens van de definitie- ontwerpstrategie, bepalingmethode, bouw- en installatietechnisch en monitoring per woning weergegeven.

Bepalingsmethode

Voor de passiefhuizen moet de warmtevraag berekend zijn met de PHPP berekening. Bij een aantal passiefhuizen is het totale primaire energiegebruik berekend met de PHPP berekening. Als het totaal energiegebruik niet berekend is met de PHPP berekening is het energiegebruik gebaseerd op basis van aannames van een adviseur of de bewoner. De woning in Amersfoort alleen berekend met een EPW berekening.

Bouw- en installatietechnisch

De bouw- en installatietechnische gegevens zijn vrijwel van elke woning openbaar op een internetsite. De bouwmethodes die gebruikt zijn om de woningen te realiseren zijn bijvoorbeeld: houtskeletbouw, massief en traditioneel gebouwd. De woningen zijn altijd voorzien van een geïsoleerde gebouwschil met een Rc-waarde tussen de 5 m²K/W de 12,5 m²K/W. De energiebalanswoning in Amersfoort heeft een gebouwschil met een gemiddelde Rc-waarde van 3,5 m²K/W. De luchtdichtheid van de passiefhuizen is vaak onder de passiefhuis eis van 0,6/h⁻¹. De woning in Selfkant heeft een luchtdichtheid van 0,09/h⁻¹. Bij de demonstratiewoning in Almere is de ventilatie geregeld doormiddel van natuurlijke toevoer / mechanische afvoer. De overige woningen zijn voorzien van een gebalanceerd ventilatiesysteem met een WTW-unit. Zes van de tien woningen zijn voorzien van zonnecollectoren om de warmtevraag voor warmtapwater / ruimteverwarming te compenseren.

Monitoring

De beschikbare energiegegevens per woning bestaat het enkel uit het bijhouden van de jaarlijkse meterstanden. De specifieke monitorgegevens van het energiegebruik komen voort uit tijdelijke energiemetingen in de woningen. Van de energiebalanswoning in Amersfoort is door REMU-DWA-Ecofys het werkelijke energiegebruik over één jaar gemonitord.



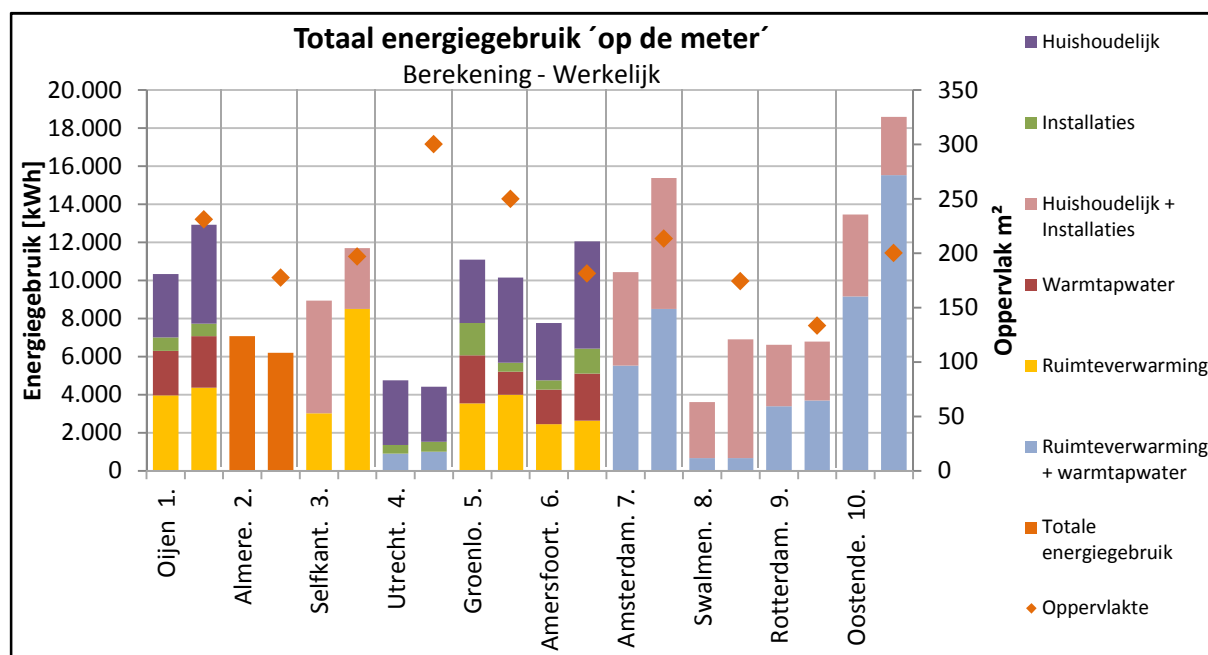
8. Vergelijking energiegebruik

In dit hoofdstuk is een vergelijking gemaakt tussen het berekende en het werkelijke energiegebruik. De tien gerealiseerde woningen zoals weergegeven in hoofdstuk 7 zijn voor de vergelijking gebruikt. Het totaal energiegebruik is toegelicht in §8.1. Het totaal energiegebruik is opgesplitst in: energie 'op de meter' en primaire energiegebruik per vierkante meter. In §8.2 is ruimteverwarming in combinatie met warmtapwater van alle woningen omschreven. In §8.3 zijn de woningen toegelicht waarvan ruimteverwarming apart van warmtapwater wordt geleverd. In §8.4 warmtapwater, is een vergelijking gemaakt tussen berekening / aannames en het werkelijke energiegebruik voor warmtapwater. In §8.5 is het werkelijke energiegebruik voor hulpenergie vergeleken met de berekening. Het berekende / werkelijke huishoudelijke energiegebruik is in §8.6 vergeleken met het Nederlands gemiddelde energiegebruik. In §8.7 is een vergelijking gemaakt tussen de verwachte en de werkelijke energieopbrengst van de PV-panelen en de windturbine. Uit alle hiervoor genoemde paragrafen zijn de conclusies uitgewerkt in §8.8. De gedetailleerde vergelijking van het energiegebruik per woning is toegevoegd in de bijlage II.

8.1 Totaal energiegebruik

8.1.1 Totaal energiegebruik 'op de meter'

Het totaal energiegebruik op de meter is vergeleken met het berekende energiegebruik op meter. In de grafiek 8.1.1 is de verdeling van het totaal energiegebruik weergegeven. Per project zijn twee kolommen weergegeven. In de linkerkolom is de berekening weergegeven. In de rechterkolom is het de werkelijke energiegebruik weergegeven. De gegevens in de grafiek de energiegegevens op de meter. Bij enkele woningen is alleen het totale energiegebruik bekend voor huishoudelijk en hulpenergie samen. Van enkele woningen is het energiegebruik niet opgesplitst voor ruimteverwarming en warmtapwater. Van de woning in Almere is de verdeling van het totale energiegebruik onbekend.



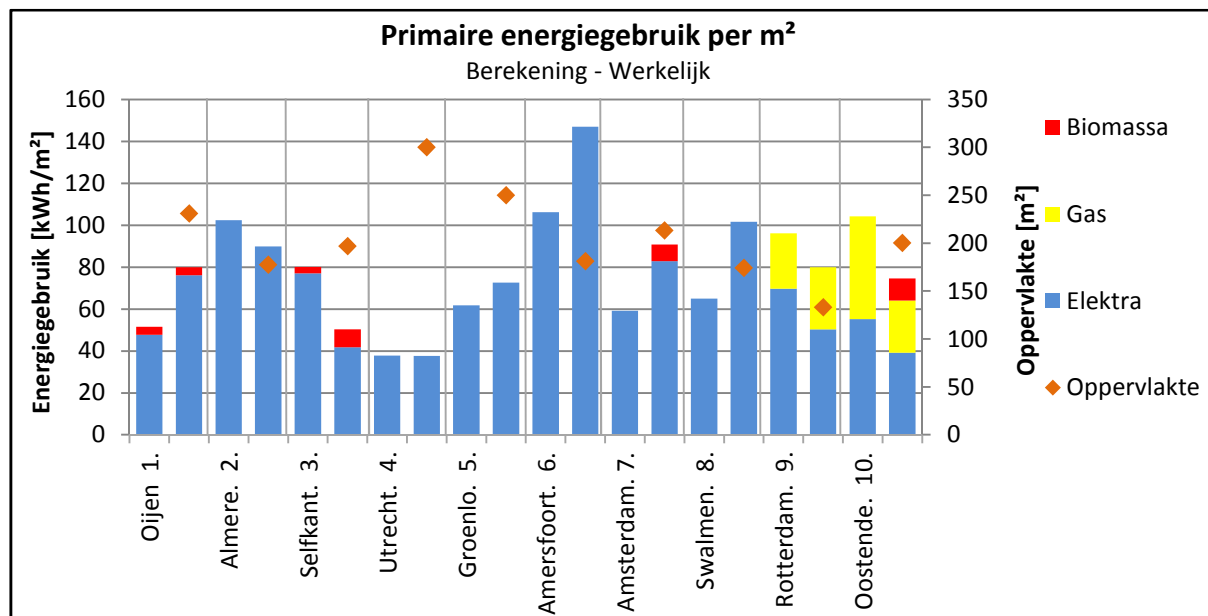
Grafiek 8.1.1: Totaal energiegebruik 'op de meter'

8.1.2 Totaal primaire energiegebruik per m²

In grafiek 8.1.3 is het berekende primaire energiegebruik met het werkelijke energiegebruik per m² weergegeven. Het energiegebruik is opgesplitst in elektra, gas en biomassa. Om het primaire energiegebruik te berekenen zijn de omrekenfactoren toegepast zoals weergegeven in tabel 8.1.2.

	Eenheid	kWh	Primair
Elektriciteit	kWh	→ x 1,0 ↔ x 2,6	
Gas	m ³	→ x 9,8 ↔ x 1,0	
Biomassa	kg	→ x 5,0 ↔ x 0,2	

Tabel 8.1.2: Omrekenfactor primaire energie [kWh]



Grafiek 8.1.3: Totaal primaire energiegebruik per m²

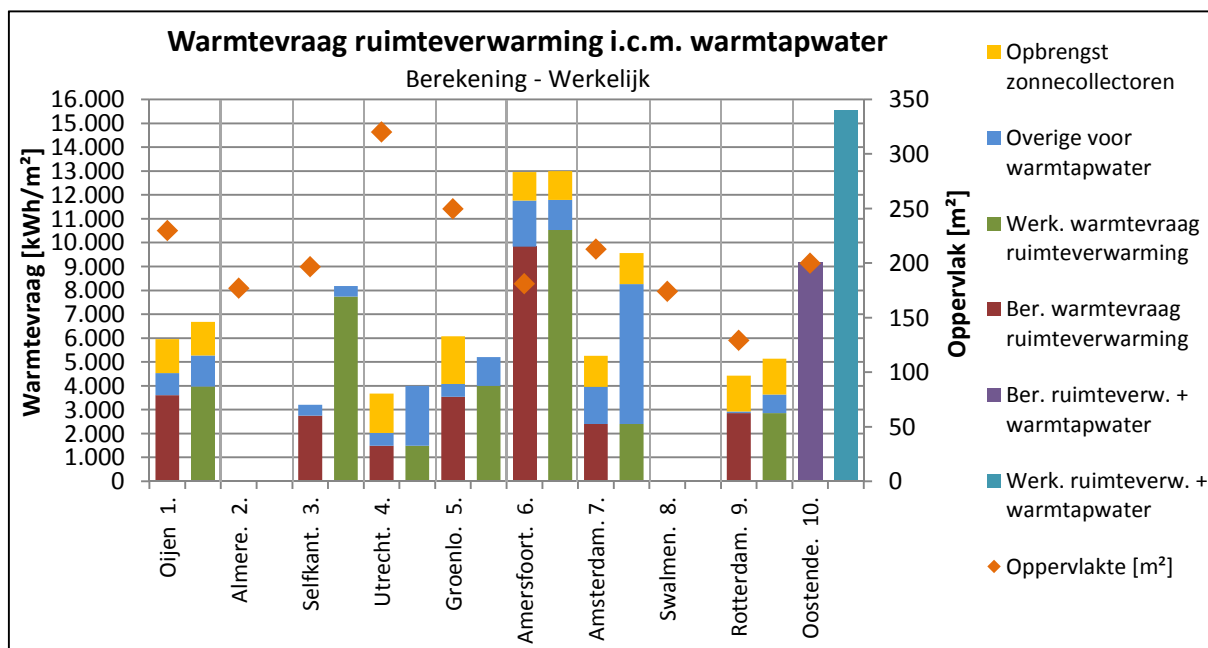
Conclusies

- Alleen de woningen in Amersfoort voldoet niet aan passiefhuis ambitie, omdat het totale primaire energiegebruik groter is dan 120 kWh/m².
- De woning in Rotterdam en Oostende maken gebruik van gas. Zolang het gas niet van een duurzame bron afkomstig is, voldoet de woning niet aan de gestelde ambitie 'energieneutraal'.
- Bij de woningen Oijen, Selfkant, Amsterdam en Oostende wordt gebruik gemaakt van biomassa. Het gebruik van biomassa moet maar voor 20% worden gecompenseerd. De primaire energie omrekenfactor van biomassa is 0,2 voor transport, verwerking van de gefabriceerde houtkorrels. Als de totale warmtevraag met biomassa wordt gecompenseerd, is het eenvoudiger om te voldoen aan de gestelde voorwaarden voor de definitie 'energieneutraal'.

8.2 Ruimteverwarming + warmtapwater

De warmtevraag voor ruimteverwarming en warmtapwater is bij enkele woningen niet opgesplitst, daarom is in de grafiek 8.2.1 de verdeling van de warmtevraag voor ruimteverwarming en warmtapwater weergegeven. Bij de woningen waar geen verdeling bekend is tussen ruimteverwarming en warmtapwater is er vanuit gegaan dat ruimteverwarming in de werkelijkheid overeenkomt met de berekening. Voor de woningen is de hoeveelheid energiebesparing van de zonnecollector berekend met de PHPP berekening. Als er geen berekening is gemaakt voor de warmtevraag voor warmtapwater is er een gemiddelde energiegebruik van 1.800 kWh aangehouden.

De aanname van 1.800 kWh wordt gebruikt door een gemiddeld gezin van 2,3 personen. De aanname van 1.800 kWh is voor de vergelijking geïnterpoleerd naar de werkelijke gezinssamenstelling. De werkelijke warmtevraag is gebaseerd op de COP-waarde of het rendement van de installatie die in de productinformatie gegeven is. Als de werkelijke COP-waarde of het rendement lager is dan de opgegeven waarde, zal de werkelijke warmtevraag in werkelijkheid hoger zijn dan nu is weergegeven. Voor dit onderzoek is het werkelijke rendement niet gemeten.



Grafiek 8.2.1: Warmtevraag voor ruimteverwarming + warmtapwater

Conclusie

- Bij de woning in Selfkant wordt warmtapwater voorzien door een warmtepomp en ruimteverwarming door een pelletkachel. Het verschil tussen de berekening en de werkelijkheid is waarschijnlijk te verklaren door het functioneren van de pelletkachel en de hogere binnentemperatuur.
- Het verschil tussen de berekening en de werkelijkheid bij de woning in Amsterdam is te verklaren door het niet goed functioneren van het verwarmingssysteem voor warmtapwater en ruimteverwarming.
- De woningen in Utrecht is in de werkelijkheid niet voorzien van zonnecollectoren. Het verschil tussen de berekende en werkelijke warmtevraag voor ruimteverwarming en warmtapwater komt nagenoeg overeen.
- De woning Groenlo is in de werkelijkheid niet voorzien van zonnecollectoren. In de vergelijking is het verschil tussen de berekende en werkelijke warmtevraag aanzienlijk groot. Het verschil is niet te verklaren.
- De verdeling van de woning in Oostende voor de warmtevraag van ruimteverwarming en warmtapwater is niet bekend.

8.3 Ruimteverwarming

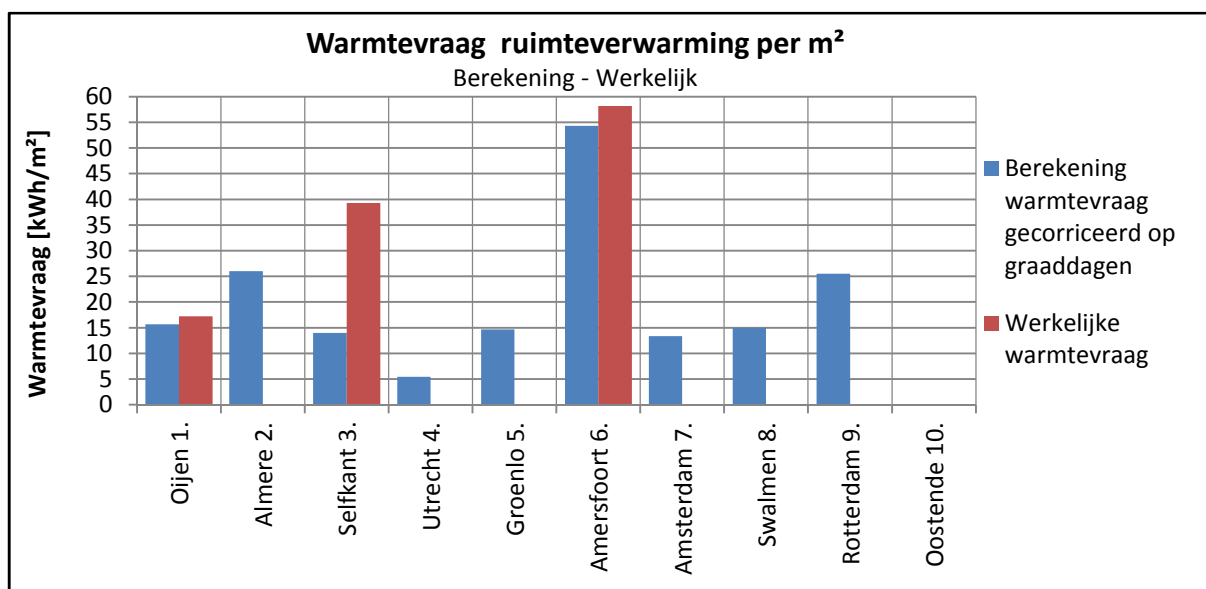
Berekening

De warmtevraag voor de woningen is berekend aan de hand van de jaarmethode in de PHPP berekening. Bij de energiebalanswoning in Amersfoort is de warmtevraag gebaseerd op een EPW berekening. Van de woningen waarvan de PHPP berekening beschikbaar is, zijn de klimaatgegevens aangepast naar werkelijke klimaatgegevens om een vergelijking te kunnen maken de berekening en werkelijkheid. De woningen die in de PHPP berekening zijn berekend, houden als standaard referentie klimaat van weerstation De Bilt aan. Voor de woning in Oijen zijn de klimaatgegevens gebaseerd op de site Meteonorm. De site van Meteonorm bezit voor de PHPP berekening een set data die gebruikt kan worden om de nodige maandelijkse klimaatgegevens voor elke locatie te exporteren naar de PHPP berekening. De graaddagen in de PHPP berekeningen zijn gecorrigeerd op de werkelijk gemeten graaddagen in het jaar. Door de graaddagen in de PHPP berekening te corrigeren met het werkelijke klimaat, kan een vergelijking worden gemaakt met de werkelijke warmtevraag voor ruimteverwarming. De interne warmtelast kan in de PHPP berekening worden berekend of standaard worden aangenomen. In PHPP berekening wordt uitgegaan van een standaard waarde van $2,1 \text{ W/m}^2$. De berekende waarde is gebaseerd op het totale berekende elektriciteitsgebruik. In de EPW berekeningen is vaste waarde voor interne warmtelast $6,0 \text{ W/m}^2$ gebaseerd op een gemiddelde over een etmaal in een gemiddelde verwarmde zone. Meer informatie over interne warmtelast is toegevoegd in bijlage III.

Werkelijk

In grafiek 8.3.1. is de berekende en de werkelijke warmtevraag voor ruimteverwarming weergegeven. Van de projecten in Oijen, Selfkant en Amersfoort is de werkelijke warmtevraag voor ruimteverwarming bekend. Bij de woning in Selfkant en Groenlo wordt de warmtevraag voor warmtapwater en ruimteverwarming afzonderlijk van elkaar geleverd.

De warmtevraag voor ruimteverwarming wordt in de woning in Selfkant geleverd door een pelletkachel. De warmtevraag voor warmtapwater wordt geleverd door een warmtepomp. De werkelijke geleverde warmte door een warmtepomp voor warmtapwater van de woning in Amersfoort is gemonitord. Van de woningen waarvan de werkelijke warmtevraag niet bekend is, is alleen het berekende energiegebruik weergegeven in grafiek 8.3.1.



Grafiek 8.3.1: Overzicht warmtevraag ruimteverwarming per m²

De werkelijke interne warmtelast is niet in de vergelijking opgenomen. De interne warmtelast is voor dit onderzoek wel apart opgesteld om te bepalen wat de invloed is. De werkelijke interne warmtelast is gebaseerd op het totale jaarlijkse energiegebruik op de meter, min het energiegebruik voor de warmtepomp. De warmte die wordt geproduceerd door de personen die in de woning wonen. In de berekening wordt uitgegaan dat een volwassen persoon een warmteproductie heeft van 80 Watt per uur, met een aanwezigheidsfactor van 0,55 per dag (13,2 uur). De uitkomsten van de berekening zijn weergegeven in tabel 8.3.2. De woningen in Oijen, Utrecht, Groenlo, Amsterdam en Rotterdam zijn berekend met de PHPP berekening. De woning in Amersfoort is berekend met de EPC berekening.

Woningen	Persoon	Opp. [m²]	Berekende interne Vermogen (W/m²)	Energie gebruik (kWh)	Gas gebruik koken (kWh)	Persoon warmte-verlies (kWh)	warmte -pomp (kWh)	Interne warmte (kWh)	Werkelijk interne Vermogen (W/m²)
1. Oijen	3	230,7	2,1	6.849		1.156	-1.000	7.005	3,5
4. Utrecht	*2,5	320,1	2,1	4.409		964	-1.000	4.373	1,6
5. Groenlo	4	249,7	** 1,85	7.073		1.542	-960	7.655	3,5
7. Amsterdam	4	213,0	2,1	6.878		1.542		8.420	4,5
9. Rotterdam	2	133,0	** 1,63	2.608	490	771		3.869	3,3
Gemiddeld			2,0						3,3
6. Amersfoort	4	181,1	6,0	10.314		1.542	-3.644	8.212	5,2

* : 2 volwassen en 1 klein kindje.

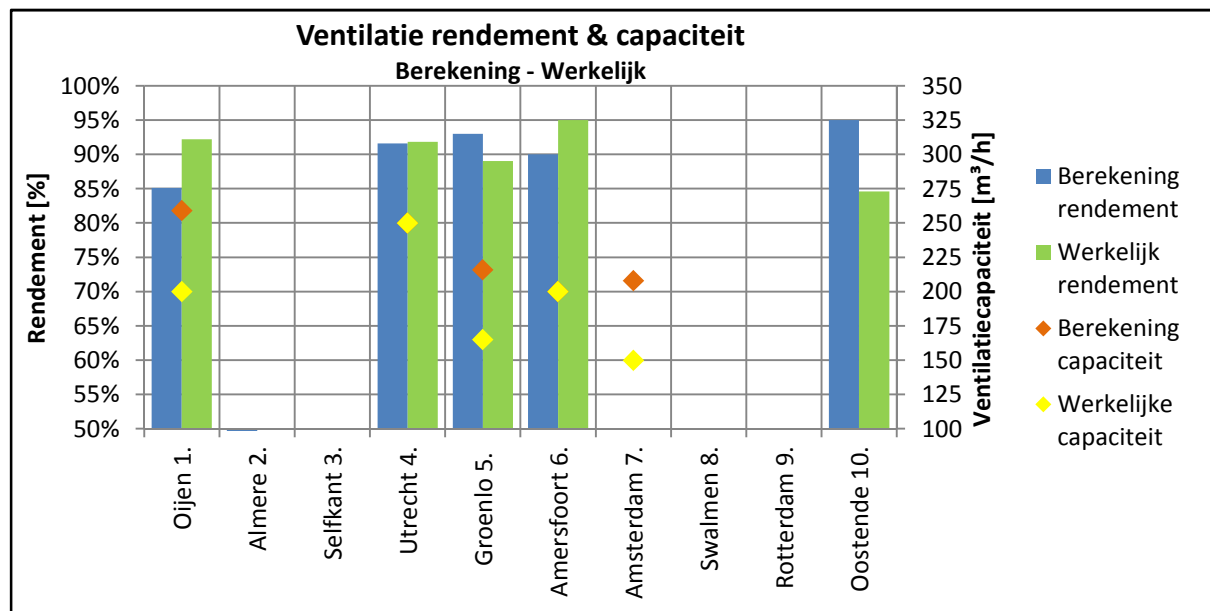
** : Interne warmtelast berekend met PHPP. De 2,1 is een standaard waarde in de PHPP berekening.

Tabel 8.3.2: Overzicht berekening interne warmtelast

Conclusies

- Het referentieklimaat De Bilt in de PHPP berekening gaat uit van 3075 graaddagen per stookseizoen oktober t/m 26 april. De werkelijk gemeten graaddagen in De Bilt zijn over de periode oktober t/m april in de jaren 2009, 2010 en 2011 gemiddeld 2930 graaddagen per jaar. Doordat er in de werkelijkheid minder graaddagen in het jaar zijn, kan de werkelijke warmtevraag lager zijn dan de berekende warmtevraag.
- De werkelijke warmtevraag voor ruimteverwarming in de woning in Selfkant is driemaal hoer dan berekend. De woning wordt bewoond door maar 1 persoon in plaats van 4 zoals de berekening aangenomen. De hogere binnentemperatuur van 21°C heeft ook invloed op de grotere warmtevraag. De grootste invloed zal waarschijnlijk het functioneren van de pelletkachel zijn.
- Bij de Nulwoning is geen isolatie opgenomen in de PHPP berekening voor aan- en afvoerbuizen van het ventilatiesysteem. In de werkelijkheid zijn de aan- en afvoerbuizen voorzien van isolatie. Bij het Passiefhuis Utrecht is in de PHPP berekening wel isolatie ingevoerd. In werkelijkheid is de isolatie niet aangebracht, hierdoor kan er ook een verschil in rendement van de WTW-unit optreden.
- De interne warmtelast is voor berekend doormiddel van het totale energiegebruik, aantal personen en min het energiegebruik voor de warmtepomp. De berekening van de interne warmte komt dan tussen aanname van de PHPP berekening met 2,1 W/m² en EPW berekening met 6,0 W/m². De interne warmtelast in een passiefhuis heeft een grote invloed op ruimteverwarming. Daarom is nader onderzoek naar de werkelijke interne warmtelast een aanbeveling.
- Bij enkele onderzochte woningen is de werkelijke ventilatiecapaciteit lager dan de berekende ventilatiecapaciteit. Het warmteverlies door ventilatie is door de lagere ventilatiecapaciteit, in werkelijkheid lager dan in de berekening is aangenomen. Door een lagere ventilatiecapaciteit kan

de WTW-unit meer warmte uit de binnenlucht halen en aan de koude buitenlucht afgeven (rendement). In grafiek 8.3.3 is het rendement van de verschillende ventilatiesystemen weergegeven.



Grafiek 8.3.3: Overzicht ventilatiesysteem met rendement en capaciteit

8.4 Warmtapwater

Berekening

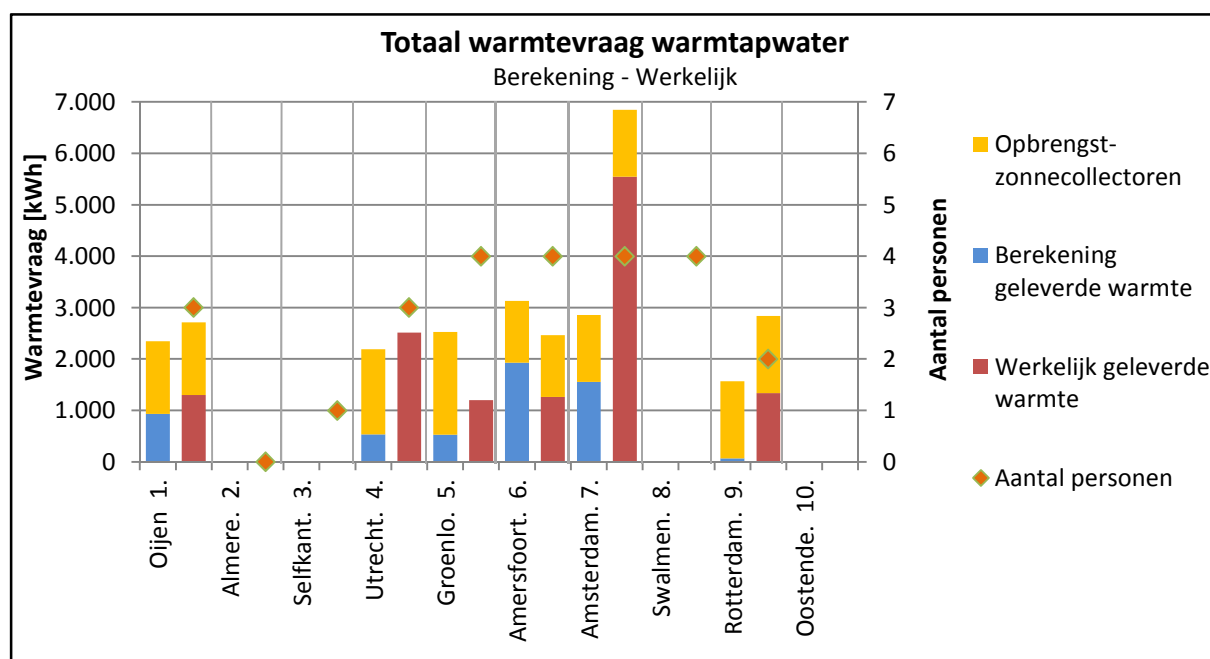
De benodigde energievraag voor warmtapwater en de energieopbrengst van de zonnecollectoren kan berekend worden met de PHPP berekening. Voor de woningen Utrecht en Groenlo is de energiebesparing van de zonnecollectoren berekend met de PHPP berekening zoals weergegeven in tabel 8.4.1. In de PHPP berekening voor de woning in Groenlo is de energiebesparing van de zonnecollectoren 79%. In de PHPP berekening is bij de Nulwoning in Groenlo rekening gehouden met een hotfill aansluiting bij de (vaat)wasmachine. Door de (vaat)wasmachine aan te sluiten op een warmwatertoevoer is de energiebesparing op elektriciteit ongeveer 50% volgens de PHPP berekening. Volgens de PHPP berekening moet een 321 kWh extra warmtapwater worden opgewekt doormiddel van een warmtepomp of zonnecollectoren. Bij de berekening van de energievraag voor warmtapwater is rekening gehouden met het warmteverlies door opslag van warmtapwater in het boilervat. Bij woningen in Oijen, Amersfoort en Rotterdam is de warmtevraag voor warmtapwater niet berekend met de PHPP berekening. Voor deze woningen is een aanname gedaan aan de hand van een elektrische boiler, die volgens 'Milieu centraal' 1.800 kWh per jaar energie gebruikt. De hoeveelheid energie voor een gemiddeld Nederlands huishouden (2,3 personen) is gecorrigeerd naar het werkelijk aantal personen in het huishouden.

Woningen	Aantal personen	Warmtapwatervraag volgens PHPP berekening [kWh]	Besparing zonnecollectoren volgens PHPP berekening [kWh]	Percentage
4. Utrecht	3	2.921	1.656	57%
5. Groenlo	4	2.523	1.997	79%

Tabel 8.4.1: Overzicht energiebesparing warmtapwater doormiddel van zonnecollectoren

Werkelijk

De werkelijke warmtevraag voor warmtapwater en ruimteverwarming is bij een aantal woningen door hetzelfde verwarmingstoestel geleverd. De berekende warmtevraag is gecorrigeerd op werkelijke graaddagen. De benodigde warmtevraag voor ruimteverwarming wordt van het totale energiegebruik afgehaald om het werkelijk energiegebruik voor warmtapwater te bepalen. De werkelijke energiebesparing van de zonnecollectoren is onbekend ten opzichte van de totale warmtevraag van het warmtapwater. De werkelijke hoeveelheid geleverde warmte door de zonnecollectoren is gelijk gesteld aan de berekende waarde uit de PHPP berekening. Bij de woningen in Oijen en in Groenlo is een douchewater-WTW aanwezig. De energiebesparing doormiddel van de douchewater-WTW is onbekend, daardoor niet opgenomen in de vergelijking.



Grafiek 8.4.2: Overzicht energie warmtapwater

Conclusies

- Bij de woningen in Groenlo en Amersfoort is de werkelijke energievraag voor warmtapwater minder dan de berekende energievraag. Het verschil kan worden veroorzaakt door verschillende factoren zoals bijvoorbeeld: het totale gebruik, rendement en verkeerde invoer in berekend.
- De conclusie is dat de invoer van warmteverliezen van grote invloed is op het totale berekende energiegebruik voor warmtapwater zoals weergegeven in tabel 8.4.3. Bij de woningen in Utrecht en Groenlo is het verschil tussen het warmteverlies 756 kWh.

Woningen	Milieu centraal [kWh]	PHPP Nuttige warmte warmtapwater [kWh]	PHPP Totale warmteverliezen van het verwarmingssysteem [kWh]	PHPP Berekende warmtevraag voor 2,3 personen [kWh]
4. Utrecht	1.800	1.217	59	1.276
5. Groenlo	1.800	1.217	815	2.032

Tabel 8.4.3: Warmtapwater vergelijk tussen PHPP berekening en Nederlandse gemiddelde

- Volgens 'Milieu centraal' is het gemiddelde energieverbruik voor warmtapwater van een Nederlands huishouden 1.800 kWh. In de berekeningen van de woningen Groenlo en Utrecht is de warmtevraag voor warmtapwater berekend op de werkelijke gezinssamenstelling. Voor de vergelijking met het Nederlandse gemiddelde is de werkelijke gezinssamenstelling in de berekening aangepast naar 2,3 personen zoals weergegeven in tabel 8.4.3.
- In grafiek 8.4.2 is weergegeven dat bij de woningen een deel van het warmtapwater bespaard wordt door zonnecollectoren. Bij de woningen in Groenlo en Utrecht wordt in de werkelijkheid geen gebruik gemaakt van zonnecollectoren. De werkelijke energiebesparing van de zonnecollectoren is niet onderzocht.
- In de woning Amsterdam wordt de warmtevraag voor ruimteverwarming en warmtapwater geleverd door een pelletkachel in combinatie met vacuümbuiscollectoren. De werkelijk geleverde warmte door de pelletkachel is 8500 kWh. Voor de opbrengst van de zonnecollector is een aanname gedaan van 1300 kWh. Bij de woning is de berekende warmtevraag voor ruimteverwarming van de totale warmtevraag afgehaald. De warmtevraag die overblijft, is voor warmtapwater zoals weergegeven in tabel 8.4.4. Conclusie is dat het functioneren van de pelletkachel, die wordt gebruikt voor het leveren van de warmtevraag voor ruimteverwarming en warmtapwater, onbetrouwbaar is. Het verschil tussen de berekende warmtevraag 3029 kWh voor warmtapwater en de werkelijkheid 5649 kWh is 2620 kWh. Een aanbeveling is om nader onderzoek uit te voeren naar het functioneren van een pelletkachel.

Woning	Warmtevraag ruimteverw. + warmtapw. [kWh]	Rendement	Geleverde warmte [kWh]	Ruimteverwarming [kWh]	Berekening opbrengst zonnecollectoren [kWh]	Warmtevraag warmtapwater [kWh]
Amsterdam ber.	6.534	91%	5.946	2.851	1.300	3.029
werk.	9.800	91%	8.918	2.851	1.300	5.649

Tabel 8.4.4: Overzicht Amsterdam, ruimteverwarming en warmtapwater geleverd door een pelletkachel

8.5 Hulpenergie

Berekening

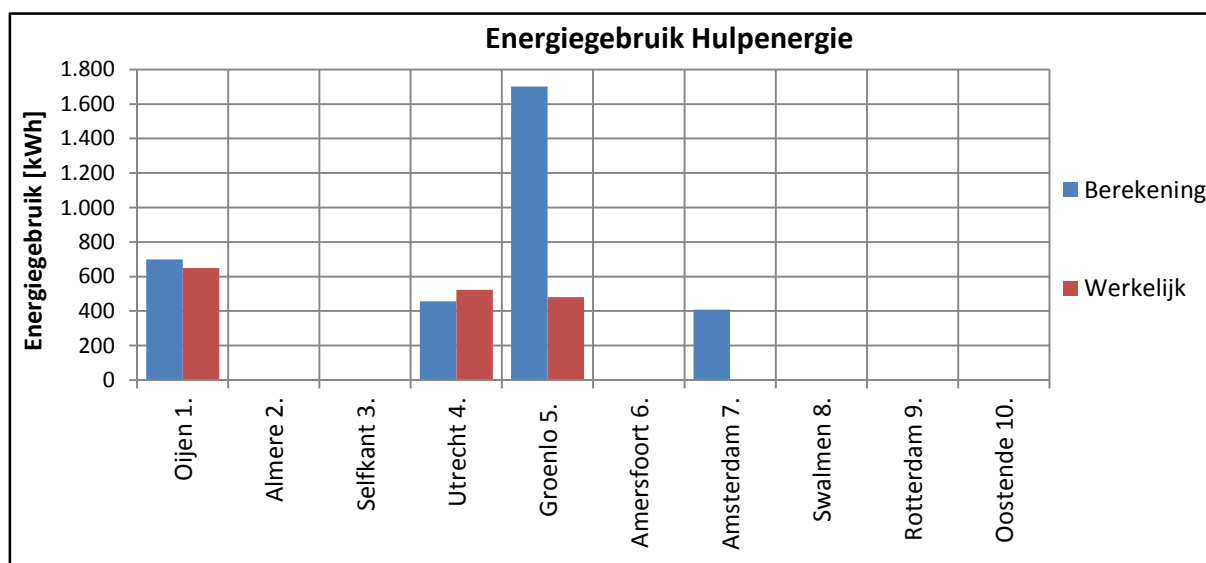
Het energieverbruik voor hulpenergie is voor de woning in Utrecht, Groenlo, Amsterdam en Rotterdam berekend met de PHPP berekening. In de PHPP berekening kan voor hulpenergie het energieverbruik van het ventilatie-, verwarmings-, warmtapwatersysteem worden berekend. Bij woning in Oijen is het energieverbruik voor het installatiesysteem niet in PHPP berekend. Het energieverbruik van het ventilatiesysteem is wel gemeten. Daarom is er een aanname gedaan van 700 kWh (Milieu Centraal) aan de hand van energieverbruik voor gebalanceerd ventilatie om een vergelijking te kunnen maken. Van de woning in Utrecht is in de PHPP berekening voor hulpenergie een ventilatiesysteem met een WTW-unit opgenomen. In de PHPP berekening voor de woning in Groenlo zijn de hulpenergie voor het ventilatiesysteem en het verwarmingssysteem ingevoerd in de PHPP berekening. De woning in Amsterdam is alleen het energieverbruik voor het ventilatiesysteem opgenomen in de berekening.

Werkelijk

Het werkelijke energiegebruik is in het kader van dit onderzoek van de woningen in Oijen en Utrecht 2 á 3 weken gemonitord. Het energiegebruik van de installaties is van de woning in Amersfoort een jaar gemonitord. Het energiegebruik van het ventilatiesysteem van de woningen in Oijen en Utrecht gemeten en doorgerekend zoals weergegeven in tabel 8.5.1. en grafiek 8.5.2. Voor de woning in Groenlo is het werkelijke energiegebruik berekend doormiddel van werkelijke draaiuren van de warmtepomp en het ventilatiesysteem. De draaiuren in de woning in Groenlo zijn weergegeven op een display op de installaties. De hoeveelheid draaiuren voor de ruimteverwarming is 1000 uur en voor warmtapwater 600 uur. Het energiegebruik van hulpenergie in de woning in Amsterdam is niet apart bepaald. De woning in Amsterdam is voorzien van veel installaties.

		1. Oijen	4. Utrecht	5. Groenlo	7. Amsterdam
Gezinssamenstelling	Berekening	--	4	4	6,1
	Werkelijk	--	3	4	4
Hulpenergie [kWh]	Berekening	700	457	1.702	408
	Werkelijk	649	517	835	--

Tabel 8.5.1: Energiegebruik hulpenergie



Grafiek 8.5.2: Energiegebruik hulpenergie

Conclusie

- Voor de woning in Oijen is het berekende energiegebruik 700 kWh en het werkelijk energiegebruik is 649 kWh. Het verschil tussen de berekening en de werkelijkheid is bij de woning in Utrecht 51 kWh. Het verschil kan verklaard worden door de ventilatiecapaciteit van het ventilatiesysteem.
- Bij alle woningen is de berekende ventilatiecapaciteit gelijk aan, of hoger dan de werkelijke ventilatiecapaciteit. In tabel 8.5.3 is de verhouding tussen de ventilatiecapaciteit en het energiegebruik weergegeven. Door een lagere ventilatiecapaciteit is het werkelijk energiegebruik voor het ventilatiesysteem ook lager dan berekend (zie grafiek 8.5.2). De verhouding tussen het energiegebruik en de ventilatiecapaciteit ligt in de werkelijkheid rond 0,21 Wh/m³.

Ventilatiesysteem	PHPP Berekening			Werkelijk			Omschrijving
	m ³ /h	kWh	Wh/m ³	m ³ /h	kWh	Wh/m ³	
1. Oijen	259	454	0,2	200	394	0,22	INNOAIR 255 DC - Sachsenland Brauelemente
2. Almere	-	-	-	-	-	-	Natuurlijke ventilatie
3. Selfkant							
4. Utrecht	250	500	0,23	250	524	0,24	INNOAIR 300 DC - Sachsenland Bauelemente
5. Groenlo	216	548	0,29	165	272	0,19	J.E. StorkAir WHR 950
6. Amersfoort				200	373	0,21	
7. Amsterdam	208	729	0,4	245			
8. Swalmen							
9. Rotterdam	181	713	0,45				
10. Oostende							
Gemiddelde	223	589	0,31	204	391	0,22	

Tabel 8.5.3: Overzicht energiegebruik per m³ ventilatie

- Voor de woning in Groenlo zijn alle installaties opgenomen zoals in de werkelijkheid is uitgevoerd. De installaties in de berekening hebben een hoger vermogen dan in de werkelijkheid. Het verschil tussen de berekening en het werkelijk energiegebruik is te verklaren door de aannames die worden gedaan door het PHPP programma met de draaiuren en het ingevoerde vermogen van installaties. Het vermogen is afhankelijk van een correcte invoer. De draaiuren van de pompen worden bepaald door het PHPP programma. Conclusie bij de woning in Groenlo is het ingevoerde vermogen is afhankelijk voor een juist invoer. De draaiuren uit de berekening komen niet overeen met de werkelijkheid.
- De woning in Amsterdam is voorzien van bijvoorbeeld van ongeveer 7 pompen voor verschillende installaties. In de PHPP berekening kan maar 1 pomp voor een verwarmingssysteem en 1 voor een warmtapwatersysteem worden opgenomen. De installaties in de woning in Amsterdam zijn werkelijkheid meer dan in de berekening. De berekening kan daarom niet worden vergeleken met de werkelijkheid.

8.6 Huishoudelijk

8.6.1 Huishoudelijk + hulpenergie

Algemeen

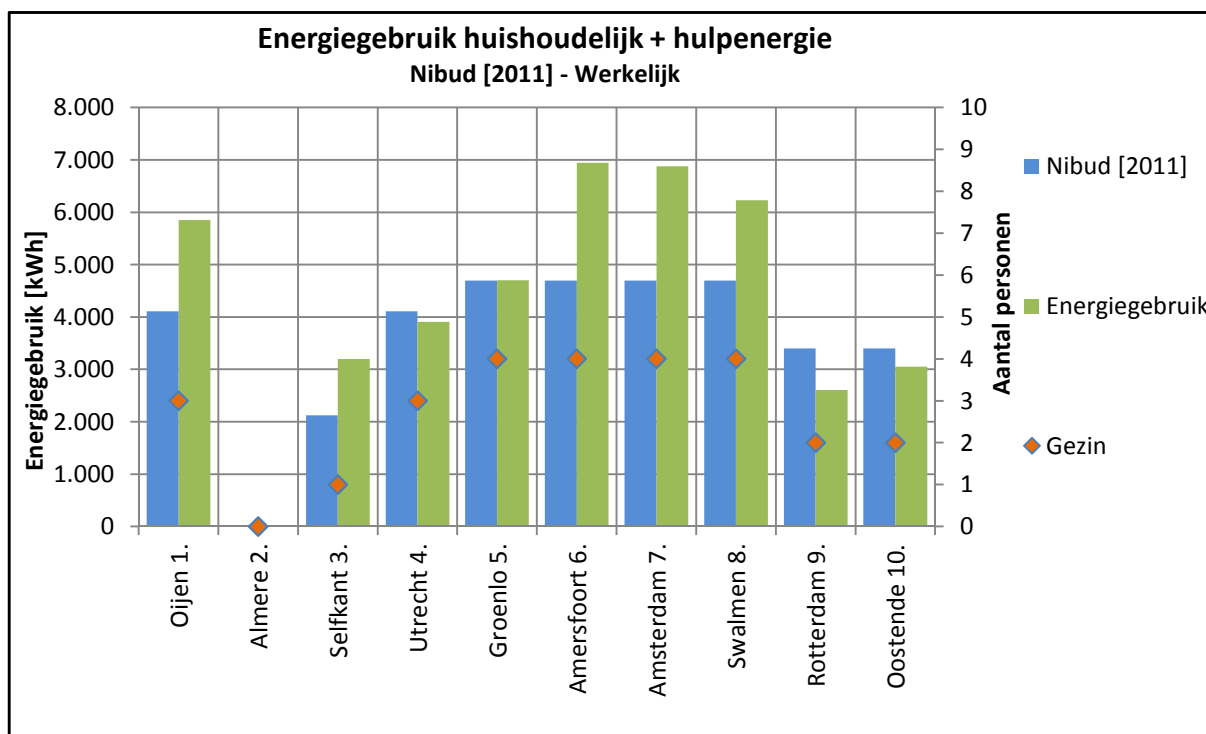
Het huishoudelijk energiegebruik bestaat uit energiegebruik voor alle huishoudelijke apparaten, hulpenergie en verlichting. Het energiegebruik voor ruimteverwarming en warmtapwater is niet opgenomen in het energiegebruik voor huishoudelijk + hulpenergie. In de grafiek 8.6.2 is per woning aangegeven wat de gezinssamenstelling, berekening en werkelijk energiegebruik is.

Berekening

Voor de berekening van het energiegebruik is het gemiddelde energiegebruik voor een Nederlands huishouden aangehouden. Het Nibud heeft onderzocht wat het energiegebruik is op basis van het aantal personen in een huishouden. In tabel 8.6.1. zijn de gegevens weergegeven die zijn gebruikt voor dit onderzoek.

Elektriciteitsgebruik naar grootte huishouden	
Aantal personen in huishouden	Gemiddeld gebruik in kWh per jaar
1	2.121
2	3.401
3	4.106
4	4.694
5	5.114
6	5.956
Gemiddeld per huishouden	3.312

Tabel 8.6.1: Elektriciteitsgebruik naar aantal personen in een huishouden
(bron) Nibud 2011



Grafiek 8.6.2: Energiegebruik Nibud [2011] - Werkelijk

Werkelijk

In de werkelijkheid is het energiegebruik van enkele grote energiegebruikers in de woning Oijen en Utrecht gemeten. Van de overige woningen is het energiegebruik opgevraagd via de bewoners. Voor het werkelijke energiegebruik is onderzocht wat de gezinssamenstelling is en de oppervlakte van de woning. In tabel 8.6.3 zijn de gegevens weergegeven.

Huishoudelijk + hulpenergie Woningen	Aantal personen	Oppervlakte [m ²]	Nibud [2011] [kWh]	Energie- gebruik [kWh]
1.Oijen	3	231	4.106	5.849
2.Almere	n.v.t.			
3.Selfkant	1	197	2.121	3.200
4.Utrecht	3	320	4.106	3.402
5.Groenlo	4	250	4.694	4.701
6.Amersfoort	4	181	4.694	6.947
7.Amsterdam	4	213	4.694	6.878
8.Swalmen	4	174	4.694	5.440
9.Rotterdam	2	133	3.401	2.608
10. Oostende	2	200	3.401	3.052
Gemiddelde	3	211	3.990	4.714

Tabel 8.6.3: Overzicht huishoudelijk energiegebruik

Conclusies

- Het huishoudelijk energiegebruik is geanalyseerd van 9 woningen. De woning in Almere wordt niet bewoond en is daarom niet opgenomen in het onderzoek naar het huishoudelijk energiegebruik.
- De woningen in Utrecht, Rotterdam en Oostende hebben een lager huishoudelijk energiegebruik dan een gemiddeld huishouden. Het werkelijke huishoudelijke energiegebruik is vergeleken met het gemiddelde Nederlands huishoudelijk energie. Het verschil tussen het gemiddelde Nederlands huishoudelijk energie (3.990 kWh) en het werkelijk energiegebruik (4.714 kWh) van de onderzochte woningen is ongeveer 724 kWh.

8.6.2 Huishoudelijk berekend met de PHPP berekening

Berekening

Het energiegebruik voor huishoudelijk is van de woningen in Utrecht, Groenlo, Amsterdam en Rotterdam berekend aan de hand van de PHPP berekening. In de berekeningen zijn voor de woningen verschillende gegevens ingevoerd zoals de gezinssamenstelling en huishoudelijke apparaten. Voor het huishoudelijk energiegebruik van de woning in Utrecht zijn geen opvallende bijzonderheden ingevoerd. Voor de woning in Groenlo is in de PHPP berekening geen koelkast en diepvries opgenomen. Bij de woning in Amsterdam is geen koelkast en diepvries ingevoerd. Voor een kooktoestel is in de PHPP berekening uitgegaan van een gasaansluiting. Bij de appartementen in Rotterdam zijn alle huishoudelijke apparaten een keer ingevoerd. Bij de woningen is het energiegebruik voor huishoudelijk zoals weergegeven in tabel 8.6.4.

Werkelijk

De woning in Utrecht wordt in de werkelijkheid bewoond door 3 personen. In woning in Groenlo wordt in de werkelijkheid wel voor het huishoudelijke energiegebruik gebruik gemaakt van een koelkast en diepvries. In de woning in Amsterdam wordt in de werkelijk gekookt op elektriciteit. Het energiegebruik van de woning is inclusief hulpenergie. In het appartementencomplex bestaat uit 14 woningen. De werkelijke aanwezige apparaten zijn niet bekend. Het huishoudelijke energiegebruik is gemiddeld bepaald over de 14 appartementen. Het werkelijke energiegebruik van de appartementen is inclusief hulpenergie.

		4. Utrecht	5. Groenlo	7. Amsterdam	9. Rotterdam
Gezinssamenstelling	Berekening	4	4	6,1	2
	Werkelijk	3	4	4	2
Huishoudelijk [kWh]	Berekening	3.381	2.173	3.500	2.735
	Werkelijk	2.885	2.870	6.878	2.608
Huishoudelijk [kWh]	Aangepaste PHPP berekening	2.933	2.779	4.458	-

Tabel 8.6.4: Energiegebruik huishoudelijk

Conclusie

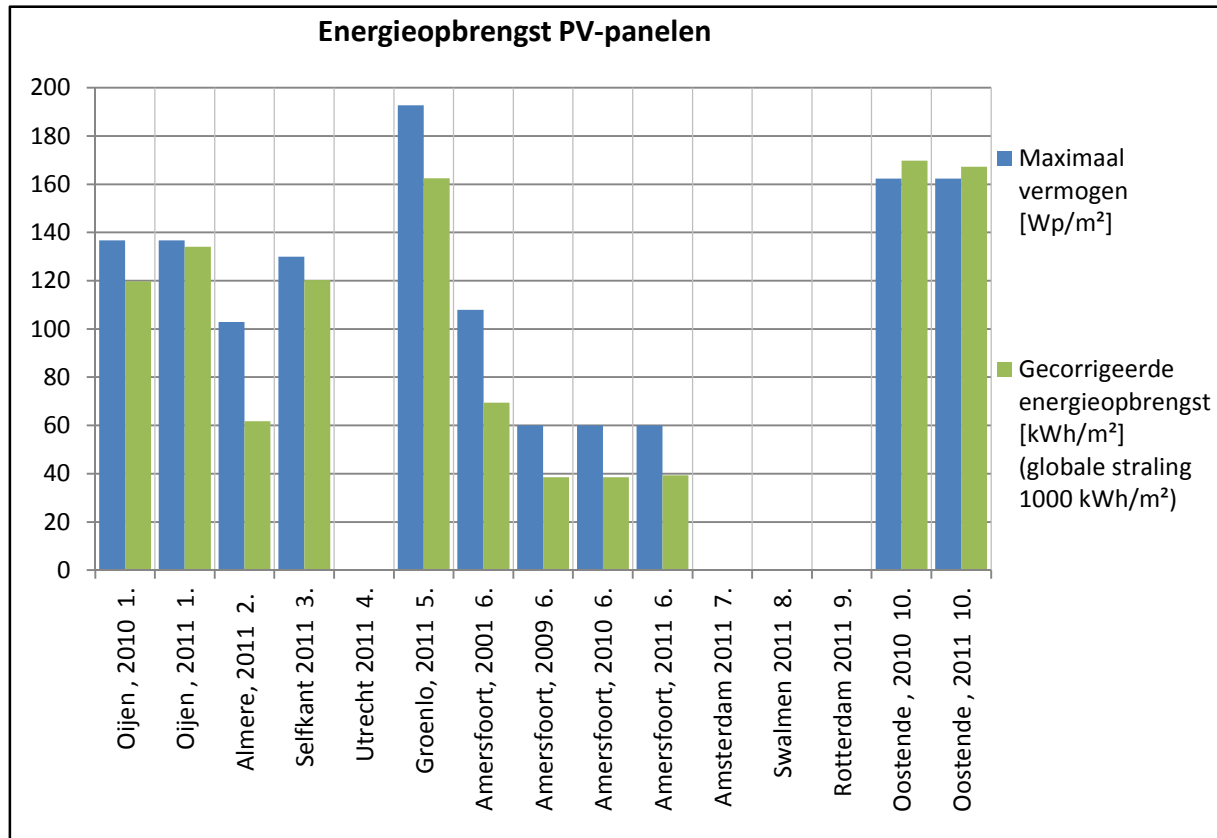
- Als de berekening van de woning in de Utrecht wordt aangepast voor het werkelijk energiegebruik voor de gezinssamenstelling is het totale energiegebruik 2.933 kWh zoals weergegeven in tabel 8.6.4. Het verschil tussen het aangepaste energiegebruik 2.933 kWh en het werkelijke energiegebruik 2.885 kWh is 48 kWh. Conclusie bij de woning Utrecht is dat als de berekening vooraf correct was ingevoerd het energiegebruik overeenkomt met de werkelijkheid.
- Als de berekening van de woning in Groenlo wordt aangepast op de aanwezigheid van een diepvries en een koelkast is het energiegebruik 2.779 kWh. Het verschil tussen de werkelijkheid met 2.870 kWh en de aangepaste berekening met 2.779 is ongeveer 91 kWh. De conclusie voor de woning in Groenlo is als volgt. Als alle huishoudelijke apparaten nauwkeuring worden ingevuld, geeft de uitkomst van de berekening een realistisch beeld van de werkelijkheid.
- De berekening van de woning in Amsterdam is aangepast op de werkelijke hoeveelheid koelkasten en elektrisch koken en aanwezige personen dan is het energiegebruik volgens de berekening 4.458 kWh. Door de vele installaties komt het berekende energiegebruik niet overeen met de werkelijkheid.
- Voor de woning in Rotterdam is het berekende energiegebruik 2.735 kWh het werkelijke energiegebruik is gemiddeld 2.608 kWh. Het verschil is ongeveer 127 kWh. Voor de appartementen zijn alle huishoudelijke apparaten in berekening ingevoerd. Conclusie is dat als alle huishoudelijke apparaten nauwkeurig worden ingevuld is de uitkomst in de PHPP berekening een realistisch beeld van het werkelijke huishoudelijke energiegebruik.

8.7 Energieopbrengst

8.7.1 Energieopbrengst PV-panelen

Algemeen

Per woning is onderzocht wat het maximaal vermogen, de totale energieopbrengst en de oppervlakte van alle PV-panelen is. De energieopbrengst van de PV-panelen per vierkante meter is weergegeven in grafiek 8.7.1. In de grafiek is het maximaal vermogen en de energieopbrengst per vierkante meter weergegeven. Bij sommige woningen zijn energieopbrengsten van meer perioden bekend. Bij de gegevens van de woning zijn daarom de jaartallen verwerkt in de grafiek. Om de woningen met elkaar te kunnen vergelijken, is de energieopbrengst gecorrigeerd naar 1.000 kWh/m² globale straling. De 1.000 kWh/m² is de gemiddelde globale straling in Nederland.



Grafiek 8.7.1: Energieopbrengst PV-panelen

Berekening

Voor de verwachte energieopbrengst zijn geen aannames verwerkt in dit onderzoek. De aanname voor de verwachte energieopbrengst is bij elke woning anders. In dit onderzoek is de verhouding tussen het maximaal vermogen [Wp] vergeleken met de werkelijke energieopbrengst [kWh]. De verhouding tussen het maximaal vermogen en werkelijke energieopbrengst geeft aan hoeveel energie er opgewekt kan worden met een bepaald Watt piekvermogen.

Werkelijk

Om de energieopbrengst met elkaar te kunnen vergelijken is de energieopbrengst gedeeld door het maximaal vermogen. In de tabel 8.7.2 is de verhouding tussen de energieopbrengst en het maximaal vermogen weergegeven. Voor de energieopbrengst in de werkelijkheid zijn de oriëntatie en de hellingshoek aandachtspunten voor de totale energieopbrengst. Voor elke woning is onderzocht wat de globale straling was over de meetperiode zoals weergegeven in tabel 8.7.2. De globale straling is bij elke meetperiode per woning hoger dan 1.000 kWh/m².

Woningen, periode	Maximaal vermogen [Wp]	Werkelijke opbrengst [kWh]	kWh/Wp Werkelijk	Globale straling werkelijk [kWh/m ²]	Gecorrigeerde opbrengst (gl. straling 1000 kWh/m ²)	kWh/Wp (globale straling 1000 kWh/m ²)
1. Oijen, 2010	3.485	3.282	0,94	1.075	3.053	0,88
1. Oijen, 2011	3.485	3.637	1,04	1.064	3.418	0,98
2. Almere, 2011	7.645	4.358	0,57	1.020	4.273	0,56
3. Selfkant	3.068	2.970	0,97	1.047	2.837	0,92
5. Groenlo, 2011	12.045	10.712	0,89	1.055	10.154	0,84
6. Amersfoort, 2001	10.080	6.857	0,68	1.058	6.481	0,64
6. Amersfoort, 2009	3.840	2.607	0,68	1.059	2.462	0,64
6. Amersfoort, 2010	3.840	2.568	0,67	1.043	2.462	0,64
6. Amersfoort, 2011	3.840	2.580	0,67	1.026	2.515	0,65
10. Oostende, 2010	3.150	3.485	1,11	1.058	3.294	1,05
10. Oostende, 2011	3.150	3.474	1,10	1.070	3.247	1,03
Gemiddelde	5.396	4.128	0,86	1.058	3.908	0,81

Tabel 8.7.2: Overzicht energieopbrengst PV-panelen

Conclusies

De gemiddelde verhouding tussen de totale energieopbrengst en het totaal maximaal vermogen is 0,81. De globale straling was tijdens alle meetperiode hoger dan 1.000 kWh/m². De verhouding bij de woning in België is met gemiddelde 1,04 hoger dan de overige woning. Het verschil is te verklaren door de hoeveelheid meerdere globale straling op de PV-panelen. Bij de woningen in Almere en Amersfoort is de lage verhouding kWh-WP veroorzaakt door geen rekening te houden met optimale hellingshoek en oriëntatie van de PV-panelen. Bij de woning zijn bijvoorbeeld 77 panelen geplaatst verticaal op de gevels aangebracht. De PV-panelen zijn zowel zuid, oost en west georiënteerd.

8.7.2 Energieopbrengst windturbine

Algemeen

De woningen in Amsterdam en Almere zijn voorzien van een windturbine. De woning in Amsterdam is voorzien van één windturbine en de woning in Almere van twee windturbines. De energieopbrengst van de windturbines is weergegeven in de tabel 8.7.3.

Berekening

De windturbines op de twee woningen zijn van hetzelfde type. De verwachte energieopbrengst van een windturbine is 1500 kWh bij een gemiddelde windsnelheid van 4,5 m/s. De verwachte energieopbrengst van een windturbine is 1800 kWh bij een gemiddelde windsnelheid van 5,0 m/s.

Werkelijk

In tabel 8.7.3 zijn de gegevens van de windsnelheid en energieopbrengst weergegeven. De gemiddelde snelheid over 2011 was bij weerstation Lelystad in 2011 4,4 m/s en bij weerstation Schiphol was 5,1 m/s. Omdat de woningen in Almere en in Amsterdam tussen de twee weerstations in liggen is een gemiddelde windsnelheid van 4,7 m/s aangenomen. De werkelijke energieopbrengst is 451 kWh, 379 kWh en 470 kWh zoals weergegeven in tabel 8.7.3.

Woningen	Aanname windsnelheid [m/s]	Werkelijke windsnelheid [m/s]	Verwachte opbrengst [kWh]	Werkelijke opbrengst [kWh]
2. Almere 1, 2011	4,5	4,7	1.500	451
Almere 2, 2011	4,5	4,7	1.500	379
7. Amsterdam, 2011	5	4,7	1.800	470
Gemiddelde			1.600	433

Tabel 8.7.3: Overzicht windturbines

Conclusies

De energieopbrengst van de windturbines voldoen niet aan de verwachte energieopbrengst. Met een gemiddelde windsnelheid van 4,7 m/s zou de energieopbrengst tussen de 1500 kWh en 1800 kWh moeten zijn volgens de producent.

8.8 Conclusie

- Voor de berekening van de ruimteverwarming De PHPP berekening gaat bij het referentieklimaat De Bilt uit van 3075 graaddagen per jaar. De werkelijke gemeten graaddagen in De Bilt lagen 2009, 2010 en 2011 op ongeveer 2930 graaddagen. Doordat in de werkelijkheid meer graaddagen in het jaar zijn, kan de werkelijke warmtevraag hoger zijn dan de berekende warmtevraag.
- De interne warmtelast is voor berekend doormiddel van het totale energiegebruik, aantal personen en min het energiegebruik voor de warmtepomp. De berekening van de interne warmte komt dan tussen aanname van de PHPP berekening met 2,1 W/m² en EPW berekening met 6,0 W/m². De interne warmtelast is in een passiefhuis heeft invloed op de totale warmtevraag voor ruimteverwarming. Daarom is nader onderzoek naar de werkelijke interne warmtelast een aanbeveling.
- De werkelijke energiebesparing door de zonnecollectoren voor het warmtapwater is niet onderzocht. Het functioneren van de pelletkachel die wordt gebruikt voor het leveren van de warmtevraag voor ruimteverwarming en warmtapwater is niet betrouwbaar. Het verschil tussen de berekening en de werkelijkheid is groot.
- Het verschil in energiegebruik voor hulpenergie tussen het berekende en het werkelijke energiegebruik is te verklaren door de aannames die worden gedaan door het PHPP programma met de draaiuren en het ingevoerde vermogen. Het vermogen is afhankelijk van een correcte invoer. De draaiuren wordt bepaald door het PHPP programma. Het ingevoerde vermogen is afhankelijk voor een juist invoer. De draaiuren uit de berekening komen niet overeen met de werkelijkheid.
- Het verschil in energiegebruik voor het ventilatiesysteem is deels te verklaren omdat de ventilatiecapaciteit in de berekening niet overeen komt met de werkelijkheid. Bij de woningen is de berekende ventilatiecapaciteit gelijk aan of hoger dan het werkelijk ventilatiecapaciteit. Het energiegebruik voor huishoudelijk en hulpenergie is afhankelijk van nauwkeurigheid van het invullen van de berekening.
- Door de werkelijk toegepaste installaties, aantal personen en de aanwezige huishoudelijke apparaten in te voeren in de PHPP berekening, komt het berekende energiegebruik overeen met het werkelijke energiegebruik. In de PHPP berekening is er een verschil waargenomen tussen de invoer en de werkelijke situatie. Bij een woning is voor koken in de berekening gas aangehouden. In werkelijkheid is de woning voorzien van een elektrisch koken. In een ander geval zijn de diepvries en koelkast niet opgenomen in de berekening.

- Om de energieopbrengst van de PV-panelen met elkaar te kunnen vergelijken is de gemiddelde verhouding tussen de totale energieopbrengst en het totale maximaal vermogen berekend. De gemiddelde verhouding is 0,81. De globale straling was tijdens alle meetperiodes hoger dan 1000 kWh/m². Bij enkele woningen is geen rekening gehouden met de helling en oriëntatie. De verhouding tussen de energieopbrengst en het maximaal vermogen is lager dan bij de woningen waarbij wel rekening is gehouden met oriëntatie en helling.
- Twee woningen zijn voorzien van een windturbine. Uitgaande van jaarlijkse gemiddelde windsnelheid, voldoet de werkelijke energieopbrengst van de windturbines niet aan de verwachte energieopbrengst.



9 'Energie neutraal?'

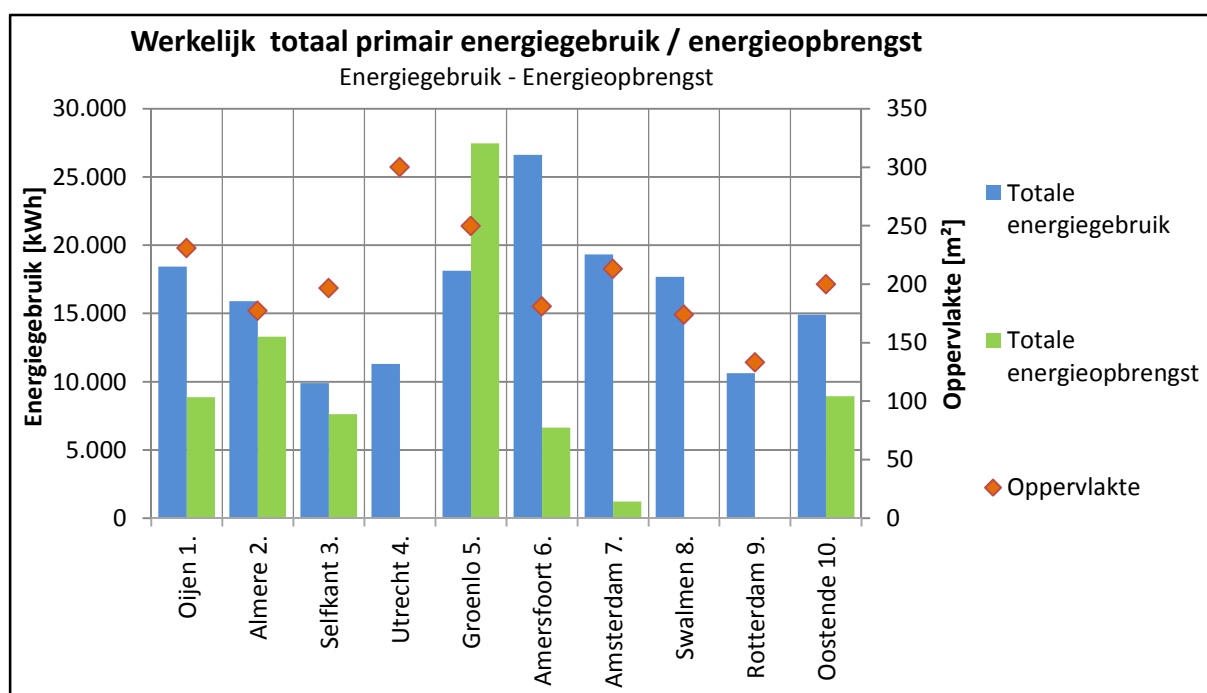
In dit hoofdstuk zijn alle gerealiseerde woningen onderzocht op de haalbaarheid van 'energie neutraal'. Zijn de woningen 'energie neutraal' of kan de woning in de toekomst nog 'energie neutraal' gerealiseerd worden. In §9.1 zijn de woningen naast elkaar gezet om het totale energiegebruik en energieopbrengst te kunnen toetsen aan de ambitie en de definitie 'energie neutraal'. In §9.2 zijn de gerealiseerde woningen vergeleken ten opzichte van de definitie 'energie neutraal' uit §3.3. Daarbij zijn de aandachtspunten voor concept 'energie neutraal' omschreven. De aandachtspunten kunnen een betere basis vormen voor een toekomstige energie neutrale woning. In §9.3 is de conclusie uitgeschreven of er woningen 'energie neutraal' zijn of welke woningen een goede basis vormen om de in de toekomst 'energie neutraal' te maken.

9.1 'Energie neutraal?'

Het totale primaire energiegebruik en de energieopbrengst zijn met elkaar vergeleken om te bepalen of de woningen voldoet aan de gestelde voorwaarden voor de definitie 'energie neutraal'. In de grafiek 9.1.2 is het totaal primaire energiegebruik en de energieopbrengst per woning weergegeven. Een woning voldoet aan de gestelde voorwaarden wanneer de primaire energieopbrengst groter of gelijk is aan het totale energiegebruik. Om het totale primaire energiegebruik te berekenen zijn de omrekenfactoren toegepast zoals in tabel 9.1.1 weergegeven.

	Eenheid	kWh	Primair
Elektriciteit	kWh	→ x 1,0	↔ x 2,6
Gas	m ³	→ x 9,8	↔ x 1,0
Biomassa	kg	→ x 5,0	↔ x 0,2

Tabel 9.1.1: Omrekenfactor primaire energie [kWh]



Grafiek 9.1.2: Totaal primaire energiegebruik / energieopbrengst

In de ontwerpfase hadden de opdrachtgevers van de woningen verschillende energie ambities. In de tabel 9.1.3 is een overzicht weergegeven van de ambitie van de verschillende opdrachtgevers. In het overzicht is een vergelijking gemaakt tussen de energie ambitie en de daarbij behorende primaire energiegebruik vergeleken met het werkelijke energiegebruik per vierkante meter.

Ambitie - Werkelijkheid energiegebruik / energieopbrengst					
Woning, Ambitie	Primaire energiegebruik [kWh/m ²]	Primaire energieopbrengst [kWh/m ²]	Verschil gebruik – opbrengst [kWh/m ²]	Eis gebruik – opbrengst [kWh/m ²]	Energie-neutraal
1. Oijen, Passiefhuis	80	39	41		Nee
2. Almere, Energieneutraal	90	75	15	0	Nee
3. Selfkant, Passiefhuis	50	39	11		Nee
4. Utrecht, Passiefhuis	38	0	38		Nee
5. Groenlo, Energieneutraal	73	110	-37	0	Ja
6. Amersfoort, Energieneutraal	146	37	109	0	Nee
7. Amsterdam, Energieneutraal	91	8	83	0	Nee
8. Swalmen, Passiefhuis	102	0	102		Nee
9. Rotterdam, Passiefhuisrenovatie	80	0	80		Nee
10. Oostende, energiezuinig	75	43	32	--	--

Tabel 9.1.3: Overzicht ambitie per woning

Conclusie

De woningen met de ambitie passiefhuis voldoen aan het totale primaire energiegebruik kleiner dan 120 kWh/m². De woningen in Almere, Groenlo, Amersfoort en Amsterdam hebben als ambitie het totale energiegebruik te compenseren met energieopbrengsten. De Nulwoning in Groenlo is de enige woning die voldoet aan de opgestelde ambitie ‘energieneutraal’ zoals weergegeven in tabel 9.1.3. De Nulwoning in Groenlo kan gedefinieerd worden als ‘energieleverende’ of ‘energieplus’ woning, omdat de energieopbrengst groter is dan het energiegebruik. Bij de woningen Utrecht, Swalmen en Rotterdam wordt geen gebruik gemaakt van energieopbrengsten.

9.2 Haalbaarheid

Een energieneutrale woning kan op verschillende manieren gerealiseerd worden. Per woning is ingegaan of de woning energieneutraal is en hoe de woning in de toekomst eventueel energieneutraal kan worden gemaakt. Daarbij zijn per woning punten aangeven waar aandacht moet worden besteed, bij het nogmaals toepassen van het concept.

1. Oijen, Ons passiefhuis

Ons passiefhuis in Oijen voldoet niet aan de definitie ‘energieneutraal’. Om de woning in de toekomst ‘energieneutraal’ te kunnen maken, moet de berekende warmtevraag van 16,5 kWh/m² (Passiefhuis Platform) kleiner zijn dan 15 kWh/m². Daarbij moet het energiegebruik kleiner worden en de energieopbrengst groter. De grote warmtevraag wordt veroorzaakt door onder andere een lage isolatiewaarden van de muren en daken. Het energiegebruik voor het opwekken van warmtapwater kan lager. De luchtwarmtepomp die de warmtevraag voor warmtapwater levert heeft een gemeten COP-waarde 1,3, dit is lager dan de vooraf aangenomen COP-waarde 3,54, hierdoor is het energiegebruik voor de luchtwarmtepomp hoger dan verwacht. De PV-panelen hebben niet voldoende energieopbrengst om het totale energiegebruik te compenseren. In de huidige situatie zou er nog 3730 kWh extra opgewekt moeten worden, om het totale energiegebruik te compenseren. Dit komt neer op 17 PV-panelen extra, dan komt het totaal oppervlakte op ongeveer 50m² PV-panelen.

2. Almere, Klimaatneutraal

De woning in Almere van Koopmans B.V. voldoet niet aan de definitie 'energieneutraal'. Om de woning in de toekomst 'energieneutraal' te kunnen maken, moet de warmtevraag kleiner zijn dan 15 kWh/m². De grotere warmtevraag van de woning wordt veroorzaakt door het toepassen van natuurlijke ventilatietoever. Bij het toepassen van een ventilatiesysteem met balansventilatie en een WTW-unit is de warmtevraag volgens de PHPP berekening 12 kWh/m². De woning wordt niet bewoond, alleen gebruik als demonstratiewoning hierdoor is het werkelijke energieverbruik lager dan vooraf berekend. De energieopbrengst van de PV-panelen en windturbine zijn nog te laag om het energieverbruik te compenseren. De tegenvallende energieopbrengst van PV-panelen is te verklaren doordat er geen optimale oriëntatie ten opzichte van de zon gerealiseerd is en de PV-panelen zijn voorzien van een rode coating. Dit heeft als effect dat de zonnepanelen minder energie opwekken dan in optimale omstandigheden. De windturbine levert niet de vooraf aangenomen hoeveelheid elektrische energie.

3. Selfkant, Passiefhuis

Passiefhuis in Selfkant (Duitsland) voldoet niet aan de definitie 'energieneutraal'. Om de woning in de toekomst 'energieneutraal' te kunnen maken, moet de warmtevraag kleiner zijn dan 15 kWh/m². Het grotere energieverbruik voor verwarming wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het slecht functioneren (rendement) van de pelletkachel, de hogere binnentemperatuur en het kleinere aantal personen dat in de woning aanwezig is dan in de berekening is aangenomen. De energieopbrengst moet groter zijn om het volledige energieverbruik van de woning te compenseren. Het huishouden bestaat op dit moment uit één buitende deur werkende persoon, als Nederlands gemiddeld huishouden (2,3 personen) in de woning zou wonen zal het energieverbruik hoger dan in de huidige situatie. Hierdoor zou meer energie opgewekt moeten worden, dan in de huidige situatie gebruikt wordt. De woning heeft een zeer goede gemeten luchtdichtheid van 0,09h⁻¹. (passief bouwvereis 0,6h⁻¹)

4. Utrecht, Passiefhuis

Passiefhuis in Utrecht voldoet niet aan de definitie 'energieneutraal'. Om de woning in de toekomst 'energieneutraal' te kunnen maken, is een goede basis aanwezig. In de huidige situatie zijn geen PV-panelen aanwezig, om het energieverbruik te kunnen compenseren. De PV-panelen zouden dan in totaal ongeveer 4400 kWh aan elektrische energie moeten opwekken om te voldoen aan de definitie 'energieneutraal'. Daarbij kan nog energie bespaard worden op de warmtepomp door zonnecollectoren aan te sluiten, deze zijn al op het dak gemonteerd.

5. Groenlo, Nulwoning

De Nulwoning in Groenlo voldoet aan de definitie 'energieneutraal'. De woning is een energieplus woning, de extra energie zal in de toekomst gebruikt worden voor mobiliteit (elektrische rijden).

6. Amersfoort, Energiebalanswoning

De Energiebalanswoning in Amersfoort voldoet niet aan de definitie 'energieneutraal'. De woning is in 1998 niet gebouwd met doel om de warmtevraag onder de 15 kWh/m² te houden. Het energieverbruik wordt niet volledig gecompenseerd, dit wordt veroorzaakt door het hoge energieverbruik voor hulpenergie en te weinig energieopbrengst aan PV-panelen. De dakhelling is niet optimaal voor energieopbrengst van de PV-panelen.

7. Amsterdam, Steigereiland 2.0

Steigereiland 2.0 in Amsterdam voldoet niet aan de definitie 'energieneutraal'. Om de woning in de toekomst 'energieneutraal' te kunnen maken, moet meer energie opgewekt worden. In de huidige situatie levert de windturbine niet de gewenste hoeveelheid energie om het energiegebruik te compenseren. Om in de toekomst de woning 'energieneutraal' te maken, moet met het huidige energiegebruik bijna 8000 kWh opgewekt worden. Om 8000 kWh met PV-panelen op eigen perceel op te wekken, is er te weinig ruimte op het dak aanwezig. De installaties bestaan uit veel pompen, leidingen en meerdere opslagvaten. De installaties zijn daarom lastig te monitoren en hierdoor is het lastig om te sturen op het energiegebruik. De installaties en opslagvaten in de installatieruimte ontwikkelen veel warmte, dit gaat ten kosten van het comfort in de woning.

8. Swalmen, Passiefhuis

Passiefhuis in Swalmen voldoet niet aan de definitie 'energieneutraal'. Om de woning in de toekomst 'energieneutraal' te maken, moet een vorm van energieopbrengst gerealiseerd worden. In de huidige situatie is de woning niet voorzien van PV-panelen of andere energieopwekker. De totale energieopbrengst van de woning moet 6.900 kWh zijn, om te voldoen aan de gestelde voorwaarden van de definitie 'energieneutraal'.

9. Rotterdam, Sleephellingstraat

Sleephellingstraat in Rotterdam voldoet niet aan de definitie 'energieneutraal'. Om het appartementen in de toekomst 'energieneutraal' te kunnen maken, moet de warmtevraag kleiner zijn dan 15 kWh/m². Daarbij moet nog een energieopbrengst gerealiseerd worden. Het dak is voorzien van zonnecollectoren, hierdoor is bijna geen ruimte voor eventuele PV-panelen. Om te voldoen aan de definitie 'energieneutraal' moet per appartement 4.148 kWh energie worden opgewekt.

10. Oostende, Energiezuinige woning België

De energiezuinige woning in Oostende (België) voldoet niet aan de definitie 'energieneutraal'. Om de woning in de toekomst 'energieneutraal' te kunnen maken, moet de warmtevraag kleiner zijn dan 15 kWh/m². De energieopbrengst bij de woning is nu ongeveer 3.322 kWh per jaar. De hoeveelheid energie die extra opgewekt moet worden om te voldoen aan de definitie 'energieneutraal' is 2.500 kWh.

9.3 Conclusie

Het energiegebruik van de woningen, die als ambitie passiefhuis hebben voldoen, aan de primaire energievraag kleiner dan 120 kWh/m². De Nulwoning in Groenlo is de enige woning die 'energieneutraal' is. De Nulwoning kan gedefinieerd worden als 'energieleverende' of 'energieplus' woning. De woning in Utrecht is een vormt een goede basis om in de toekomst 'energieneutraal' gemaakt te kunnen worden. De woning is nog niet voorzien van PV-panelen. Maar het energiegebruik van de woning is de laagste van de onderzochte woningen. In woning in Selfkant is het verschil tussen het totale energiegebruik en de energieopbrengst is klein, maar de woning wordt op dit moment bewoond door één werkend persoon. Om het totale energiegebruik te compenseren moet nog aandacht worden besteed aan de energieopbrengst. Het gemiddelde totale primaire energiegebruik van de woningen is 16.500 kWh (6.500 kWh op de meter), dit is hoog om met de huidige PV-panelen (gemiddeld vermogen 135 Wp/m²) op een dakoppervlak op te wekken. De energieopbrengst (400 kWh) van de windturbine is niet voldoende om het energiegebruik te compenseren.

10 Conclusie en aanbevelingen

Op basis van dit onderzoek zijn de volgende conclusies en aanbevelingen getrokken. In §10.1 is per onderzoeksvraag een conclusie omschreven. In §10.2 zijn enkele aanbevelingen gegeven voor toekomstige onderzoeken en voor het realiseren van energieneutrale woningen.

10.1 Conclusies

1. **Wat zijn de verschillende definities van het begrip ‘energieneutraal’ bouwen en zijn er nog andere definities mogelijk? Wat is onze eigen definitie voor het begrip ‘energieneutraal’?**

In Nederland zijn veel verschillende begrippen om een energie- of klimaatambitie voor een woning te omschrijven. In het werkveld worden onder andere de volgende begrippen gebruikt: EPC = 0, Energieneutraal / Energienul, Energieleverend / Energieplus, CO₂-neutraal / CO₂-emmissievrij en Klimaatneutraal. De definitie ‘CO₂-neutraal’ gaat veel verder dan alleen het energiegebruik van de woning, het is niet goed te bepalen of de woning CO₂-neutraal is. Het begrip ‘energieneutraal’ wordt door elke partij anders ingevuld. Door een definitie vast te stellen voor ‘energieneutraal’ is het duidelijk wat er allemaal wel of niet moeten worden berekend om een energieneutrale woning te realiseren. In dit rapport is voor het begrip ‘energieneutraal’ een definitie opgesteld. Een energieneutrale woning heeft een warmtevraag beperkt tot maximaal 15 kWh/m² (passiefhuisniveau). De totale energievraag van de woning moet geminimaliseerd worden door zoveel mogelijk ontwerp gerelateerde maatregelen toe te passen, dit betekend zoveel mogelijk bewoners onafhankelijk. Bij het minimaliseren van de warmtevraag moet de woonkwaliteit centraal staan bij het ontwerpen van een woning. Het totale primaire energiegebruik van een energieneutrale woning mag over een jaar gemeten, niet meer dan nul kilowattuur zijn. Het energiegebruik voor elektriciteit, gas en biomassa moet worden omgerekend naar primaire energie, om ze bij elkaar kunnen op te kunnen tellen. Het energiegebruik moet worden gecompenseerd doormiddel van energieopbrengsten. De energieopbrengst voor een energieneutrale woning moet worden opgewekt uit duurzame energie bijvoorbeeld van: windkracht, zonlicht, aardwarmte of omgevingswarmte. Dat betekent dat de geleverde elektriciteit vanuit het elektriciteitsnet, groene stroom moet zijn. Biomassa mag alleen worden toegepast als dit duurzaam geproduceerd wordt (herplanting).

2. **Welke energie ontwerpstrategie sluit aan bij het ontwerpen van een energieneutrale woning?**

De ontwerpstrategieën Trias Energetica en Kyoto Piramide onderzocht. Uit de Trias Energetica is de Nieuwe Stappenstrategie gevormd, hierin is de laatste (derde) stap ‘het vermijden van eindige (fossiele) energiebronnen’ vervallen. De Kyoto Piramide heeft als doel om energiezuinige woningen te realiseren doormiddel van het passiefhuis concept. In de Kyoto Piramide is de stap ‘weergave en beheer’ aanwezig, die nodig is bij het controleren en sturen op de energieneutraliteit van een woning. In de Kyoto Piramide moet de stap ‘selecteer onuitputbare energiebron’ veranderd worden door ‘opwekken duurzame energie’. Door de stap te vervangen sluit de ontwerpstrategie aan bij het realiseren van energieneutrale woningen.

3. **Welke bepalingsmethode voor het energiegebruik kan worden gebruikt bij het ontwerpen van een energieneutrale woning, en hoe zijn deze bepalingsmethodes opgebouwd?**

De bepalingsmethodes EPW en PHPP zijn met elkaar vergeleken. Met de EPW berekening kan worden getoetst hoe energiezuinig de woning is, gerelateerd aan vastgelegde waarden in het Bouwbesluit. Met de EPW berekening kan niet het gebruikersgebonden energiegebruik worden berekend. De PHPP berekening berekent aan de hand van fysische parameters een zo realistische

mogelijke benadering van het toekomstige energiegebruik van de ontworpen woning. Met de PHPP berekening kan het totale energiegebruik worden berekend. De aannames voor het berekenen van het gebruikersgebonden energiegebruik, zijn gebaseerd op het aantal gebruikers en type huishoudelijke apparaten in de woning.

4. Welke factoren bepalen het energiegebruik van een energieneutrale woning?

Er zijn meerdere factoren van invloed op het energiegebruik van een energieneutrale woning. De gebruiker van de woning maakt veel of weinig gebruik van huishoudelijke apparaten en stelt de gewenste binnentemperatuur in. De gezinssamenstelling en de aanwezigheid van de gezinsleden hebben invloed op het energiegebruik. De hoeveelheid zonnestraling en wind maar ook het aantal graaddagen in de stookperiode zijn bepalend voor het totale energiegebruik. Om de zonnewarmte tijdens de stookperiode optimaal te benutten, moet bij het ruimtelijk ontwerp rekening gehouden worden met de oriëntatie, indeling en daglichtopeningen van de woning. Het ruimtelijk ontwerp moet ook voorkomen dat er in zomerperiode oververhitting plaats kan vinden in de woning. De bouwtechnische uitwerking en bouwkwiteit van de gebouwschil is van belang voor het warmteverlies van de woning, de kwaliteit dient tijdens de bouw en bij oplevering gecontroleerd te worden. De bouwkwiteit moet gecontroleerd worden om de gebruiksfase problemen te voorkomen. De warmteterugwinning van het ventilatiesysteem bepaalt het warmteverlies door ventilatie in een woning. De efficiëntie van de opwekkinginstallatie voor het verwarmen of koelen van de woning is bepalend voor het energiegebruik. De hulpenergie voor de installaties, zoals pompen, ventilatie, ect. Het huishoudelijk energiegebruik is afhankelijk van de gezinssamenstelling, type en aanwezigheid van energiezuinige huishoudelijke apparaten en verlichting. Het toepassen van een hotfill, douchewater warmteterugwinning en zoncollectoren zijn besparingen, die installatietechnisch en bouwkundige aanpassingen vragen. Daarbij zijn er ook huishoudelijk besparing die eenvoudiger toegepast kunnen worden. De energieopbrengst van PV-panelen is onder andere afhankelijk van de zonnestraling, hellingshoek, type, rendement, omvormer en de oriëntatie ten opzichte van het zuiden. De energieopbrengst van een windturbine is afhankelijk van de gemiddelde windsnelheid, type, hoogte en de plaats in Nederland.

5. Welke energiezuinige en energieneutrale woningen zijn er gerealiseerd, welke definities, welke bepalingsmethode en welke gegevens zijn er beschikbaar per woning?

Voor het onderzoek is gebruik gemaakt van tien gerealiseerde woning. Energiezuinige woning in Oostende. In Oijen, Selfkant, Utrecht, Swalmen en Rotterdam zijn passiefhuizen gerealiseerd. De woningen in Groenlo, Almere, Amersfoort en Amsterdam hebben de ambitie om energieneutraal (energienul, klimaatneutraal) te zijn. Bij een aantal woningen is niet alleen het energiegebruik belangrijk maar ook het realiseren van een duurzaamheid, gezond binnenklimaat, hoog comfort en financieel voordeel. Bij de gerealiseerde woning zijn drie verschillende ontwerpstrategieën gebruikt. De Kyoto Piramide is als ontwerpstrategie gebruikt bij de passiefhuizen met een ambitie waarvan de warmtevraag kleiner of gelijk is aan 15 kWh/m². De ontwerpstrategie Cradle to Cradle en een aangepaste Trias Energetica zijn bij twee woningen gebruikt. De toegepaste bepalingsmethodes bij de woning zijn de EPW en PHPP berekening. Voor de passiefhuizen is de warmtevraag berekend met de PHPP berekening. Bij de energiebalanswoning in Amersfoort is het energiegebruik niet berekend met de PHPP berekening, maar alleen een EPW berekening. De gegevens van de bouw- en installatietechnische toepassingen zijn vrijwel van alle woningen openbaar op (eigen) internetsites. De beschikbare energiegegevens per woning bestaat voor het merendeel alleen uit de jaarlijkse meterstanden. Bij een aantal woningen is een aantal weken of een jaar specifiek het energiegebruik gemonitord.

6. Analyseren in hoeverre het energiegebruik overeenkomt ten opzichte van de bepalingsmethode en vooraf gemaakte aannames. Wat kan de eventuele verschillen hebben veroorzaakt?

De verschillen tussen warmtevraag in de berekening en de werkelijkheid kunnen aanwijsbaar veroorzaakt worden door het klimaat, interne warmtelast, ventilatiecapaciteit en het rendement van de WTW-unit. Voor de warmtevraag voor ruimteverwarming gaat de PHPP berekening uit van het referentieklimaat 'De Bilt' met 3075 graaddagen per jaar. De werkelijke gemeten graaddagen in De Bilt lagen 2009, 2010 en 2011 op ongeveer 2930 graaddagen per jaar. Doordat er in de werkelijkheid minder graaddagen in het jaar zijn, kan de werkelijke warmtevraag lager zijn dan de berekende warmtevraag. De werkelijke interne warmtelast is sterk afhankelijk van het aantal, aanwezigheid en de activiteiten van de bewoners. De werkelijke interne warmtelast wordt geproduceerd door huishoudelijke apparaten, installaties en verlichting. Doordat er zoveel factoren van invloed zijn is het lastig de werkelijke interne warmtelast te bepalen. Het verschil tussen het berekende en het werkelijke energiegebruik voor ventilatie is deels te verklaren omdat de ventilatiecapaciteit in berekening niet overeen komt met de werkelijkheid. Bij alle woningen is de werkelijke ventilatiecapaciteit gelijk aan of lager dan de berekende ventilatiecapaciteit. Het functioneren van de pelletkachel die wordt gebruikt voor het leveren van de warmtevraag voor ruimteverwarming en warmtapwater niet betrouwbaar is. Het verschil tussen de berekening en de werkelijkheid is groot. De verschillen tussen energiegebruik van huishoudelijke apparaten en hulpenergie in de berekening en de werkelijkheid kunnen aanwijsbaar veroorzaakt worden door opbrengst zonnecollectoren, juiste invoer en draaiuren van de installaties. De werkelijke energiebesparing op warmtapwater van de zonnecollectoren is niet onderzocht. Het energiegebruik voor huishoudelijk is vergeleken met de werkelijkheid. Als de berekening wordt aangepast op het juiste aantal personen en de aanwezige huishoudelijke apparaten (koelkast, diepvries, type koken) komt het energiegebruik overeen met de werkelijkheid. Het verschil in energiegebruik voor hulpenergie, tussen de berekening en het werkelijk energiegebruik is te verklaren door de aannames die worden gedaan door de PHPP berekening met de draaiuren en het ingevoerd vermogen. De draaiuren uit de PHPP berekening van het verwarmings- en warmtapwatersysteem komen niet overeen met de werkelijkheid. De energieopbrengst van de PV-panelen is vergeleken door de gemiddelde verhouding tussen de totale energieopbrengst en het totaal maximaal vermogen is 0,81. De globale straling was tijdens alle meetperiode hoger dan 1000 kWh/m². De windturbines voldoen niet aan de verwachte energieopbrengst, bij de opgegeven windsnelheid.

7. Welke woningen zijn 'energieneutraal' of vormen een goede basis om in de toekomst 'energieneutraal' gemaakt te kunnen worden?

Van de tien onderzochte woningen is een woning 'energieneutraal'. De Nulwoning in Groenlo kan gedefinieerd worden als 'energieleverende' of 'energieplus' woning. De woning levert meer energie dan dat gebruikt wordt. De woning in Utrecht vormt een goede basis om in de toekomst 'energieneutraal' gemaakt te kunnen worden. De woning is nog niet voorzien van PV-panelen. Maar het energiegebruik van de woning is de laagste van de onderzochte woningen.

Om het totale energiegebruik te compenseren moet nog veel aandacht worden besteed aan energieopbrengst. Het gemiddelde totale primaire energiegebruik van de woningen is 16.500 kWh (6500 kWh op de meter), dit is te hoog om met de huidige PV-panelen met een gemiddeld vermogen van 135 Wp/m² op een dakoppervlakte op te wekken. De energieopbrengst van de windturbine 400 kWh is niet voldoende om het energiegebruik te compenseren.

10.2 Aanbevelingen

Tijdens het onderzoek zijn enkele factoren naar voren gekomen die nog nader onderzocht moeten worden. Voor eventuele toekomstige onderzoekers naar energieneutrale woning zijn de volgende aanbevelingen opgesteld.

- **Monitoring**

Bij de huidige woningen wordt het energiegebruik alleen gemeten doormiddel van een kWh-meter in de meterkast. Om in de toekomst energieneutrale woning succesvol te realiseren moet het energiegebruik in de toekomst gemonitord worden om te kunnen sturen op het functioneren van installaties.

- **Interne warmtelast**

In de PHPP berekening wordt voor interne warmtelast een standaard waarde van $2,1 \text{ W/m}^2$ aangehouden. In de EPW berekening wordt voor interne warmtelast $6,0 \text{ W/m}^2$.

De interne warmtelast is in een passiefhuis heeft invloed op de totale warmtevraag voor ruimteverwarming. De interne warmte bij de onderzochte passiefhuizen liggen rond de 3 W/m^2 (zie bijlage III). Hoe groot de werkelijke interne warmtelast is van veel factoren afhankelijk zoals bijvoorbeeld: aanwezige personen, installaties, huishoudelijke apparaten en vloeroppervlakte. Daarom is nader onderzoek nodig om het werkelijke interne warmtelast exact te kunnen bepalen.

- **Energie besparing**

In verschillende gerealiseerd woningen is gebruik gemaakt van een douchewater-WTW, hotfill of zonnecollectoren. Wat de werkelijke gerealiseerde energiebesparing van een douchewater-WTW, hotfill of zonnecollector is niet bepaald? De aanbeveling is om nader onderzoek uit te voeren naar de werkelijke energiebesparing van een douchewater-WTW, hotfill of zonnecollector.

- **Verdeling warmtevraag ruimteverwarming en warmtapwater**

Bij enkele projecten wordt de warmtevraag voor ruimteverwarming en warmtapwater door het dezelfde verwarmingstoestel geleverd. In de rapport is er vanuit gegaan dat de berekende warmtevraag voor ruimteverwarming overeenkomt. De aanbeveling is om nader onderzoek te doen naar de werkelijke verdeling van de warmtevraag voor ruimteverwarming en warmtapwater

- **Pelletkachel**

Een aanbeveling is om nader onderzoek uit te voeren naar het functioneren van een pelletkachel wanneer de pelletkachel wordt ingezet voor het leveren van de warmtevraag voor bijvoorbeeld ruimteverwarming en/of warmtapwater.

- **Windturbine**

De energieopbrengst van de onderzochte windturbines voldoen niet aan de verwachte energieopbrengst. De opgegeven gemiddelde windsnelheid voor de verwachte energieopbrengst werd bij de woningen wel gehaald. De aanbeveling is om nader onderzoek uit te voeren naar de tegenvallende energieopbrengst van de windturbines.

Literatuurlijst

Agentschap NL, april 2010

Uitgerekend Nul / Taal, Rekenmethode en Waarde voor CO₂ cq. Energieneutrale utiliteitsgebouwen
Advies- en ingenieursbureau DHV in opdracht van Agentschap NL Ministerie van Volkshuisvesting,
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
Eindrapport april 2010

Agentschap NL, oktober 2010

Energieneutraal Bouwen, hoe doe je dat?
Agentschap NL Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
Datum: 04-10-2010

Agentschap NL, november 2010

Beleid overheid Energieneutraal bouwen
<http://www.agentschapnl.nl/programmas-regelingen/beleid-overheid-energieneutraal-bouwen>
Geplaatst op: 24-11-2010 Gewijzigd op: 01-09-2011

Agentschap NL Energie en Klimaat, juni 2010

EPW (NEN 5128)
Centraal stellen van duurzame energieambities in het gebiedsontwikkelingsproces
Datum: juni 2010

Boer / Jansen / Boonstra, augustus 2009

Passiefhuis en EPN, Onderzoek naar de waardering van passiefhuizen volgens EPN en PHPP
B.J. de Boer, I. Kondratenko (ECN) / D. Jansen, L. Joosten (DHV) / C. Boonstra (Trecodome)
[http://www.passiefbouwen.nl/documents/Passiefhuis en EPN - ECN rapport E-09-054.pdf](http://www.passiefbouwen.nl/documents/Passiefhuis_en_EPN_-_ECN_rapport_E-09-054.pdf)
Geraadpleegd: 6-10-2011

Braber / Geelen / Manussen, februari 2011

Rendement van tapwatersystemen: blijven evalueren of duurzaam evolueren?
Rapportnummer: 90409/CG/101244
Build Desk Benelux B.V., Arnhem, 18 februari 2011

[Datenbank für Passivhaus Projekte, november 2012]

<http://www.passivhausprojekte.de/projekte.php>
Geraadpleegd: 6-10-2011

Dobbelsteen, april 2009

REAP Rapport, Rotterdamse Energie Aanpak en -planning, Op naar CO₂ - neutrale stedenbouw
Nico Tillie, projectleider CO₂ - Pilot REAP duurzame stad, dS+V, Gemeente Rotterdam / Andy van den
Dobbelsteen, Climate Design & Sustainability, Faculteit Bouwkunde, TU Delft / Duzan Doepel,
architect, DSA / Wim de Jager, teamleider duurzaamheid Gemeentewerken, Gemeente Rotterdam /
Marc Joubert, architect, JA / Dave Mayenburg, adviseur energie Gemeentewerken, Gemeente
Rotterdam

Dobbelsteen, mei 2008

De Nieuwe Stappenstrategie

A. van den Dobbelsteen

<http://www.duurzaamgebouwd.nl/20080520-de-nieuwe-stappenstrategie>

Geraadpleegd op: 15-10-2011

Energie technologie, 2010/1

Wind

<http://www.energie-technologie.nl>

Geraadpleegd: 3-10-2011

Energie technologie, 2010/2

PV-panelen

<http://www.energie-technologie.nl>

Geraadpleegd: 3-10-2011

Energiebalanswoning Amersfoort, 2011

www.energiebalanswoningamersfoort.nl

Geraadpleegd op: 30-11-2011

Israëls / Stofberg, 2010

EnergieVademecum, Energiebewust ontwerpen van nieuwbouwwoningen.

3^e herziene druk

Ir. Ernest Israëls / ir. Frank Stofberg. BOOM, Milieukundig Onderzoek- Ontwerpburo Delft / Maastricht.

Uitgeverij: Aeneas, uitgeverij van vakinformatie bv, Boxtel

Hameetman / Haas / Aa, december 2006

Toolkit duurzame woningbouw, voor ontwikkelaars, gemeenten en ontwerpers.

2^e herziene druk

Pieter Hameetman, BAM Vastgoed, Capelle aan den IJssel / Frans de Haas, de Haas en Partners, Voorburg / Ad van der Aa, Jos de Vries, Arie Kalkman e.a. Cauberg-Huygen Raadgevende Ingenieurs BV, Rotterdam

Uitgeverij: Aeneas, uitgeverij van vakinformatie bv, Boxtel

Husbanken, november 2011

www.husbanken.no

Geraadpleegd op: 03-11-2011

Intelligent Energy Europe, november 2011

Mapping of previous integrated energy approaches

Part of work package no. 2 in the EU INTEND project - task 2.1 EIE-06-021-INTEND

[http://www.intendesign.com/oslo/Intend.nsf//FA3C2A500C743202C12573F0005467B7/\\$FILE/Mapping+Existing+Tools.pdf](http://www.intendesign.com/oslo/Intend.nsf//FA3C2A500C743202C12573F0005467B7/$FILE/Mapping+Existing+Tools.pdf)

Geraadpleegd op: 18-10-2011

Koopmans, 2011

<http://www.koopmans.nl>

Geraadpleegd op: 13-11-2011

Like.be, 2011

<http://www.like.be>

Geraadpleegd op: 01-11-2011

Mijnpassiefhuis,2011

<http://www.mijnpassiefhuis.nl/>

Geraadpleegd op: 30-11-2011

NEN 5128: 2004

Energieprestatie van woonfuncties en woongebouwen. Bepalingsmethode

Nulwoning,2011

<http://www.nulwoning.nl>

Geraadpleegd op: 29-09-2011

Onspassiefhuis,2011

<http://www.onspassiefhuis.nl>

Geraadpleegd op: 13-10-2011

Passiefhuisnu,2011

<http://www.passiefhuisnu.nl>

Geraadpleegd op: 13-10-2011

PeGO, oktober 2009

Stevige ambitie, klare taal! / Definiëring van doelstellingen en middelen bij energieneutrale, CO₂-neutrale en klimaatneutrale projecten In de gebouwde omgeving.

W/E adviseurs in opdracht van Platform energietransitie Gebouwde Omgeving (PeGO)

Datum: oktober 2009

P⁺ Bouwtrends,2008/4

Huis van de toekomst

Jaargang 1 - # 4 - juli + augustus 2008

Prof. J.D.M. (Anke) van Hal MSc PhD is als hoogleraar Sustainable Building verbonden aan de Nyenrode Business Universiteit en als hoogleraar Sustainable Housing Transformation aan de TU Delft.

Rijksoverheid, 2012

Afschaffing gloeilamp

<http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/energiebesparing/vraag-en-antwoord/komt-er-een-verbod-op-gloeilampen-in-europa.html>

Geraadpleegd op: 27-02-2012

Sintef, november 2011

www.sintef.no

Geraadpleegd op: 03-11-2011

Steigereiland 2.0, november 2010]

Faro Architecten

FARO architecten | Woonhuis Steigereiland 2.0, Amsterdam

Twuijver, augustus 2007

Woning als energieleverend systeem / Analyse naar de barrières en de kansen voor de grootschalige toepassing van energielevende nieuwbouwwoning.

Afstudeerder: Ing. T. (Tim) vanTwuijver, Onderwijsinstelling: Technische Universiteit Eindhoven,

Opdrachtgever: Energieonderzoek Centrum Nederland

Datum: Augustus 2007

Uneto-Vni, 2011

Huishoudelijk watergebruik

Informatie (warm)waterbesparing / energiebesparing

Zonneboilers

<http://www.infobladen-huishoudelijkwarmwatergebruik.nl>

Geraadpleegd op: 7-10-2011

Wolfgang Feist, oktober 2007

PHPP: Far More Than Just An Energy Calculation Tool

Dr. Wolfgang Feist, directeur van het PHI (Passiefhuis Instituut)

http://www.passivhaustagung.de/Passive_House_E/PHPP.html

Wolfgang Feist, november 2009

PHPP-NL Passief Bouwen Planning 2007

Versie 1.5, november 2009

Dr. Wolfgang Feist / Dr. Rainer Pfluger / Dr. Berthold Kaufmann



Bijlage I: Totaal overzicht gerealiseerde woningen

Project	Ambitie / ontwerpstrategie	Bepalingsmethode	Bouw- en installatietechnische gegevens	Monitoring
1. Amsterdam, Steigereiland 2.0 	Energie neutraal, Passiefhuis, Cradle to Cradle	PHPP warmtevraag, PHPP energiegebruik - Installatie - Huishoudelijk	Houtskeletbouw (Rc 7/9 m²k/W), Luchtdichtheid(n50): 0,53/h⁻¹ Pelletkachel, Vacuümbuis zonnecollectoren, Windturbine	Plugwise 2 á 3 weken, Meterstanden (2010/2011), Opbrengst windturbine (2011)
2. Amersfoort, Energiebalanswoning Nieuwland 	Energie neutraal, Trias Energetica	EPC, Aannames	Traditioneel gebouwd (Rc 3,5 m²k/W), Warmtepomp, Zonnecollectoren, Zonnepanelen	Specifiek monitoring over 1 jaar (2001/2002 REMU-DWA-Ecofys), Energiegebruik- en opbrengstgegevens bewoner (2009 t/m 2011)
3. Selfkant, Passiefhuis (Duitsland) 	Passiefhuis, Financieel voordelig	PHPP warmtevraag, PHPP primair energiegebruik	Traditioneel gebouwd (Rc 8/9 m²k/W), Luchtdichtheid(n50): 0,09/h⁻¹, Pelletkachel, Zonnepanelen	Totale energiegebruik- en opbrengstgegevens
4. Rotterdam, Sleephellingstraat 	Passiefhuis renovatie (25 kWh/m²)	PHPP warmtevraag, PHPP primair energiegebruik	Renovatie (Rc 5,5 t/m 10 m²k/W), Combiketel(gas), Zonnecollectoren, Hotfill	Meterstanden eerste 1,5 jaar (2009/2010)
5. Groenlo, Nulwoning 	Energie neutraal, Passiefhuis, Duurzaamheid, hoog comfort	PHPP warmtevraag, PHPP primair energiegebruik Greencalc+	Houtskeletbouw (Rc 5,2 t/m 10,2 m²k/W) Luchtdichtheid(n50): 0,4/h⁻¹, Warmtepomp Zonnecollectoren, Douchewater-WTW, Zonnepanelen	Energiegebruik en opbrengstgegevens, Specifieke metingen ventilatiesysteem
6. Swalmen, Passiefhuisnu.nl 	Passiefhuis	PHPP warmtevraag, PHPP primair energiegebruik	Beton casco (Rc 7,1 t/m 10 m²k/W), Luchtdichtheid(n50): 0,6/h⁻¹, Warmtepomp	Totale energiegebruik- en opbrengstgegevens bewoner
7. Oijen, Onspassiefhuis 	Passiefhuis	PHPP warmtevraag, Aannames - Warmtapwater - Installaties - Huishoudelijk	Houtskeletbouw, (Rc 6,5 t/m 8,3 m²k/W), Luchtdichtheid(n50): 0,49/h⁻¹, Pelletkachel, Luchtwarmtepomp, Vacuümbuis zonnecollectoren, Douchewater-WTW, Zonnepanelen	Meerdere meterstanden, Gebruik/opbrengsten (2009/2010/2011), Plugwise 2 weken (installaties), Temperatuur dataloggers
8. Utrecht, Passiefhuis 	Passiefhuis, Gezond binnenklimaat.	PHPP warmtevraag, PHPP primair energiegebruik	Isorast bouwsysteem (Gietbouw), (Rc 7,1/9,1/12,5 m²k/W), Luchtdichtheid(n50): 0,22/h⁻¹, Warmtepomp, Zonnecollectoren (werkt nog niet)	Plugwise 2 weken ventilatie en apparaten gemeten, Meterstanden, Temperatuur dataloggers
9. Almere, Columbuskwartier 	Klimaatneutraal	PHPP warmtevraag, Aannames	Giet/ houtskeletbouw (Rc 7,5 m²k/W) Natuurlijke toevoer/ mechanische afvoer Luchtwarmtepomp, Douchewater-WTW Zonnecollectoren Zonnepanelen Windturbine (2 st.)	Meterstanden energiegebruik en opbrengstgegevens
10. Oostende, Passiefhuis (Lage energie) (België) 	Energiezuinig	K-waarde (E-peil)	Traditioneel gebouwd, Luchtdichtheid(n50): 1,67/h⁻¹, Gasketel Zonnecollectoren, Zonnepanelen	Meterstanden energiegebruik en opbrengstgegevens





Bijlage II: Vergelijking energiegebruik per woning

Bijlage II: Vergelijking energiegebruik per woning



1.Oijen, Onspassiefhuis



**6. Amersfoort,
Energiebalanswoning**



**2.Almere,
Columbuskwartier**



**7. Amsterdam,
Steigereiland 2.0**



**3.Slefkant, Massiefhuis
(Duitsland)**



**8. Swalmen,
Passiefhuisnu**



4.Utrecht, Passiefhuis



**9. Rotterdam,
Sleephellingstraat**



5.Groenlo, Nulwoning



**10. Oostende,
Energiezuinig (België)**



Inhoudsopgave

1.1.	Oijen, Ons Passiefhuis	4
1.2	Almere, Columbuskwartier 'Klimaatneutraal'	12
1.3	Selfkant, Mijn passiefhuis	15
1.4	Utrecht, Passiefhuis	18
1.5	Groenlo, Nulwoning	22
1.6	Amersfoort, Energiebalanswoning	28
1.7	Amsterdam, Steigereiland 2.0	33
1.8	Swalmen, Passiefhuisnu	39
1.9	Rotterdam, Sleephellingstraat	41
1.10	Oostende, Energiezuinig	44
Literatuurlijst		47

1.1. Oijen, Ons Passiefhuis

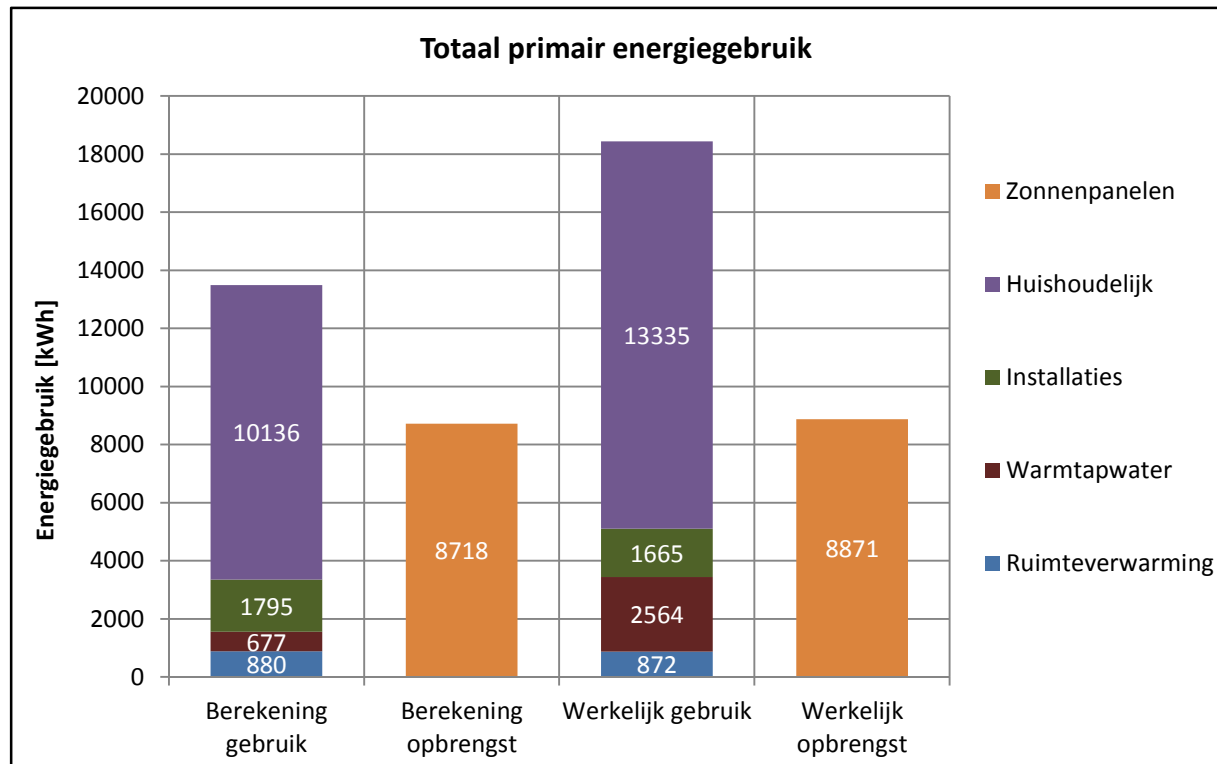
Het energiegebruik van de woning in Oijen is geanalyseerd. Het energiegebruik van hulpenergie voor installaties en enkele huishoudelijke apparaten zijn in totaal twee weken gemeten. Daarnaast is de temperatuur in verschillende ruimten gemonitord. De gemeten temperaturen in de woning zijn gemonitord met dataloggers. Van de woning is een vergelijking gemaakt tussen het berekende energiegebruik en het werkelijke energiegebruik in de gebruiksfase. In §1.1.1 is het totaal energiegebruik van het passiefhuis Oijen omschreven. Vervolgens is in §1.1.2 en §1.1.3 het energiegebruik opgesplitst, in ruimteverwarming en warmtapwater. In §1.1.4 is het berekende energiegebruik van de hulpenergie vergeleken met het werkelijke energiegebruik voor hulpenergie. In §1.1.5 is het huishoudelijke energiegebruik omschreven. In §1.1.6 is de energieopbrengst van de zonnepanelen geanalyseerd.



Afbeelding 1.1.1: Ons passiefhuis Oijen
(bron) www.onspassiefhuis.nl

1.1.1 Totaal primaire energiegebruik

Het totaal primaire energiegebruik van de woning is weergegeven in de grafiek 1.1.2. De hoeveelheid energie in de houtkorrels 5 kWh per kilo dit is gelijk aan de 1 kWh primaire energie. Voor het omrekenen van kWh elektriciteit (op de meter) naar kWh primaire energie is uitgegaan van een rendement van 39%. Door alle energiewaardes om te rekenen naar primair kan er een vergelijk worden gemaakt tussen het energiegebruik en de energieopbrengst naar 'energieneutraal'. De verschillen zijn uitgelicht in de §1.1.2 t/m §1.1.6.



Grafiek 1.1.2: Overzicht totaal primair energiegebruik

1.1.2 Ruimteverwarming

Specifieke warmtevraag

Berekening

De Specifieke warmtevraag is berekend met de PHPP berekening. De PHPP berekening geeft de volgende specifieke warmtevraag aan:

- Specifieke warmtevraag jaarmethode: 3.435 kWh (14,8 kWh/m²)
- Specifieke warmtevraag, maandmethode: 3.974 kWh (17,2 kWh/m²)

Om de verwachte warmtevraag te bepalen is gebruik gemaakt van de berekende specifieke warmtevraag uit de maandmethode van de PHPP berekening. De warmtevraag wordt door een pelletkachel geleverd, de pelletkachel heeft volgens de fabrikant een rendement van maximaal 91%. De productinformatie van de pelletkachel is weergegeven in bijlage I.A. De hoeveelheid energie per jaar om de woning te verwarmen is 3974/91%: 4.398 kWh.

Werkelijk

De woning wordt verwarmd met een pelletkachel, in de pelletkachel gaan houtkorrels van Westerwälder Holzpellets. De houtkorrels bevatten volgens een de producent 16,5¹ MJ/kg (4,58 kWh per kilo). De woning heeft in de winter van 2009/2010 975 kg houtkorrels en in winter van 2010/2011 930 kg verstoekt.



Afbeelding 1.1.3: Zakken met houtkorrel
(bron) www.holzpellets.de

Gemiddelde over 2 jaar is 950 kg houtkorrels verstoekte, deze overeenkomt met van 4.360 kWh per jaar energie. Daarnaast is er in de kantoorruimte een elektrische kachel aanwezig. De elektrische kachel verwarmd het kantoor in de winterperiode wanneer de bewoner aanwezig is in het kantoor.

Verschil

Het verschil tussen specifieke warmtevraag (3.974 kWh) en de werkelijke berekende warmtevraag (4.360 kWh) is ongeveer 386 kWh. Door de werkelijke gemeten gemiddelde binnentemperatuur, buitentemperatuur, zonnestaling en ventilatie waarden te verwerken in de PHPP berekening is te zien dat de herberekening na genoeg gelijk blijft aan de vooraf gemaakte berekening.

Berekening (stookseizoen 273 dagen)		
Transmissie warmteverliezen	12.579 kWh	
Ventilatie warmteverliezen	1.625 kWh	
Warmtewinst	-10.231 kWh	(66% benuttingsfactor warmtewinst)
• Beschikbare zonnewinst		-12.231 kWh
• Interne warmtebronnen		-3.174 kWh
Jaarlijkse warmtevraag:	3.974 kWh	

Tabel 1.1.4: Berekening specifieke warmtevraag

Herberekening (stookseizoen 242 dagen)		
Transmissie warmteverliezen	11.829 kWh	
Ventilatie warmteverliezen	1.307 kWh	
Warmtewinst	-8.872 kWh	(70% benuttingsfactor warmtewinst)
• Beschikbare zonnewinst		-9.865 kWh
• Interne warmtebronnen		-2.814 kWh
Jaarlijkse warmtevraag:	4.264 kWh	

Tabel 1.1.4: Herberekening specifieke warmtevraag

Het verschil tussen de herberekening en werkelijkheid is 326 kWh, zoals weergegeven in tabel 1.1.5. De warmte die wordt toegevoegd door de elektrische kachel die in het kantoor staat is niet opgenomen in de ruimteverwarming.

	Gebruik [kWh]	Rendement	Warmtevraag [kWh]
Herberekening	4.264 /	91%	4.686
Werkelijk	3.968 /	91%	4.360
Vershil			326

Tabel 1.1.5: Verschil werkelijk - herberekening

Binnentemperatuur

De PHPP berekening gaat uit van een gemiddelde binnentemperatuur over een jaar van 20°C in de gehele woning. In de woonkamer gemeten gemiddelde temperatuur in het stookseizoen is 20°C, in de zomerperiode is het 24°C. In het stookseizoen is de gemiddelde temperatuur in het kantoor 18,5°C. De temperatuur van de afgezogen ventilatielucht op de verdieping is gemiddeld 17,5°C. De afgezogen ventilatielucht in de zomerperiode is gemiddeld 24°C. De vooraf aangenomen gemiddelde jaar temperatuur van 20°C. De werkelijke binnentemperatuur fluctueert door het jaar heen in de woning tussen de 17,5°C en de 24°C. De gemiddelde werkelijke binnentemperatuur komt overeen met de berekening.

Buitentemperatuur

De aangenomen gemiddelde maandelijkse buitentemperatuur is gebaseerd op Meteonorm met correctie voor Oijen +6m NAP. De klimaatgegevens van Meteonorm met een correctie voor Oijen zijn over een jaar bekeken ongeveer 11% hoger dan in de klimaatgegevens van De Bilt. De klimaatgegevens in de PHPP berekening gaan uit van een gemiddelde maandelijkse buitentemperatuur in de maanden oktober t/m maart van 5,6°C. De gemeten gemiddelde maandelijkse buitentemperatuur zijn in de tabel 1.1.6 weergegeven, de gemiddelde temperatuur is 5,0°C over twee stookseizoenen (oktober t/m maart van weerstation Oss). Doordat de werkelijk maandelijkse buitentemperatuur in de stookperiode lager is neemt de warmtevraag hierdoor toe.

Maandelijkse buitentemperatuur (°C)	okt	nov	dec	jan	feb	mrt
PHPP: Oijen +6m NAP	10,7	6,4	3,3	2,9	3,9	6,3
2009/2010	10,7	9,4	2,2	-0,3	1,6	6,6
2010/2011	10,4	6	-1,4	3,4	4,7	6,8

Tabel 1.1.6: Maandelijkse buitentemperatuur juli 2009 t/m juni 2011 (bron) Weerstation Oss

Ventilatie

In de PHPP berekening is aangehouden dat het ventilatiesysteem 22 uur van de dag 225m³/h geventileerd wordt en 2 uur per dag 300 m³/h geventileerd. De efficiëntie van de WTW-unit Type INNOAIR 255 DC - Sachsenland Bauelemente) is 88%. Doordat de buitenluchttoevoer-kanaal (5 m) en de luchtafvoerkanaal (2,6 m) geïsoleerd zijn met 160 mm isolatie, komt effectieve warmteterugwinningsefficiëntie in de berekening uit op 85,1%.

In werkelijkheid is de ventilatiecapaciteit 200 m³/h, bij deze hoeveelheid ventilatiedebiet geeft de fabrikant aan dat het rendement van de WTW-unit op gemiddelde 92,2% ligt. Tijdens de meetperiode was het gemeten rendement 94%, daarbij heeft de bodemcollector een aantal keren aangestaan. De bodemcollector gaat in werking als de buitentemperatuur onder 5°C of boven de 25°C komt op. De WTW-unit functioneert met een rendement van 92,2% efficiënter dan in de vooraf aangehouden 88%. Het hogere rendement is te verklaren doordat het ingestelde ventilatiedebiet lager ligt dan vooraf is aangenomen.

Interne warmtebronnen

De interne warmte (personen, verlichting en elektrisch apparaten) heeft 273 dagen een positief effect op de maandelijkse warmtevraag in de woning. De daarbij aangehouden specifieke vermogen is 2,1 W/m² vloeroppervlakte. De werkelijke interne warmtebronnen zijn in een werkelijke situatie niet bepaald.

1.1.3 Warmtapwater

Berekening

Voor het berekenen van het energiegebruik voor het opwarmen van warmtapwater is een aanname gedaan. Volgens 'Milieu centraal' gebruikt een elektrisch boiler 1.800 kWh energie (op de meter) vooral het warmtapwater in woning per jaar. Het energiegebruik is voor een gemiddeld gezin van 3 personen in verhouding 2.348 kWh. De besparing van 1.414 kWh met de zonnecollectoren is berekend met de PHPP berekening. Het verschil tussen het gemiddelde 2.348 en besparing van 1.414 met zonnecollectoren is 934 kWh. Het verschil wordt geleverd door de luchtwarmtepomp met een COP waarde van 3,54. Om de 934 kWh aan warmtapwater te compenseren is 264 kWh elektriciteit benodigd. Het gegeven rendement van de douchewater-WTW (2,1m) is 62,2%. In bijlage I.B is de productinformatie van de douchewater-WTW toegevoegd. De douchewater-WTW verhoogd de aanvoertemperatuur van koud water voor de luchtwarmtepomp naar 23°C bij een douchewatertemperatuur van 37°C.

Warmtapwater	Berekening [kWh]	Werkelijk [kWh]	Opmerking
Warmtapwater lucht-warmtepomp COP 3,54	934	975	
Verticale douchewarmtewisselaars (2,1m)			
Warmtapwater Zonnecollector 5m ² volgens de PHPP berekening	1.414	1.414	Aanname zonnecollector gelijk in werkelijk
Aanname berekening 3 personen	2.348	2.564	

Tabel 1.1.7 Overzicht warmtevraag warmtapwater

Werkelijkheid

De luchtwarmtepomp in combinatie met de zonnecollectorpomp gebruikt 1.000 kWh per jaar. De zonnecollectorpomp ongeveer een energiegebruik van 250 kWh. De luchtwarmtepomp verwarmt het water naar een temperatuur van gemiddeld 52°C met een COP waarde van 1,3. De luchtwarmtepomp met een energiegebruik van 750 kWh verwarmt water van 23°C (62% terug gewonnen van 38°C door de douchewater-WTW) naar 52°C.

De resterende warmtevraag voor warmtapwater wordt geleverd met de zonnecollectoren. Volgens de bewoner aangegeven duur en aantal van douchebeurten komt dit uit op warmwatergebruik van ongeveer 66 m³ warmwater, het totale watergebruik over een jaar is ongeveer 190 m³.

Vershil

De effectiviteit van de luchtwarmtepomp valt ten opzichte van de fabriekswaarde tegen. In plaats van de vooraf aangenomen COP waarde van 3,54 was de COP waarde tijdens enkele verschillende metingen circa 1,3. Het werkelijk effect van de douchewater-WTW is ook niet te bepalen of douchewater-WTW het doet wat de producent opgeeft.

1.1.4 Hulpenergie

Berekening

Het energiegebruik voor hulpenergie bestaat in de woning uit ventilatie, aansturing voor energie opbrengsten, etc. In de berekening voor het energiegebruik zijn vaste energiewaarden van 'Milieu centraal' aangehouden. In de aanname is er voor hulpenergie rekening gehouden met gebalanceerd ventilatie.

Energiegebruik hulpenergie	Bron	Berekening [kWh]
Installaties (WTW-unit)	Milieu centraal	700
Totaal		700

Tabel 1.1.8: Berekening verdeling energiegebruik hulpenergie voor installatie

Berekening

Het energiegebruik van de pelletkachel is bepaald door de hoeveelheid houtkorrels die in een jaar worden verbrand te delen door de gemiddelde brandsnelheid van 1,5 kg/uur. Bij de gemiddelde brandsnelheid gebruikt de pelletkachel 100 Watt. De bodemcollector treedt in werking bij een buitentemperatuur lager dan 5°C of hoger dan 25°C. Het energiegebruik van de bodemcollector over een heel jaar kan worden bepaald door de buitentemperatuur. De buitentemperatuur van de laatste twee jaar is geanalyseerd op het aantal uren dat de gemiddelde buitentemperatuur lager was dan 5°C en hoger dan 25°C. Het aantal uren dat de bodemcollector aan staat per jaar is vermenigvuldigd met het vermogen van 44 Watt. De overige uren heeft de bodemcollector een stoomgebruik van 2 Watt. In bijlage I.C is de werking van de bodemcollector inzichtelijk gemaakt. In de grafiek in bijlage I.C is weergegeven wat het effect van de bodemcollector is bij een temperatuur tussen de 0 en 5°C. Het ventilatiesysteem draait het hele jaar op stand twee (200 m³/h). De twee ventilators in het ventilatiesysteem hebben samen een vermogen van 45 Watt. In de bijlage I.D is de verantwoording van het energiegebruik van de installaties toegevoegd.

Energiegebruik hulpenergie	Werkelijk [kWh]
Pelletkachel (verwarmen)	127
Bodemcollector (verwarmen/koelen)	128
Ventilatiesysteem (ventilatie)	394
Totaal	649

Tabel 1.1.9: Verdeling energiegebruik hulpenergie voor installaties

Verschil

In de berekening is alleen rekening gehouden met een gebalanceerd ventilatiesysteem met een energiegebruik van 700 kWh per jaar. In de werkelijkheid is het energiegebruik van het balansventilatiesysteem is 394 kWh per jaar. Het ventilatiesysteem heeft 7 standen met een minimaal gebruik van 15 W en maximaal gebruik van 150 W. Het gemiddelde energiegebruik tussen 15 W en 150 W is 82,5 W. In de bijlage I.E is de productinformatie van het ventilatiesysteem toegevoegd. Op het moment dat het vermogen van 82,5 W wordt vermenigvuldigd met het aantal uren van een jaar dan is het gebruik 723 kWh per jaar. Het lage energiegebruik voor ventilatiesysteem in de werkelijkheid is in grote mate veroorzaakt door de hoeveelheid ventilatie. Het energiegebruik voor de bodemcollector en de pelletkachel zijn overige energiegebruik van hulpenergie voor installaties.

1.1.5 Huishoudelijk energiegebruik

Totaal energiegebruik

Een Nederlands gemiddeld energie van een huishouden voor 4 personen is 4.106 kWh per jaar. [Nibud 2011] Het Nederlands gemiddelde energiegebruik is gebaseerd op gemiddeld aanwezige apparaten en het energiegebruik per apparaat.

In de berekening voor het energiegebruik zijn energiewaarden aangenomen vanuit milieucentraal.nl en BEK 2000. De aanname is gedaan voor huishoudelijke apparaten en verlichting. Het energiegebruik voor huishoudelijke apparaten is opgesplitst in koken op elektra, wassen en drogen en diverse elektrische apparaten.

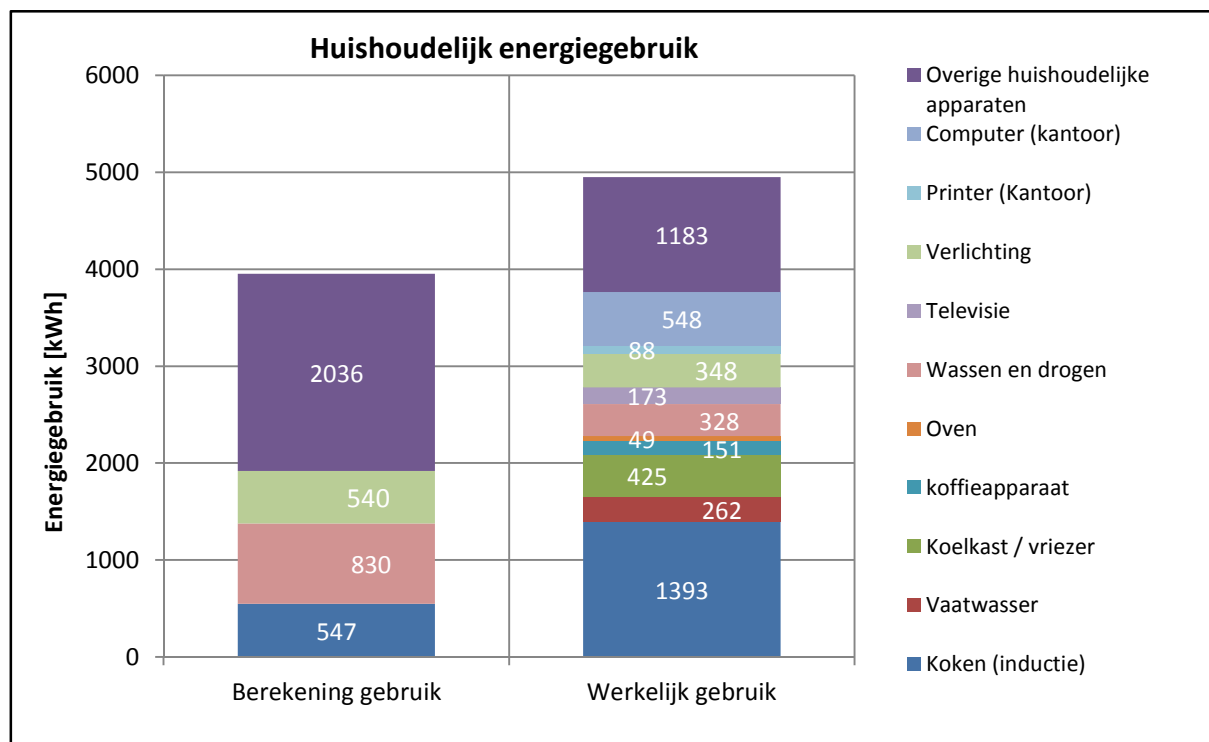
Verdeling energiegebruik	Bron	Berekening [kWh]
Wassen en drogen	BEK, 2000	830
Verlichting	Milieu centraal	540
Diverse elektrische apparaten		2.036
Subtotaal		3.406
Koken op elektra	BEK, 2000	547
Hulpenergie (ventilatie, pompen)	Milieu centraal	700
Totaal		4.653

Tabel 1.1.10: Berekening verdeling energiegebruik Nederlands huishouden

De verdeling van het werkelijke huishoudelijk energiegebruik is niet gemonitord. Het energiegebruik de huishoudelijke apparaten zijn door productinformatie en BEK 2000. Voor het onderdeel koken is een aanname gedaan voor de tijdsbesteding. Het onderdeel verlichting is berekend aan de hand van het vermogen en de hoeveelheid lampen in de woning aanwezig zijn. De hoeveelheid branduren zijn bepaald door het rapport van [Croezen/ Sevenster, 2006]. In het rapport worden de branduren per ruimte voor verschillende ruimtes gegeven.

Huishoudelijk	Berekening [kWh]	Werkelijk [kWh]
Koken (inductie)	547	1393
Vaatwasser		262
Koelkast / vriezer		425
Koffieapparaat		151
Oven		49
Wassen en drogen	830	328
Wasmachine		265
Wasdroger		62
Televisie		173
Computer (kantoor)		548
Verlichting	540	348
Printer (Kantoor)		88
Pomp zwembijver		252
Overige huishoudelijke apparaten	2.036	1.183
Totaal	3.953	5.201

Tabel 1.1.11: Verdeling huishoudelijk energiegebruik



Grafiek 1.1.12: Verdeling huishoudelijk energieverbruik

Verlichting

Het aangenomen energieverbruik voor verlichting ligt hoger dan het werkelijke energieverbruik. Het lagere energieverbruik komt doordat in de woning de meerderheid van de verlichting uit led lampen bestaat aangevuld met een aantal spaarlampen. De woning is groter dan een gemiddelde Nederlandse woning, hierdoor zijn er meer lampen in de woning aanwezig dan gemiddeld. Het werkelijk energieverbruik van de verlichting is onzeker doordat voor de hoeveelheid branduren van de lampen in het jaar een aanname is gedaan.

Koken

Het Nederlandse gemiddelde energieverbruik voor inductie koken (1.400W) is 547 kWh per jaar. De inductiekookplaat in de woning heeft een totaal vermogen van 6.800 W. Van uitgaande dat de helft van de kookpitten dagelijks worden gebruikt (3.400W), doordat het vermogen van de inductiekookplaat 2,4 maal groter is, zal het energieverbruik uitkomen op ongeveer 1.393 kWh per jaar.

Wassen en drogen

Het energieverbruik van de wasmachine volgens de fabrikant 1.020 W per wasbeurt, de bewoner gebruikt de wasmachine gemiddeld 5 keer per week. Het jaarlijkse energieverbruik voor wassen is 265 kWh. De droger gebruikt per keer ongeveer 1.200 kWh. De droger wordt één keer per week gebruikt. Het jaarlijkse energieverbruik voor de droger is 62 kWh.

Overige huishoudelijke apparaten

Het verschil tussen het berekende en werkelijke huishoudelijk energieverbruik is te verklaren door de aanwezigheid van een kantoor aan huis (computer, printer, ect.) en een pomp voor de zwembad. Bij de verdeling van het werkelijk energieverbruik is 1.184 kWh nog onbekend. In de 1.184 kWh die onbekend is, zitten de kleine huishoudelijke apparaten zoals het energieverbruik van een stofzuiger, laptop, ect.

1.1.6 Energieopbrengst

Berekening

Er zijn twee energiemeters in de woning aanwezig. De energieopbrengst van de zonnepanelen wordt weergegeven op een kWh-meter, het elektriciteit gebruik en de terug geleverde elektriciteit op de ander kWh-meter. In de afgelopen twee jaar zijn honderd keer de meterstand genoteerd. Deze gegevens zijn verwerkt in de grafiek 'Overzicht energiestromingen' in bijlage I.G. De verwachte energieopbrengst volgens de bewoner is ongeveer 3.400 kWh.

Werkelijk

Voor de energieopbrengst zijn 17 zonnepanelen geplaatst met een totaal oppervlak van circa 25 m². Een zonnepaneel heeft een Watt piekvermogen van 205 Watt per paneel. In totaal hebben de zonnepanelen een Watt piekvermogen van 3.485. De werkelijke energieopbrengst is weergegeven in tabel 1.1.13.

Werkelijke energieopbrengst	Periode	Maximaal vermogen [Wp]	Werkelijke opbrengst [kWh]	Verhouding [kWh] / [kWp]
Zonnepanelen	7-2009 t/m 7 -2010	3.485	3.282	0,94
Zonnepanelen	7-2010 t/m 7 -2011	3.485	3.637	1,04
			3.460	0,99

Tabel 1.1.13: Overzicht werkelijke energieopbrengst

Verschil

Het KNMI weerstation Volkel heeft de horizontale zonnestraling gemeten in de opbrengstperiode. De werkelijke hoeveelheid gemeten zonnestraling was het eerste jaar 1.075 kWh (7,5% meer dan berekend) en het tweede jaar was het 1.064 kWh (6,4% meer). De werkelijke gemeten zonnestraling is gecorrigeerd op dan het Nederlands gemiddelde hoeveelheid straling per jaar van 1.000 kWh. Met correctie is de verhouding tussen het maximaal vermogen [Wp] de werkelijke energieopbrengst [kWh] is in het eerste jaar ongeveer 88% en in het tweede jaar is de verhouding 98%. De gemiddelde verhouding tussen de twee jaren 93%. De gecorrigeerde energieopbrengst met de verhouding is weergegeven in tabel 1.1.14.

Gecorrigeerde energieopbrengst	Periode	Maximaal vermogen [Wp]	Gecorrigeerde opbrengst [kWh]	Verhouding [kWh] / [kWp]
Zonnepanelen	7-2009 t/m 7 -2010	3.485	3.053	0,88
Zonnepanelen	7-2010 t/m 7 -2011	3.485	3.418	0,98
			3.236	0,93

Tabel 1.1.14: Overzicht gecorrigeerde energieopbrengst

1.2 Almere, Columbuskwartier 'Klimaatneutraal'

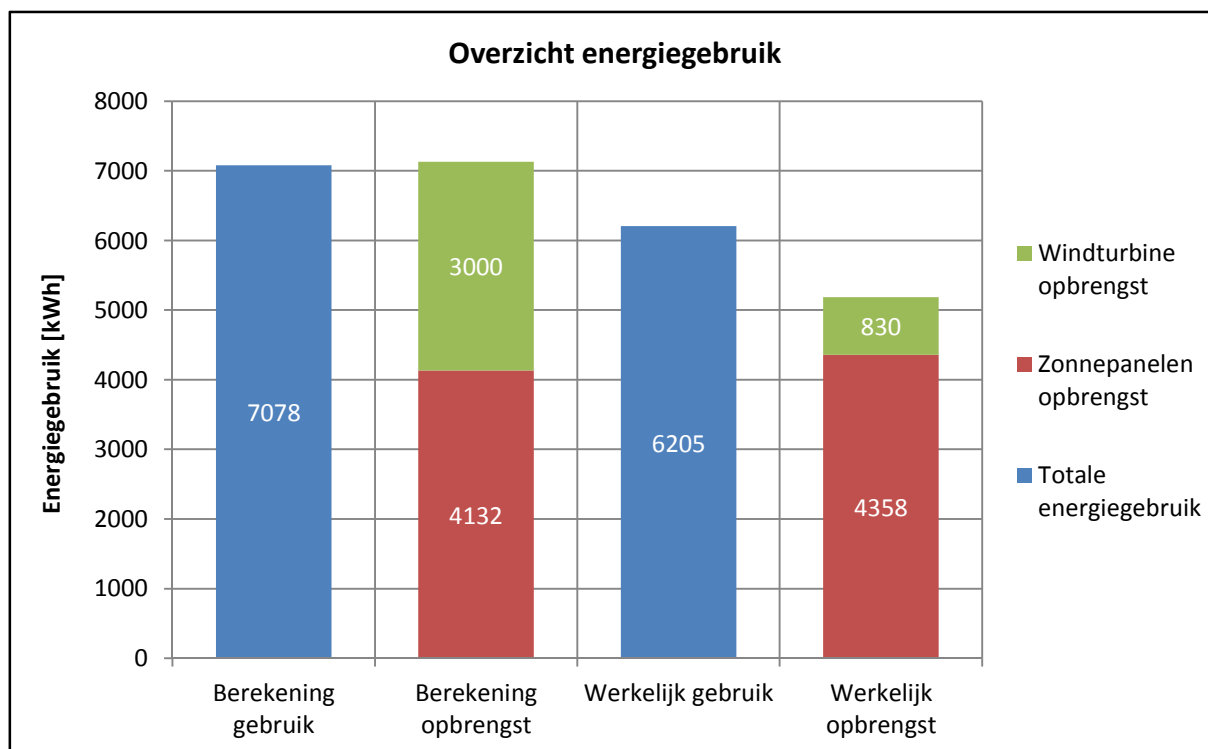
Het energiegebruik van de 'klimaatneutrale' woning in Almere is geanalyseerd voor dit onderzoek. De woning in Almere is een demonstratiewoning van Koopmans Bouwgroep. De woning wordt gebruikt voor het houden van presentaties en rondleidingen. Voor dit onderzoek is het energiegebruik en de energieopbrengst geanalyseerd. Het energiegebruik en de energieopbrengst zijn geanalyseerd over de periode van 11-10-2010 tot 13-10-2011. Het totaal energiegebruik van de berekening en van de werkelijkheid zijn in een grafiek uitgewerkt in §1.2.1. De analyse van het energiegebruik is uitgewerkt in §1.2.2. In §1.2.3 is de energieopbrengst omschreven.



Afbeelding 1.2.1:
Almere, Columbuskwartier
(bron) www.koopmans.nl

1.2.1 Totaal energiegebruik

Het totaal energiegebruik van de woning zijn weergegeven in de grafiek 1.2.2. Het energiegebruik bestaat uit hulpenergie, huishoudelijke apparaten en verlichting. Met de PHPP berekening is het verwachte totale energiegebruik berekend. De ambitie van de opdrachtgever was om 'klimaatneutraal' te realiseren. Het totale energiegebruik van de woning moet worden gecompenseerd met een energieopbrengst.



Grafiek 1.2.2: Overzicht energiegebruik

1.2.2 Energiegebruik

Berekening

Het totale energiegebruik is berekend doormiddel van de PHPP berekening. In de PHPP berekening is de primaire energievraag per vierkante meter berekend. De primaire energievraag van de woning is 92 kWh/m². Het totale oppervlak van de woning is 197,27 m². Omgerekend is het energiegebruik op de meter 7.078 kWh per jaar, zoals weergegeven in grafiek 1.2.2.

Werkelijkheid

Het werkelijkheid energiegebruik is circa 6.205 kWh. Het werkelijke energiegebruik bestaat voornamelijk uit hulpenergie voor installaties. Voor ruimteverwarming en warmtapwater is er een elektrische luchtwarmtepomp geïnstalleerd in combinatie met vijf vierkante meter zonnecollectoren. De ventilatie is voorzien van mechanische afvoer en natuurlijke toevoer door zelfregelende roosters.

Verschil

In de berekening is het primaire energiegebruik bepaald op 7.079 kWh. In de werkelijkheid is het energiegebruik 6.205 kWh. Het verschil tussen de berekening en de werkelijkheid is 874 kWh op de energiemeter. Het energiegebruik in de woning is niet vergelijkbaar met een bepaalde gezinssamenstelling. De woning wordt niet bewoond door een gezin.

1.2.3 Energieopbrengst

Berekening

De energie is opgewekt doormiddel van twee windturbines en 85,7 m² zonnepanelen. De zonnepanelen hebben in totaal een Watt piekvermogen van 7645 Wp. De PV-panelen zijn aangebracht tegen de gevel en op het dak van de woning. In tabel 1.2.3. zijn het aantal PV-panelen in combinatie met het vermogen per positie weergegeven. In de berekening is aangenomen dat de zonnepanelen een energieopbrengst hebben van 4.132 kWh.

De twee windturbines zijn op het dak van de woning geplaatst. De energieopbrengst van de twee windturbines volgens de producent is 3.000 kWh. De energieopbrengst per windturbine wordt volgens de producent gehaald bij een gemiddelde windsnelheid van 4,5 m/s over een jaar. De totale energieopbrengst van de woning is berekend voor ongeveer 7.132 kWh per jaar.

Positie	Aantal	Vermogen per paneel [Wp]
Plat dak	28	95
Westzijde	19	75
Zuidzijde	44	65
Oostzijde	14	50

Tabel 1.2.3: Overzicht positie PV-panelen



Afbeelding 1.2.4:
Energie opwekkers
(bron) www.koopmans.nl

Werkelijkheid

In de werkelijkheid is de opbrengst van de PV-panelen in totaal 4.358 kWh. In totaal zijn er 105 PV-panelen gemonteerd op gevels. Op het dak zijn 28 PV-panelen geplaatst. De 77 PV-panelen in de gevel zijn voorzien van een rode coating.

De gemiddelde snelheid over 2011 was bij weerstation Lelystad in 2011 4,4 m/s en bij weerstation Schiphol was 5,1 m/s. Omdat de plaats Almere en de woning in de woning in Amsterdam tussen de twee weerstations is een gemiddelde windsnelheid van 4,7 m/s aangenomen. De twee windturbines hebben samen een energieopbrengst van 830 kWh.

Conclusie

De verhouding tussen het maximaal vermogen 7.465 Wp en de werkelijke energieopbrengst 4.358 kWh is 0,57 zoals weergegeven in tabel 1.2.2. De PV-panelen op de gevel zijn voorzien van een rode coating. De huidige eigenaar van de woning geeft aan dat de energieopbrengst minder is door de rode coating op de PV-panelen. De werkelijke hoeveelheid gemeten zonnestraling in de periode was 1020 kWh/m², dit is meer dan het Nederlands gemiddelde hoeveelheid straling per jaar van 1.000 kWh/m². De verhouding van de gecorrigeerde energieopbrengst is 0,56 zoals weergegeven in tabel 1.2.5.

Energieopbrengst	Periode	Maximaal vermogen [Wp]	Energieopbrengst [kWh]	Verhouding [kWh] / [kWp]
Werkelijk	10-2010 t/m 10-2011	7.645	4.358	0,57
Gecorrigeerd	10-2010 t/m 10-2011	7.645	4.273	0,56

Tabel 1.2.5: Overzicht energieopbrengst

De twee windturbines hebben in de werkelijkheid een energieopbrengst van 830 kWh. In de berekening is er vanuit gegaan dat de twee windturbines een opbrengst hebben van 3.000 kWh per jaar. Het verschil tussen de berekening en werkelijkheid is 2.170 kWh. Een gebruiker van de woning geeft aan dat de wieken van de windturbine zijn bijgesteld omdat ze voor overlast zorgen bij buurtbewoners. De beide windmolens hebben ook niet allebei zelfde hoeveel energie opgewekt.

1.3 Selfkant, Mijn passiefhuis

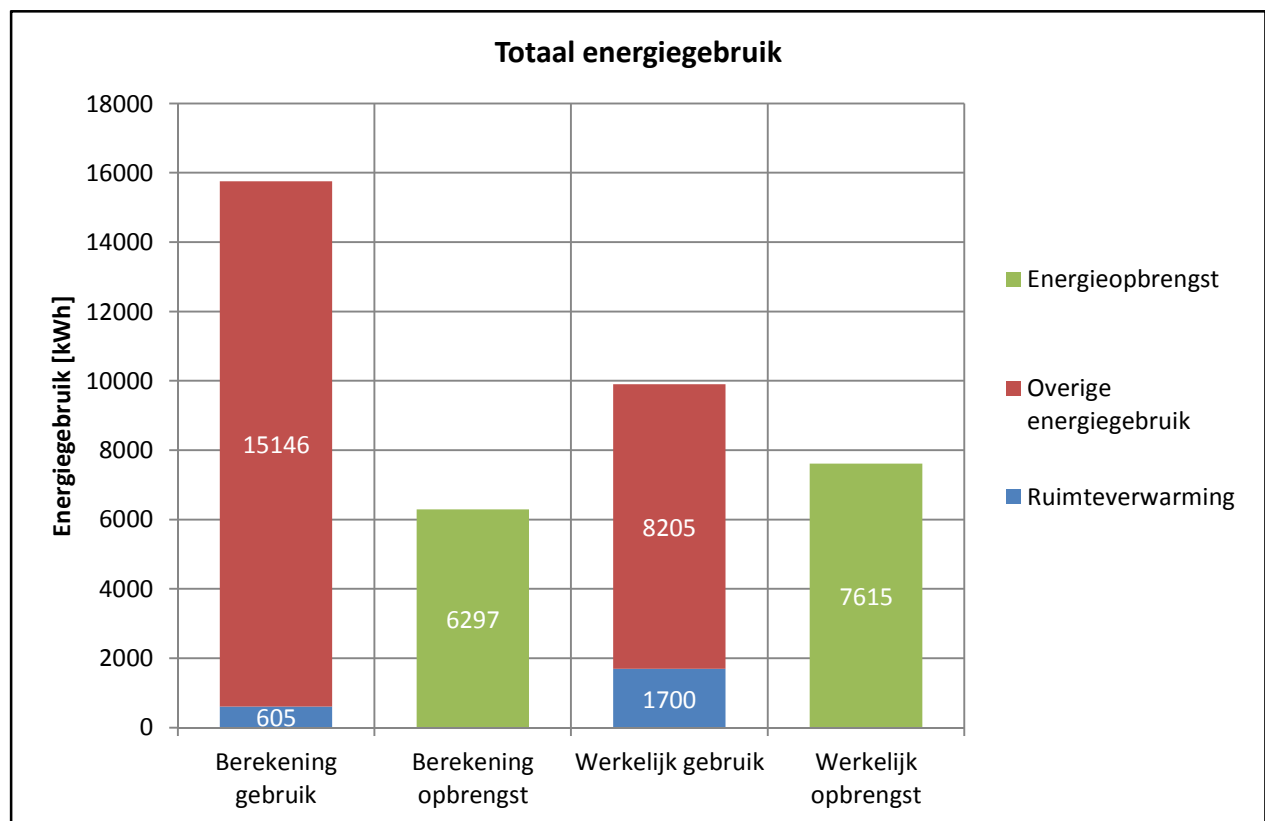
De woning is gebouwd in de Duitse plaats Selfkant en is opgeleverd in 2009. Uit de PHPP berekening zijn voor dit onderzoek zijn de uitkomsten van de PHPP berekening bekend van het totaal primaire energiegebruik, energieopbrengst en de warmtevraag. In §1.3.1 is een overzicht van het totaal energiegebruik weergegeven. Het energiegebruik voor ruimteverwarming is omschreven §1.3.2. In §1.3.3 is omschreven wat het huishoudelijk energiegebruik is. De woning is op het platte dak voorzien van PV-panelen. De energieopbrengst is geanalyseerd in §1.3.4.



Afbeelding 1.3.1: Voorgevel Mijn passiefhuis
(bron) www.passiefhuis.nl

1.3.1 Totaal primaire energiegebruik

Het totale primaire energiegebruik is verdeeld in ruimteverwarming en overige energiegebruik. De energieopbrengst volgens de berekening en de werkelijke energieopbrengst is in de grafiek 1.3.2. weergegeven. De energiewaarden zijn weergegeven in primaire energie. Voor ruimteverwarming en wordt er gebruik gemaakt van een pelletkachel, daarom worden gegevens in primaire waarden weergegeven.



Grafiek 1.3.2: Overzicht energiegebruik

1.3.2 Ruimteverwarming

Berekening, Specifieke warmtevraag

Voor dit onderzoek kon de PHPP berekening niet worden aangeleverd, daardoor is gebruik gemaakt van de door de bewoner aangeleverde uitkomsten uit de PHPP berekening. De warmtevraag van de woning is 14 kWh/m². De woning heeft een oppervlak van 196,7m². De totale warmtevraag van de woning is 2.754 kWh. De totale warmtevraag van de woning wordt mede bepaald door het rendement van de ruimteverwarming. De woning is voorzien van een pelletkachel met een aangehouden rendement van 91%. De totale hoeveelheid energie die nodig is voor de ruimteverwarming is 3.026 kWh per jaar.

Werkelijkheid

De woning wordt verwarmd door een pelletkachel met een maximaal vermogen van 8 kW. Het energiegebruik van de pelletkachel is gemiddeld 1.700 kg aan houtkorrels. De houtkorrels hebben per kilogram 5 kWh aan energie. De energie die uit het totale energiegebruik van houtkorrels komt is circa 8.500 kWh.

Verschil

In de berekening had de woning een warmtevraag van 3.026 kWh en in de werkelijkheid is de warmtevraag 8.500 kWh gemiddelde per jaar. Het verschil is ongeveer 5.474 kWh over een jaar. Het verschil kan zijn veroorzaakt door de hogere binnentemperatuur, interne warmtebronnen en het functioneren van de pelletkachel

Binnentemperatuur

Voor de binnentemperatuur is in de berekening 20°C ingevoerd voor de gehele woning. De binnentemperatuur van de woning is in de werkelijkheid ingesteld op 21°C. Het temperatuurverschil tussen de berekening en de werkelijkheid heeft invloed op de warmtevraag van de woning.

Interne warmtebronnen

Voor de interne warmtebronnen wordt in de berekening rekening gehouden met een huishouden van vier personen. De woning is de laatste twee jaar bewoond door 1 persoon. In een normale werkweek zijn er tussen 8:00 en 17:00 uur geen personen in de woning aanwezig. In de berekening is rekening gehouden met een gezinssamenstelling van vier personen. De hoeveelheid aanwezige personen en het energiegebruik van de huishoudelijke apparaten hebben invloed op de interne warmtebronnen. De hoeveelheid interne warmtebronnen is niet voor dit onderzoek bepaald.

Luchtdichtheid

In de berekening is voor de luchtdichtheid de eiswaarde van 0,6 h⁻¹ ingevoerd. In de gebruiksfase is er een luchtdichtheid gemeten van de thermische schil. De luchtdichtheid van de thermische schil was 0,09 h⁻¹. Doordat de thermische schil in de werkelijkheid luchtdichter is uitgevoerd dan in de berekening, hierdoor zal de warmtevraag kleiner worden doordat er minder warmte via infiltratie verloren gaat.

Rendement pelletkachel

Volgens de bewoner haalt de pelletkachel niet het opgegeven rendement van 91%. Een aanbeveling is om het functioneren van een pelletkachel nader te onderzoeken.

1.3.3 Huishoudelijk energiegebruik

Berekening

Voor het huishoudelijk energiegebruik is de PHPP berekening uitgewerkt. De uitkomst vanuit de berekening was een primaire energievraag van 91 kWh/m² min de totale warmtevraag van 14 kWh/m² van de woning is het huishoudelijke energiegebruik. Het oppervlak van de woning is 197,97 m². De totale primaire energievraag van de woning is 17.900 kWh. De warmtevraag van de woning is 2.754 kWh. Het primaire huishoudelijke energiegebruik is 15.146 kWh Het energiegebruik op de energiemeter is 5.907 kWh. Het energiegebruik bestaat uit alle elektrische apparaten in de woning.

Energiegebruik	Berekening [kWh]	Werkelijk [kWh]
Hulpenergie	5.907	3.200
Huishoudelijke apparaten		
Verlichting		
Totale primaire energievraag	15.146	8.205

Tabel 1.3.3: Overzicht huishoudelijk energiegebruik

Werkelijk

In de werkelijkheid is het energiegebruik gemiddeld 3.200 kWh op de energiemeter. In de berekening is uitgegaan van een gezinssamenstelling van 4 personen.

Verschil

Het verschil tussen de berekening en de werkelijkheid is ongeveer 2.507 kWh. Het verschil tussen de gezinssamenstelling in berekening en de werkelijkheid is een verklaring voor het lagere energiegebruik.

1.3.4 Energieopbrengst

De woning is voorzien van PV-panelen met een totaal 3.070 Watt piekvermogen. In de werkelijkheid hebben de PV-panelen gemiddeld een energieopbrengst van 2.970 kWh per jaar. De verhouding tussen het Watt piekvermogen en werkelijke energieopbrengst is 0,97. De panelen hebben een optimale oriëntatie richting het zuiden.

In de werkelijkheid was de globale straling 1047 kWh. Als de energieopbrengst wordt gecorrigeerd naar 1000 kWh/m². De verhouding tussen het maximaal vermogen en de energieopbrengst is dan 0,92 zoals weergegeven in tabel 1.3.5.



Afbeelding 1.3.4: Mijn passiefhuis
(bron) www.passiefhuis.nl

Energieopbrengst	Periode	Maximaal vermogen [Wp]	Energieopbrengst [kWh]	Verhouding [kWh] / [kWp]
Werkelijk	10-2010 t/m 10-2011	3.068	2.970	0,97
Gecorrigeerd	10-2010 t/m 10-2011	3.068	2.837	0,92

Tabel 1.3.5: Overzicht energieopbrengst

1.4 Utrecht, Passiefhuis

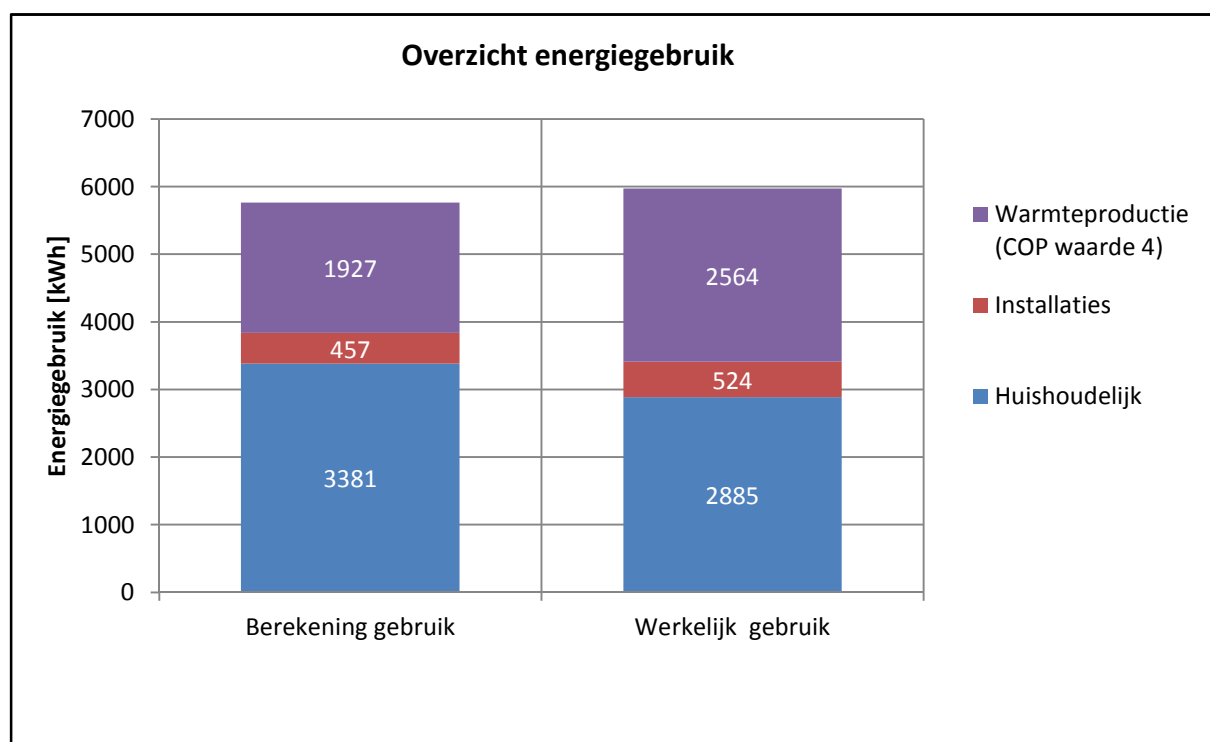
Het energiegebruik van de woning in Utrecht is geanalyseerd. Het energiegebruik van de hulpenergie voor installaties en enkele huishoudelijke apparaten zijn in totaal twee weken (23-12-11 t/m 8-01-12) gemeten. De temperatuur gegevens van de woning zijn gemeten met dataloggers. In dit hoofdstuk zijn vergelijkingen gemaakt tussen het berekende energiegebruik en het werkelijke energiegebruik in de gebruiksfase. In §1.4.1 is het totaal energiegebruik van de woning in Utrecht weergegeven. Vervolgens is het totale energiegebruik opgesplitst. In §1.4.2 is warmtevraag voor ruimteverwarming omschreven. In §1.4.3 is het warmtapwater verder toegelicht. In §1.4.4 zijn de aannames voor hulpenergie vergeleken met het werkelijke energiegebruik voor hulpenergie. In §1.4.5 is het energiegebruik van huishoudelijke apparaten omschreven.



Afbeelding 1.4.1: passiefhuis Utrecht
(bron) www.eigenhuisbouwen.nl

1.4.1 Totaal energiegebruik

Het totaal energiegebruik van de woning is weergegeven in de grafiek 1.4.2. In de woning wordt geen gas of biomassa gebruikt. Het energiegebruik voor de woning is niet omgerekend naar een primaire energie omdat de woning geen gebruik maakt van gas of biomassa. De woning heeft geen energieopbrengst doormiddel van PV-panelen of een windturbine.



Grafiek 1.4.2: Overzicht totaal energiegebruik

1.4.2 Ruimteverwarming

Specifieke warmtevraag

De Specifieke warmtevraag is berekend met de PHPP berekening. De PHPP berekening geeft de volgende specifieke warmtevraag aan:

- Specifieke warmtevraag jaarmethode: 1.800 kWh (5,6 kWh/m²)
- Specifieke warmtevraag, maandmethode: 1.742 kWh (5,4 kWh/m²)

Om de verwachte warmtevraag te bepalen is gebruik gemaakt van de berekende specifieke warmtevraag uit de jaarmethode van de PHPP berekening. De warmtevraag wordt door een warmtepomp geleverd. De warmtepomp heeft volgens de fabrikant een COP waarde van 4,29. De productinformatie van de warmtepomp is weergegeven in bijlage II.A. . In de PHPP berekening is een COP waarde van 4 aangehouden voor de warmtepomp. De benodigde hoeveelheid energie om de woning te verwarmen is $1.800/4$: 450 kWh per jaar.

Binnentemperatuur

In de PHPP berekening is een gemiddelde binnentemperatuur aangenomen van 20°C in de gehele woning. Tijdens de meetperiode is de gemiddelde binnentemperatuur in de technische ruimte is 19,8°C en in de keuken/woonkamer 20,7°C (RV. 51%). Op de verdieping van de woning zijn twee slaapkamers aanwezig met de zelfde afmetingen. Eén kamer wordt gebruikt als slaapkamer. De twee kamers zijn bij georiënteerd aan de noordzijde van de woning. De binnentemperatuur en de relatieve vochtigheid zijn in beide kamers gemeten in de meetperiode. De kamer waar geen persoon slaapt, is het gemiddeld 19,0°C met een relatieve vochtigheid van 45,7%. De kamer waar wel een kind slaapt en aanwezig is, was het 19,2°C met een relatieve vochtigheid van 48%. Het verschil in temperatuur en relatieve vochtigheid wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van een persoon. De lucht die uit de woning wordt afgezogen door het ventilatiesysteem heeft een temperatuur van 20,4°C. De werkelijke binnentemperatuur komt overeen met de berekening.

Ventilatie

In de PHPP berekening wordt er vanuit gegaan dat het ventilatiesysteem 24 uur van de dag 183m³/h ventileert. De efficiëntie van de WTW-unit Type (INNOAIR 300 DC - Sachsenland Bauelemente) is 93%. Doordat de buitenluchttoevoer-kanaal (3m) en de luchtafvoerkanaal (1,5m) geïsoleerd zijn met 100mm isolatie, komt effectieve warmteterugwinningsefficiëntie in de berekening uit op 91,6%. De bodemwarmtewisselaar heeft een efficiëntie van 50%. Het verschil in temperatuur van de binnenlucht en de jaarlijkse gemiddelde temperatuur van de grond wordt gecompenseerd door de bodemwarmtewisselaar. De efficiëntie van de warmteterugwinning van een bodemwarmtewisselaar is 18%. In werkelijkheid staat het ventilatiesysteem bijna altijd op 250 m³/h. Bij de hoeveelheid ventilatiedebiet van 250 m³/h geeft de fabrikant aan dat het rendement van de WTW-unit gemiddeld 91% is. Tijdens de meetperiode was het gemeten rendement 91,8%. De buitenluchttoevoer en afvoerkanaal zijn niet geïsoleerd, dit is wel in de PHPP berekening aangenomen. Van de bodemwarmtewisselaar wordt weinig tot geen gebruik gemaakt.

Interne warmtebronnen

De interne warmte in de berekening heeft 151 dagen een positief effect op de maandelijkse warmtevraag in de woning. De daarbij aangehouden specifieke interne warmte is 2,1 W/m² vloeroppervlakte. De totale Interne warmte uit de berekening is ongeveer 2.400 kWh aan interne warmte. De werkelijke interne zal met twee volwassenen, een baby en met de hoeveelheid energiegebruik naar verwachting niet gehaald worden.

1.4.3 Warmtapwater

Totale warmtevraag voor warmtapwater is volgens de PHPP berekening 2.921 kWh, dit is gebaseerd op een huishouden van vier personen. Ongeveer 1.656 kWh aan warmtapwater wordt geleverd door de zonnecollector met een oppervlakte van 5 m². De overige warmtevraag voor warmtapwater wordt geleverd door een warmtepomp. De warmtepomp heeft volgens de fabrikant een COP waarde 4,29. De productinformatie van de warmtepomp is weergegeven in bijlage II.A. In de PHPP berekening is een COP waarde 4 aangehouden voor de warmtepomp.

In de praktijk zijn de zonnecollectoren vanwege technische problemen niet aangesloten. De warmtepomp compenseert de totale warmtevraag voor warmtapwater. In de berekening is uitgegaan van een gezinssamenstelling van 4 personen in de werkelijkheid is bestaat het gezin uit 2 volwassen en een baby. Door het verschil in gezinssamenstelling zal de warmtevraag voor warmtapwater lager zijn dan aangenomen.

1.4.4 Hulpenergie

De hulpenergie voor installaties in de woning bestaat uit een ventilatiesysteem en de pomp voor de vloerverwarming en de zonnecollectoren. Het vooraf aangenomen energiegebruik voor hulpenergie voor installaties uit de PHPP berekening is 457 kWh per jaar. In de woning is twee weken lang het energiegebruik gemeten van het ventilatiesysteem. Het ventilatiesysteem heeft een gemiddeld energiegebruik van 59 Watt per uur (517 kWh per jaar). Er is geen verband waargenomen tussen de gemeten gemiddelde windsnelheid bij KNMI weerstation. De fluctuatie in het energiegebruik is te verklaren doordat de bewoner tijdens de kerstdagen handmatig de ventilatiecapaciteit van het ventilatiesysteem heeft aangepast. Het verschil tussen de opgenomen ventilatiecapaciteit van 183m³/h in de PHPP berekening en de werkelijke ventilatiecapaciteit van 250 m³/h. Doordat de werkelijke ventilatiecapaciteit hoger is dan de aangenomen is het energiegebruik van het ventilatiesysteem hoger dan verwacht.

1.4.5 Huishoudelijk energiegebruik

Berekening

Het energiegebruik voor huishoudelijk en hulpenergie voor de woning in Utrecht is ingevoerd in de PHPP berekening. In de berekening is uitgegaan van een gezinssamenstelling van 4 personen. Het energiegebruik van hulpenergie voor installaties bestaat uit een ventilatiesysteem en pompen voor zonnecollector en vloerverwarming. Het energiegebruik volgens de berekening is weergegeven in tabel 1.4.3 In de berekening zijn de volgende huishoudelijke meegenomen:

- Vaatwasser met koud wateraansluiting
- Wasmachine met koud wateraansluiting
- Wasdroger met koud wateraansluiting
- Verlichting (60 W, geen energiezuinige)
- Koelkast
- Vriezer
- Koken elektrisch
- Consumenten elektronica en kleine toepassingen

Het energiegebruik volgens de PHPP berekening is weergegeven in tabel 1.4.3.

Energiegebruik volgens PHPP berekening	Berekening [kWh]	Werkelijk [kWh]	Opmerking
Koken op elektra	3.381	2.885	Het totale energiegebruik is 4.402 kWh. De warmtepomp heeft een energiegebruik van 1.000 kWh. hulpenergie + huishoudelijk 3.402.
Wassen en drogen			
Diverse elektrische apparaten			
Verlichting			
Totaal	3.381	3.402	

Tabel 1.4.3 Energiegebruik huishoudelijk, Utrecht

Werkelijk

Het totale energiegebruik voor huishoudelijk is 2.885 kWh. Welke apparaten er in de woning precies zijn is niet bekend. In de werkelijkheid bestaat uit gezin uit 3 personen.

Verschil

Als de woning in de Utrecht de berekening wordt aangepast voor het werkelijk energiegebruik voor de gezinssamenstelling is het totale energiegebruik 2933 kWh zoals weergegeven in tabel 1.4.4. Het verschil tussen het aangepaste energiegebruik 2933 kWh en het werkelijke energiegebruik 2885 kWh is 48 kWh. Het verschil zit onder andere in het hogere energiegebruik voor het kantoor aan huis, gebruik van uitgebreid domotica controle computer. Conclusie bij de woning Utrecht is dat als de berekening vooraf correct was ingevoerd het energiegebruik overeenkomt met de werkelijkheid.

Energiegebruik volgens aangepaste PHPP berekening	Berekening aangepast [kWh]	Opmerking	Werkelijk [kWh]
Koken op elektra	2933	Aangepast op 3 personen	2.885
Wassen en drogen			
Diverse elektrische apparaten			
Verlichting			
Totaal	2.933		2.885

Tabel 1.4.4 Aangepast energiegebruik huishoudelijk + hulpenergie, Utrecht

1.5 Groenlo, Nulwoning

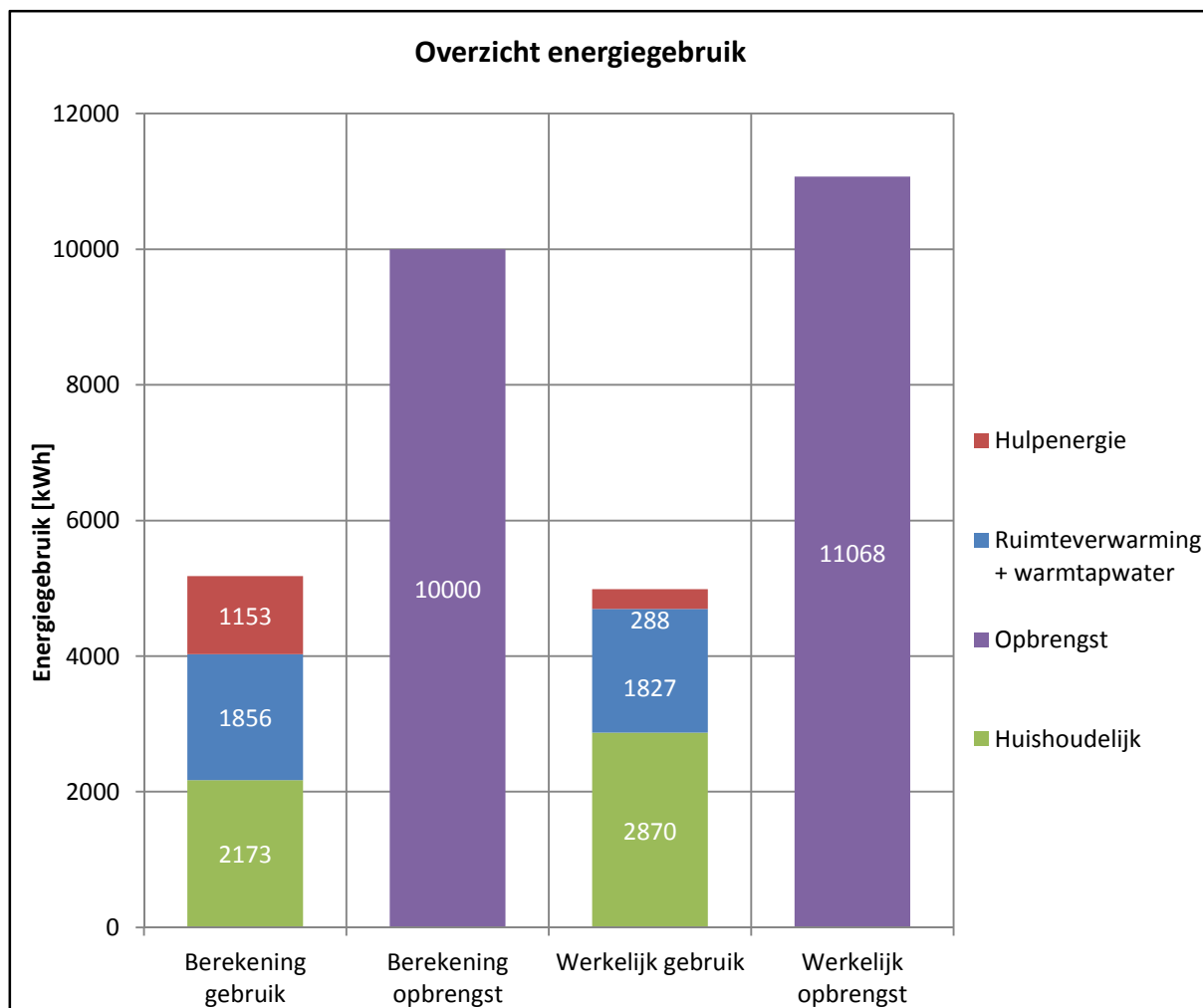
De Nulwoning in Groenlo is een passiefhuis met een ecologische achtergrond. De energie opbrengst wordt gebruikt voor het energiegebruik in de woning en voor mobiliteit te compenseren. In de §1.5.1 is het totaal energiegebruik van de woning omschreven. Het totale energiegebruik van de woning is in de volgende paragrafen opgesplitst. In §1.5.2 is ruimteverwarming verder uitgelicht. Het energiegebruik voor warmtapwater is omschreven in §1.5.3. Het energiegebruik van hulpenergie voor installaties is uitgelicht in §1.5.4. In §1.5.5 is het energiegebruik voor huishoudelijke apparaten omschreven. De energieopbrengst van de PV-panelen zijn §1.5.6 vergeleken met het Watt piekvermogen.



Afbeelding 1.5.1: Nulwoning, Groenlo
(bron) www.nulwoning.nl

1.5.1 Totaal energiegebruik

Het totaal energiegebruik van de woning is weergegeven in grafiek 1.5.2 De eerste twee kolommen gegeven aan wat er in de berekening is opgesteld. In de derde en vierde kolom is aan gegeven wat het werkelijk energiegebruik is. In de overige paragrafen is het totale energiegebruik opgesplitst in ruimteverwarming, hulpenergie, huishoudelijk en energieopbrengst.



Grafiek 1.5.2: Overzicht energiegebruik

1.5.2 Ruimteverwarming

Specifieke warmtevraag

Berekening

De woning is door gerekend met de PHPP berekening. De uitkomst voor ruimteverwarming volgens de PHPP berekening is 14,7 kWh/m². In de berekening is er vanuit gegaan dat de woning is gepositioneerd in de omgeving van De Bilt. De totale warmtevraag volgens de eerste berekening met het klimaat van De Bilt is 3.670 kWh. Met de klimaatgegevens van Hupsel is de totale warmtevraag 2.722 kWh. Het weerstation van Hupsel ligt ongeveer 14 kilometer van de plaats Groenlo waar de Nulwoning is gerealiseerd. In de tabel 1.5.3 is weergegeven als de woning in bijvoorbeeld De Bilt, Groningen of in Hupsel zou worden gerealiseerd.

In de tabellen 1.5.4/1.5.5 is weergegeven wat de warmtevraag is als er in de berekening geen rekening is gehouden met interne warmtebronnen. In de werkelijkheid is wel degelijk interne warmte doormiddel van de aanwezigheid van personen en gebruik van huishoudelijke apparaten

Omschrijving	Klimaat	Warmtevraag [kWh/m ²]	Totale warmtevraag [kWh]
PHPP Nulwoning	De Bilt	14,7	3.670
PHPP Aangepast	Groningen	16,9	4.220
PHPP Aangepast	Hupsel	10,9	2.722

Tabel 1.5.3: Warmtevraag aangepast op locatie

Werkelijk

In de werkelijkheid is de warmtevraag van de woning het energiegebruik van de warmtepomp 800 kWh. De warmtepomp heeft volgens de fabrikant een COP waarde van 5. De geleverde warmte door de warmtepomp is 4000 kWh. De ruimteverwarming van de woning wordt voorzien door een warmtepomp met als afgiftesysteem vloerverwarming.

Berekening (stookseizoen 205 dagen)	Klimaatgegevens De Bilt	
Transmissie warmteverliezen	9.904 kWh	
Ventilatie warmteverliezen	604 kWh	
Warmtewinst	-6.860 kWh	(92% benuttingsfactor warmtewinst)
• Beschikbare zonnewinst		7.457 kWh
• Interne warmtebronnen		0 kWh
Jaarlijkse warmtevraag:	3660 kWh	14,7 kWh/ m²

Tabel 1.5.4: Warmtevraag volgens berekening(klimaatgegevens De Bilt)

Herberekening (stookseizoen 120 dagen)	Klimaatgegevens Hupsel 2011	
Transmissie warmteverliezen	6.556 kWh	
Ventilatie warmteverliezen	402 kWh	
Warmtewinst	-5.274 kWh	(98% benuttingsfactor warmtewinst)
• Beschikbare zonnewinst		4.247 kWh
• Interne warmtebronnen		1.136 kWh
Jaarlijkse warmtevraag:	1.684 kWh	6,7 kWh/m²

Tabel 1.5.5: Warmtevraag volgens berekening(klimaatgegevens Hupsel)

Vershil

Binnentemperatuur

In de berekening is uitgegaan van een binnentemperatuur voor de gehele woning van 20°C. In de woning is de gemiddelde ingestelde temperatuur 20°C. Het verschil in de warmtevraag is niet veroorzaakt door de binnentemperatuur.

Buitentemperatuur

Voor de berekening is de buitentemperatuur aangehouden van weerstation De Bilt. In de tabel 1.5.6 is het verschil tussen de buitentemperatuur in Hupsel en De Bilt in de stookperiode vergeleken. De buitentemperatuur was in 2011 per maand hoger in Hupsel dan in De Bilt. De hogere warmtevraag wordt niet veroorzaakt door de buitentemperatuur.

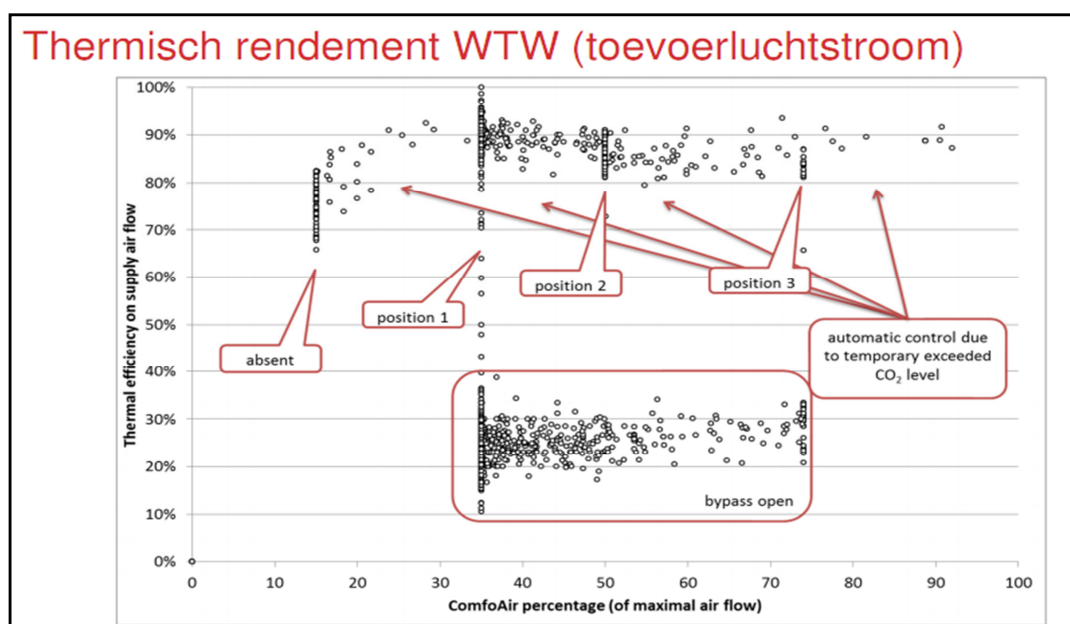
Vershil buitentemperatuur	jan	feb	mrt	apr	okt	nov	dec
Temperatuur 2011 Hupsel	2,8	3,8	5,5	12,2	10,7	6,2	5,6
Temperatuur 2011 De Bilt	2,1	2,1	5,0	7,6	10,6	5,5	3,3
Vershil Hupsel - De Bilt	0,6	1,7	0,6	4,6	0,1	0,6	2,3

Tabel 1.5.6: Vershil buitentemperatuur Hupsel – De Bilt

Ventilatie

Van de installaties is het gebalanceerd mechanische ventilatiesysteem het afgelopen jaar gemonitord. Het ventilatiesysteem bestaat uit een vraag gestuurde ventilatie met warmteterugwinning en een grondbuis. De metingen zijn uitgevoerd door J.E. Stork Air.

Het ventilatiesysteem wordt gebruikt met een ventilatiedebiet van 160/170m³/h. Het rendement van de WTW-unit is gemiddeld 89 %. Het rendement moet worden gecorrigeerd door luchtonbalans. De correctie voor luchtonbalans wordt uitgevoerd omdat de het rendement in de fabriek wordt gemeten met dezelfde relatieve vochtigheid voor binnen en buiten. In de werkelijkheid is de relatieve vochtigheid tussen binnen en buiten in onbalans. De consequenties op het rendement is dat het rendement in de werkelijkheid 5% lager is dan de aangegeven fabriekswaarde. In de grafiek 1.5.7 is het rendement van de WTW-unit weergegeven. Het lagere rendement en ventilatiecapaciteit hebben invloed op de ruimteverwarming



Grafiek 1.5.7: Thermisch rendement WTW (toevoerluchtstroom)

Interne warmtebronnen

In de berekening is er geen rekening gehouden met de warmte van interne bronnen. De woning is voorzien van energiezuinig apparaten. De interne warmte wordt door de energiezuinige apparaten beperkt. In de berekening wordt er vanuit gegaan dat bewoners 24 uur per dag interne warmte produceren. Volgens de huidige bewoner is dit niet realistisch. De gezinssamenstelling bestaat uit 4 personen. De twee volwassen personen gaan overdag werken. De twee kinderen gaan overdag naar school. Op het moment dat niemand aanwezig is de woning wordt er geen interne warmte geproduceerd. De warmte die niet door interne warmte wordt geproduceerd moet extra worden toegevoegd door de warmtepomp. Aangezien de warmtepomp een COP waarde van 5 heeft is het energiezuiniger om de woning te verwarmen met de warmtepomp dan met interne warmte van apparaten. De interne warmte die in stookperiode een positief effect heeft op de warmtevraag heeft in de zomerperiode een negatief effect.

1.5.3 Warmtapwater

Berekening

In de berekening is de warmtevraag voor warmtapwater 2523 kWh. De warmtevraag is voor een gezinssamenstelling van de 4 personen. De warmtevraag wordt geleverd door een warmtepomp. De warmtepomp heeft een buffervat van 200 liter. De bovengrens is 60 °C en de ondergrens 45 °C. In de PHPP berekening rekening gehouden met een hotfill aansluiting bij de vaat- en wasmachine. Door de vaat- /wasmachine aan te sluiten op een warmwatertoevoer is de energiebesparing op elektriciteit ongeveer 50%. Volgens de PHPP berekening moet een 321 kWh extra warmtapwater worden opgewekt doormiddel van een warmtepomp of zonnecollectoren. Bij de berekening van de energievraag voor warmtapwater is rekening gehouden met het warmteverlies door opslag van warmtapwater in het boilervat.

Werkelijk

In de werkelijkheid bestaat de gezinssamenstelling ook uit 4 personen. De warmtepomp over één jaar 600 draaiuren voor het leveren van de warmtevraag voor warmtapwater. Het vermogen van de warmtepomp is 800 Watt. Tussen de afvoer en aanvoer van het douchewater is een douchewater-WTW toegepast. Het energiegebruik voor warmtapwater is dan 480 kWh. De warmtepomp heeft een COP waarde van 2,5. De geleverde warmte door de warmtepomp is dan 1200 kWh zoals weergegeven in tabel 1.5.8.

Warmtapwater		Totaal geleverde warmte [kWh]	Warmtepomp geleverde warmte [kWh]	Overige/verschil [kWh]
Nulwoning	Berekening	2523		
	Werkelijk	2523	1200	1323

Tabel 1.5.8: Overzicht warmtapwater

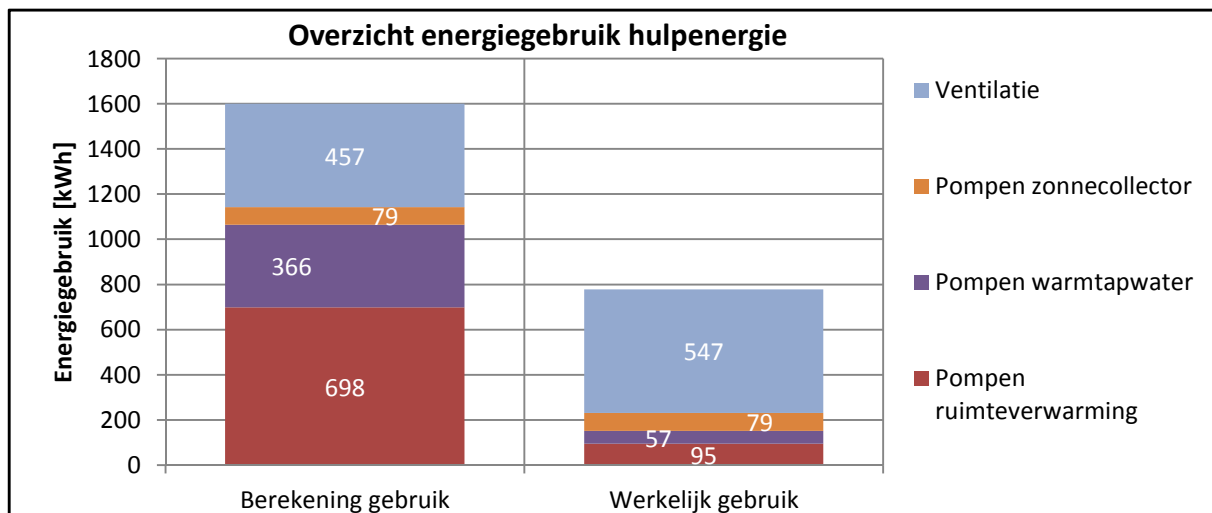
Verschil

Het verschil tussen de berekening 2523 kWh en de werkelijkheid 1200 kWh is ongeveer 1323 kWh. In de berekening is geen douchewater-WTW opgenomen in de berekening. De besparing door de douchewater-WTW is geen 50%. Het verschil is tussen de berekening en de werkelijkheid is niet te verklaren.

1.5.4 Hulpenergie

Berekening

In de PHPP berekening zijn voor het energiegebruik van hulpenergie voor installaties aannames gedaan. Het energiegebruik van hulpenergie voor installaties zijn onderverdeeld in ventilatie, zonnecollectoren, warmtapwater en ruimteverwarming. In de PHPP berekening wordt een tijdsperiode aangenomen en vermenigvuldigd met het vermogen van de verschillende apparaten.



Grafiek 1.5.9: Overzicht energiegebruik hulpenergie voor installaties

Werkelijk

In de werkelijkheid is het energiegebruik bepaald door het vermogen van de installatie te vermenigvuldigen met de werkelijke draaiuren. Het overzicht van de onderbouwing van werkelijke draaiuren weergegeven zijn in tabel 1.5.10. In de berekening zijn de hoeveelheid draaiuren meer dan in de werkelijkheid, er zit een groot verschil in de berekening en de werkelijkheid.

Onderbouwing energiegebruik		Uren	Vermogen [kW]	Energiegebruik [kWh]	Verschil [kWh]
Pompen ruimteverwarming	Berekening	3680	0,19	699	604
	Werkelijk	1000	0,095	95	
Pompen warmtapwater	Berekening	5223	0,07	366	309
	Werkelijk	600	0,095	57	
Pompen zonnecollector	Berekening			79	0
	Werkelijk	onbekend		79	
Ventilatie	Berekening	8760	0,063	552	280
	Werkelijk	8760	0,031	272	

Tabel 1.5.10: Overzicht vergelijking berekening – werkelijkheid installaties

1.5.5 Huishoudelijk energiegebruik

Berekening

Volgens de berekening is het huishoudelijke energiegebruik circa 2.173 kWh. Het huishoudelijke energiegebruik bestaat uit huishoudelijke apparaten en verlichting. Voor de woning in Groenlo is in de PHPP berekening geen koelkast en diepvries opgenomen.

Werkelijk

In de werkelijkheid is het huishoudelijke energiegebruik 2.870 kWh. De woning is in zijn geheel voorzien van led verlichting. De huishoudelijke apparaten zijn energiezuinig uitgevoerd. De vaatwasser en wasmachine zijn voorzien van hotfill aansluiting. In de woning is een schakelaar aanwezig die gebruikt wordt voor het uitschakelen van alle huishoudelijke apparaten. Als de bewoner de woning verlaat of in de nachtperiode worden alle huishoudelijke apparaten in de leefruimte op de verdieping volledig uitgeschakeld. In woning in Groenlo wordt in de werkelijkheid wel voor het huishoudelijke energiegebruik gebruik gemaakt van een koelkast en diepvries.

Vershil

Als de berekening van de woning in Groenlo wordt aangepast op de aanwezigheid van een diepvries en een koelkast is het energiegebruik 2779 kWh. Het verschil tussen de werkelijkheid met 2870 kWh en de aangepaste berekening met 2779 is ongeveer 91 kWh. Conclusie bij de woning in Groenlo is wel dat als alle huishoudelijke apparaten nauwkeurig worden ingevuld is de uitkomst in de PHPP berekening een realistisch beeld van het werkelijke huishoudelijke energiegebruik.

1.5.6 Energieopbrengst

Berekening

De energieopbrengst van de Nulwoning is berekend voor 5.000 kWh om de ambitie van Nulwoning te realiseren. De woning is van PV-panelen met een totaal 12.025 Wp vermogen. De verwachte energieopbrengst van de PV-panelen is ongeveer 10.000 kWh volgens de bewoners.



Afbeelding 1.5.11: Zuidgevel Nulwoning
(bron) www.zonnestroomopbrengst.eu

Werkelijk

De PV-panelen zijn in 2010 aangebracht op de woning. In het jaar 2011 hebben de PV-panelen een totaal jaar energie opgewekt. In de werkelijkheid hebben de PV-panelen een energieopbrengst van 11.068 kWh.

Vershil

De verhouding tussen het Watt piekvermogen en de werkelijke energieopbrengst is 0,89.

De globale straling in de meetperiode was ongeveer 1.055 kWh/m². De verhouding van de gecorrigeerde energieopbrengst is 0,84 zoals weergegeven in tabel 1.5.12.

Energieopbrengst	Periode	Maximaal vermogen [Wp]	Energieopbrengst [kWh]	Verhouding [kWh] / [kWp]
Werkelijk	10-2010 t/m 10-2011	12.045	10.712	0,89
Gecorrigeerd	10-2010 t/m 10-2011	12.045	10.154	0,84

Tabel 1.5.12: Overzicht energieopbrengst

1.6 Amersfoort, Energiebalanswoning

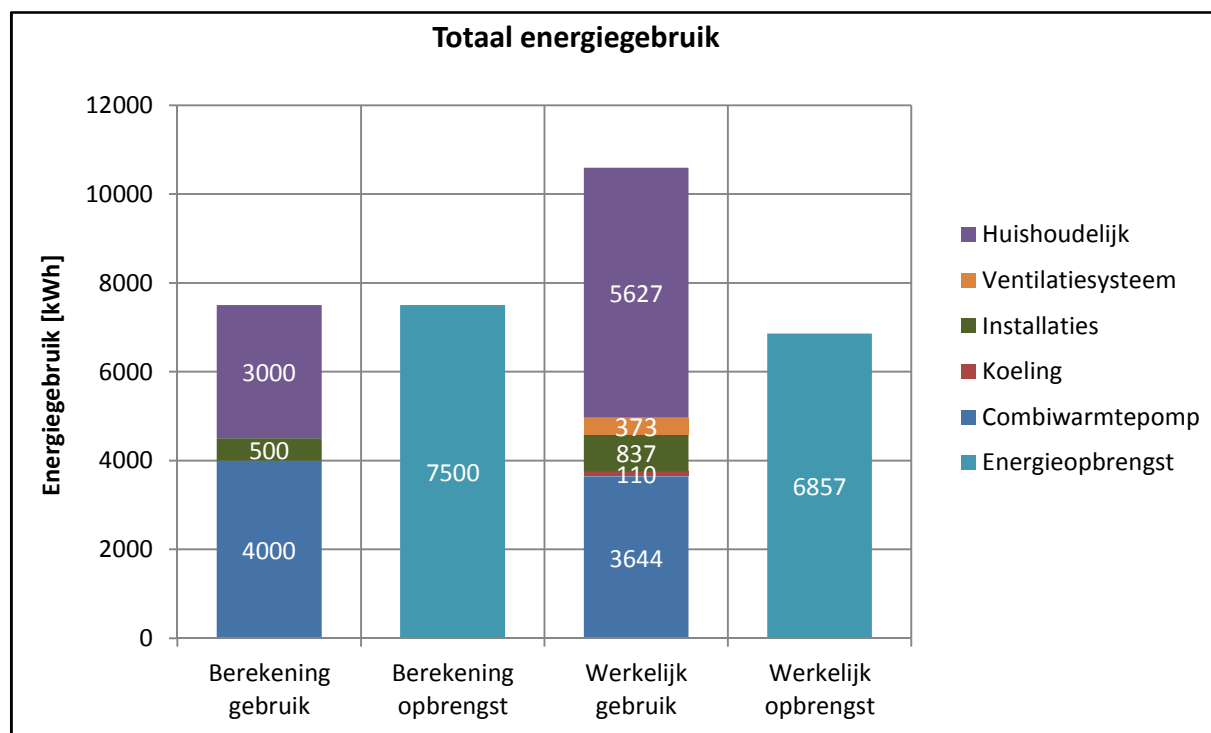
De energiebalanswoning is de in de periode van april 2001 t/m maart 2002 gemonitord. In opdracht van Novem is er door DWA en Ecofys onderzoek gedaan naar het energieverbruik in de woning. Het energieverbruik voor hulpenergie van alle installaties is de tijdens de meetperiode gemonitord. In dit rapport zijn gegevens verwerkt van de meetperiode 2001 t/m 2002. De berekening voor de woning is gemaakt doormiddel van een EPW berekening. Aan dit onderzoek is het energieverbruik en energieopbrengst van de perioden van 2009, 2010 en 2011 toegevoegd. In de laatste drie jaren zijn door de bewoner geen specifieke metingen uitgevoerd aan de installaties. In §1.6.1 is het energieverbruik van de woning verder toegelicht. In §1.6.2 ruimtewarming is de warmtevraag en het energieverbruik van het verwarmingssysteem toegelicht. In §1.6.3 warmtapwater is de warmtevraag en energieverbruik voor warmtapwater uitgelicht. Het energieverbruik van hulpenergie voor installatie is in §1.6.4 omschreven. Het huishoudelijke energieverbruik is in §1.6.5 verwerkt. In §1.6.6 is de energieopbrengst van de PV-panelen weergegeven in verhouding met het maximaal vermogen. [NOVEM, november 2002]



Afbeelding 1.6.1: Woning Amersfoort
(bron) <http://www.energiebalanswoningamersfoort.nl>

1.6.1 Totaal energieverbruik

Het totale energieverbruik bestaat alleen uit elektrische energieverbruik. De ambitie van de opdrachtgever was om een energiebalanswoning te realiseren. Het totale energieverbruik moet jaarlijks worden gecompenseerd met energieopbrengst. In de grafiek 1.6.2 is het totaal energieverbruik van de woning weergegeven. In de grafiek het energieverbruik opgedeeld in huishoudelijk, hulpenergie, verwarming/ warmtapwater en daarnaast energieopbrengst. De woning wordt alleen van elektrische energie voorzien, daarom wordt het totale energieverbruik niet in primaire waarden weergegeven.



Grafiek 1.6.2: Totaal energieverbruik

1.6.2 Ruimteverwarming

Berekening

De berekende primaire warmtevraag voor ruimteverwarming is 6.301 kWh. De warmtevraag is berekend met de EPW berekening. De warmtevraag wordt geleverd door warmtepomp met COP waarde van 4. In tabel 1.6.4 zijn de gegevens voor de warmtevraag weergegeven. De totale warmtevraag wordt berekende door de onderstaande formule:

$$\text{Totale warmtevraag} = \text{primaire energievraag} \times \text{omrekenfactor (0.39)} \times \text{rendement (COP)}$$

De warmtevraag komt dan uit op 9.830 kWh. Dit komt neer op een warmtevraag van 54,3 kWh/m². De energievraag van de warmtepomp is ongeveer 2.457 kWh.

Werkelijk

In de werkelijkheid is de warmtevraag van 10.532 kWh in de woning. Het werkelijke energiegebruik van de warmtepomp was 2.633 kWh voor ruimteverwarming. Een COP waarde van 4 wordt meegenomen in de berekening voor de werkelijke warmtevraag van de woning.

Primaire energievraag	Oppervlak [m ²]	Berekening			Werkelijk		
		[kWh/m ²]	[kWh]	COP 4	[kWh/m ²]	[kWh]	COP 4
EPC = 6.301 kWh	181,1	54,3	9.830	2.457	58	10.532	2.633

Tabel 1.6.4: Warmtevraag

Verskil

Het verschil tussen de berekening met 9.830 en de werkelijk met 10.532 is 702 kWh (7%) meer dan in de berekening is aangenomen. De berekening is uitgevoerd met een EPW berekening uit 1996. De ingevoerde gegevens zijn niet achterhaald voor dit onderzoek.

1.6.3 Warmtapwater

Berekening

De warmtevraag voor warmtapwater is bepaald doormiddel van de EPW berekening. De primaire energievraag volgens de berekening is 1.151 kWh. De warmtevraag voor warmtapwater is 1.796 kWh. Hoeveel personen in de berekening zijn opgenomen is niet bekend. De warmtevraag met 1.796 kWh is wel rond het Nederlandse gemiddelde van 1.800 kWh.

Werkelijk

De totale warmtevraag voor warmtapwater was 2.465 kWh. Het energiegebruik van de warmtepomp is 316 kWh. De warmtepomp heeft een COP waarde van 4. De totale warmtevraag die geleverd wordt door de warmtepomp is 1.263 kWh. In de werkelijkheid is de besparing van de zonnecollectoren gemeten. De zonnecollectoren hebben een oppervlak van 5 m². De zonnecollector liggen onder een helling van 19°. De besparing van de zonnecollector is 1.202 kWh.

Warmtapwater	Warmtevraag [kWh]	Besparing zonnecollectoren [kWh]	Warmte levering [kWh]	Berekening energiegebruik [kWh]	COP waarde
Berekening	1.796	1.202	594	449	4
Werkelijk	2.465	1.202	1.263	316	4

Tabel 1.6.5: Overzicht warmtapwater

Vershil

Het verschil tussen de berekening 1.796 kWh en de werkelijkheid 2.465 is ongeveer 669 kWh. Het verschil kan verklaard worden door de gezinssamenstelling van het gezin. De woning wordt bewoond door 4 personen. Het Nederlandse gemiddelde van 1.800 kWh is voor een gemiddeld gezin van 2,3 personen.

1.6.4 Hulpenergie

Berekening

Voor het energiegebruik van hulpenergie voor installaties is de ontwerpfase een aanname gedaan. Het energiegebruik voor het ventilatiesysteem, pomp zonnecollector, regelingen zijn 500 kWh zoals weergegeven in tabel 1.6.6.

	Berekening [kWh]	Werkelijk [kWh]
Ventilatie	500	373
Pomp zonnecollector		264
Regeling		359
Pompen		213
Totaal	500	1.209

Tabel 1.6.6: Energiegebruik van hulpenergie voor installaties

Werkelijk

Het werkelijke energiegebruik van hulpenergie is 1.209 kWh. Het energiegebruik is gemeten tijdens de meetperiode van 2001 t/m 2002. Het energiegebruik is gemeten van het ventilatiesysteem, pomp zonnecollector, regeling en overige pompen.

Vershil

Het verschil tussen de aanname van 500 kWh en het werkelijke energiegebruik van 1.209 is ongeveer 709 kWh. Het verschil is te verklaren door het niet meenemen van installaties die in de werkelijkheid wel aanwezig zijn. In de woning zijn meer installaties aanwezig dan een standaard Nederlandse woning. [NOVEM, november 2002]

1.6.5 Huishoudelijke apparaten

Berekening

In de berekening is het huishoudelijk energiegebruik aangenomen van 3.000 kWh. De 3.000 kWh is gebaseerd op een Nederlands gemiddelde energiegebruik.

Werkelijk

Het huishoudelijke energiegebruik is tijdens de meting in de periode van april 2001 t/m maart 2002 uitgesloten. Het totale energiegebruik min het energiegebruik van hulpenergie voor installatie geeft aan wat het huishoudelijke energiegebruik is. Het werkelijke huishoudelijke energiegebruik over de meetperiode van april 2001 t/m maart 2002 was 5.627 kWh zoals weergegeven in tabel 1.6.7.

Woning - periode	Werkelijk [kWh]	Installaties volgens 2001 t/m 2002 [kWh]	Huishoudelijk gebruik - hulpenergie [kWh]
Amersfoort 4-2001 t/m 3-2002	10.219	4.973	5.246
Amersfoort 2009	10.782	4.973	5.809
Amersfoort 2010	8.355	4.973	3.382
Amersfoort 2011	9.530	4.973	4.557
Gemiddeld	9.722	4.973	4.749

Tabel 1.6.7: Overzicht huishoudelijk energiegebruik

Vershil

Het verschil tussen de aanname voor de berekening 3.000 kWh en werkelijk 5.627 is 2.627 kWh. Het gemiddelde huishoudelijke energiegebruik voor een gezin met vier personen volgens Nibud is 4.694 kWh. De aanname voor het huishoudelijke energiegebruik is voor een gezin met 4 personen met 3.000 kWh per jaar veel te laag aangehouden.

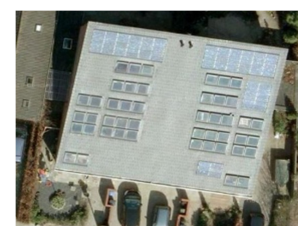
1.6.6 Energieopbrengst

Berekening

Voor de berekening van ontwerpfase wordt geen rekening gehouden met verwachte energieopbrengst. Het maximaal vermogen wordt gedeeld door de werkelijke energieopbrengst van de PV-panelen. Zoals weergegeven in de tabel 1.6.9 was het maximaal vermogen tijdens de eerste meetperiode 10.080 Wp. Naar de verbouwing in 2008 is het maximaal vermogen 3.840 Wp.

Werkelijk

De energieopbrengst van de woning is gemeten in de meetperiode van april 2001 t/m 2002 en de bewoner heeft energiegegevens verstrekt van de jaren 2009, 2010 en 2011. De werkelijke energieopbrengst van de PV-panelen is afhankelijk van bijvoorbeeld de hellingshoek en oriëntatie. De hellingshoek van het dak waarop de PV-panelen liggen is 21 graden. De woning is 22 graden ten opzicht van zuid naar west georiënteerd. Zoals de bewoner aangeeft is dit geen optimaal plaatsing. De werkelijke energieopbrengst van de panelen is weergegeven in de tabel 1.6.9.



Afbeelding 1.6.8:
Bovenaanzicht woning
(bron) www.google.maps.nl

Werkelijke energieopbrengst	Periode	Maximaal vermogen [Wp]	Energieopbrengst [kWh]	Verhouding [kWh] / [kWp]
PV-panelen	2001 - 2002	10.080	6.857	0,68
PV-panelen	2009	3.840	2.607	0,68
PV-panelen	2010	3.840	2.568	0,67
PV-panelen	2011	3.840	2.580	0,67
Gemiddeld				0,67

Tabel 1.6.9: Overzicht PV-panelen

Vershil

Het verschil tussen het maximaal vermogen en werkelijke energieopbrengst is met een gemiddelde verhouding van 0,67. Het verschil tussen de verhouding wordt niet veroorzaakt door de globale straling in de meetperiode in alle jaren dat de energieopbrengst is gemeten is globale straling hoger dan 1.000 kWh/m². De hellingshoek van het dak is 21 graden. De optimale helling voor PV-panelen ligt tussen de 30 en 40 graden. De verhouding tussen van de gecorrigeerde energieopbrengst is weergegeven in tabel 1.6.10

Gecorrigeerde energieopbrengst	Periode	Globale straling [kWh/m ²]	Maximaal vermogen [Wp]	Energieopbrengst [kWh]	Verhouding [kWh] / [kWp]
PV-panelen	2001 - 2002	1.058	10.080	6481	0,64
PV-panelen	2009	1.059	3.840	2462	0,64
PV-panelen	2010	1.043	3.840	2462	0,64
PV-panelen	2011	1.026	3.840	2515	0,65
Gemiddeld					0,64

Tabel 1.6.10: Overzicht PV-panelen

In het rapport over de meetperiode van april 2001 t/m maart 2002 wordt aangegeven dat de omvormers een te hoge temperatuur bereiken en daardoor het rendement van de omvormers afneemt. [NOVEM, november 2002]

1.7 Amsterdam, Steigereiland 2.0

Het energiegebruik van verschillende huishoudelijke apparaten en hulpenergie zijn van de woning over een periode van 2 weken gemeten maar het meetsysteem heeft door omstandigheden niet goed gefunctioneerd. De woning is gerealiseerd met een passiefhuis achtergrond. De ambitie van de opdrachtgever was een energieneutrale woning te realiseren. Voor het energiegebruik is per onderdeel een vergelijking gemaakt tussen de berekening en de werkelijkheid. In §1.7.1 is het totaal primaire energiegebruik van de woning omschreven. De ruimteverwarming in combinatie met warmtapwater van de woning is vergeleken in §1.7.2. Het energiegebruik van hulpenergie voor installatie zijn omschreven in §1.7.3. In §1.7.4 is huishoudelijke energiegebruik geanalyseerd. In §1.7.5 is de verwachte energieopbrengst van de windturbine vanuit de berekening vergeleken met de werkelijke energieopbrengst.



Vorgevel

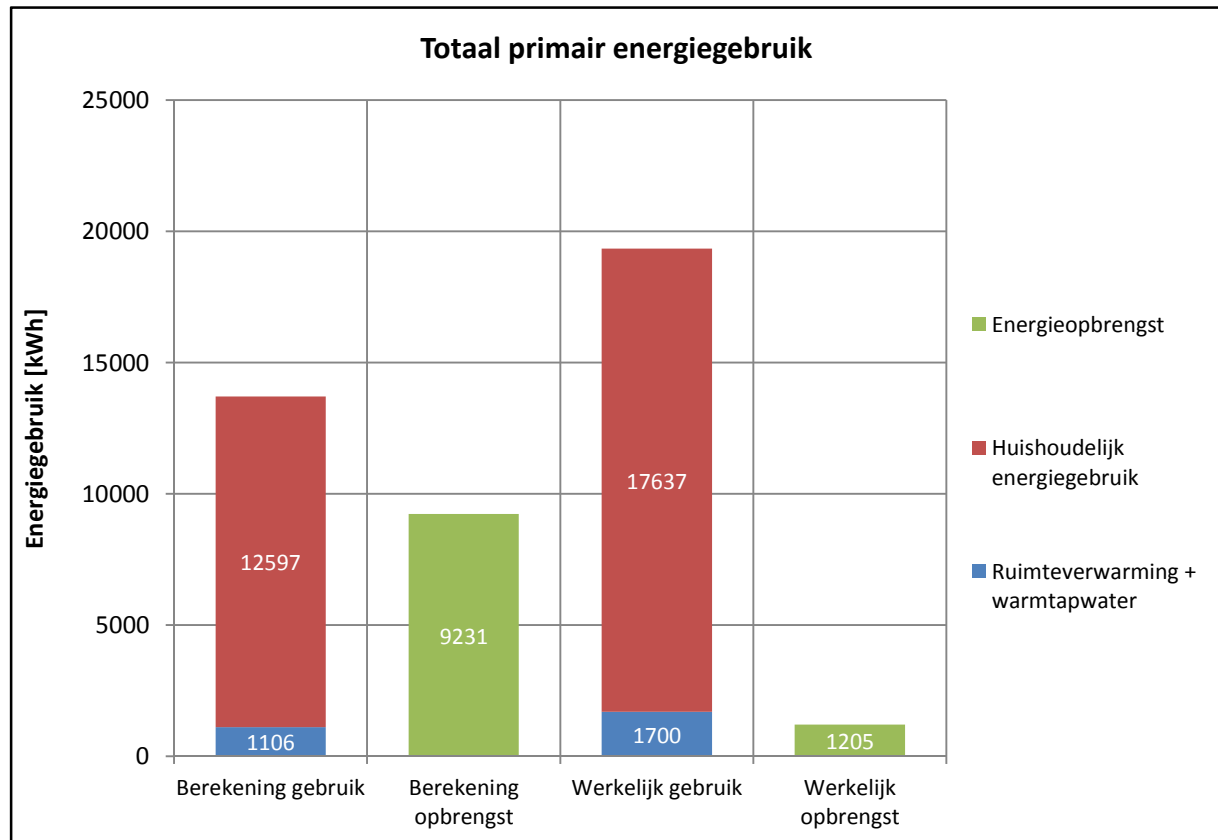
Achtergevel

Afbeelding 1.7.1: Steigereiland

(bron) <http://www.architecturenewsplus.com>

1.7.1 Totaal primair energiegebruik

In de grafiek 1.7.2 is het totaal primaire energiegebruik weergegeven. De ruimteverwarming en het warmtapwater worden verwarmd doormiddel van een pelletkachel en vacuümbuiscollectoren. Doordat de ruimteverwarming en het warmtapwater worden verwarmd doormiddel van hout is het totale energiegebruik primaire weergegeven.



Grafiek 1.7.2: Overzicht totaal primair energiegebruik

1.7.2 Ruimteverwarming + warmtapwater

De woning wordt verwarmd doormiddel van vloerverwarming en eventueel een pelletkachel. De pelletkachel wordt in combinatie met de vacuümbuiscollectoren gebruikt voor ruimteverwarming en verwarmen van het warmtapwater.

Berekening

De warmtevraag is berekend met de PHPP berekening. De berekening geeft de volgende specifieke warmtevraag weer:

- Specifieke warmtevraag jaarmethode: 2.676 kWh (12,6 kWh/m²)
- Specifieke warmtevraag, maandmethode: 2.851 kWh (13,4 kWh/m²)

In de berekening zijn voor de klimaatgegevens van het weerstation in De Bilt aangehouden. Voor dit onderzoek is van de specifiekere maandmethode aangehouden. Voor warmtapwater is in de berekening rekening gehouden met een gezinssamenstelling van 6,1 personen. De warmtevraag voor warmtapwater voor een gezin van 6,1 personen is 4.354 kWh. De aanname voor de energieopbrengst voor de zonnecollectoren is 1300 kWh van de totale warmtevraag voor warmtapwater.

Woning	Warmtevraag ruimteverw. + warmtapw. [kWh]	Rendement	Geleverde warmte [kWh]	Ruimteverwarming [kWh]	Berekening opbrengst zonnecollectoren [kWh]	Warmtevraag warmtapwater [kWh]
Amsterdam ber.	6534	91%	5946	2851	1300	3029
werk.	9800	91%	8918	2851	1300	5649

Tabel 1.7.3: Overzicht Amsterdam, ruimteverwarming en warmtapwater geleverd door een pelletkachel

Werkelijk

Het totale gebruikte houtkorrels voor ruimteverwarming en warmtapwater is 1.700 kg hout. De 1.700 kg is omgerekend 8.500 kWh aan energie. Het aangehouden rendement van de pelletkachel is 91 %. De werkelijke warmtevraag voor de pelletkachel + zonnecollectoren is dan 8918 kWh. De aanname voor ruimteverwarming is vanuit de berekend aangehouden dat deze klopt.

Verschil

Het verschil tussen de berekening 6.534 kWh en de werkelijk 9.800 kWh het verschil is 3.266 kWh. De aanname voor de werkelijke energiebesparing van vacuümbuiscollectoren is niet onderzocht. Conclusie dat het functioneren van de pelletkachel die wordt gebruikt voor het leveren van de warmtevraag voor ruimteverwarming en warmtapwater onbetrouwbaar is. Het verschil tussen de berekening en de werkelijkheid is groot. Een aanbeveling is om nader onderzoek uit te voeren naar het functioneren van een pelletkachel.



Afbeelding 1.7.4: Vacuümbuiscollectoren
(bron) <http://www.architecturenewsplus.com>

Ruimteverwarming gecorrigeerd op klimaat

Berekening (stookseizoen 212 dagen)	Weerstation De Bilt	
Transmissie warmteverliezen	8.538 kWh	
Ventilatie warmteverliezen	1.446 kWh	
Warmtewinst	-7.768 kWh	(81% benuttingsfactor warmtewinst)
· Beschikbare zonnewinst		-7.738 kWh
· Interne warmtebronnen		-2.276 kWh
Jaarlijkse warmtevraag:	3.974 kWh	

Tabel 1.7.5: Berekening specifieke warmtevraag

Herberekening (stookseizoen 151 dagen)	Weerstation Schiphol	
Transmissie warmteverliezen	5.847 kWh	
Ventilatie warmteverliezen	993 kWh	
Warmtewinst	-5.418 kWh	(93% benuttingsfactor warmtewinst)
· Beschikbare zonnewinst		-4.198 kWh
· Interne warmtebronnen		-1.621 kWh
Jaarlijkse warmtevraag:	1.422 kWh	

Tabel 1.7.6: Herberekening specifieke warmtevraag

De PHPP berekening is gecorrigeerd op de klimaatgegevens van de periode 2011 van weerstation Schiphol. De gecorrigeerde klimaatgegevens geven aan dat de warmtevraag van de woning 1.422 kWh is. De warmtevraag per m² is 6,7 kWh. De invloed van de klimaatgegevens zorgen er voor dat de warmtevraag voor ruimteverwarming nog groter is.

Binnentemperatuur

De PHPP berekening gaat uit van een gemiddelde binnentemperatuur over een jaar van 20°C in de gehele woning. In de woonkamer gemeten gemiddelde temperatuur in het stookseizoen was 21°C. De hogere binnentemperatuur in de werkelijkheid heeft invloed op de totale warmtevraag. De aangepaste warmtevraag voor ruimteverwarming komt volgens de berekening uit op 1.795 kWh

Ventilatie

In de PHPP berekening is aangehouden dat het ventilatiesysteem 24 uur van de dag 415 m³/h ventileert. In werkelijkheid is de ventilatiecapaciteit 145 m³/h. De lagere ventilatiecapaciteit van het ventilatiesysteem heeft een positief effect op de warmtevraag. De warmtevraag van woning totale warmtevraag van de woning komt volgens de berekening uit op 1.640 kWh.

Interne warmtebronnen

De interne warmte (personen, verlichting en elektrisch apparaten) heeft 273 dagen een positief effect op de maandelijkse warmtevraag in de woning. De daarbij aangehouden specifieke vermogen is 2,1 W per m² vloeroppervlakte. De werkelijke interne warmtebron in werkelijke situatie niet bepaald. De installaties veroorzaken volgens de bewoner veel interne warmte. Het wanden van installatieruimte zijn in de gebruiksfase geïsoleerd door huidige bewoner.

1.7.3 Hulpenergie

In de PHPP berekening wordt uitgegaan van een ventilatiesysteem. In werkelijkheid zijn er meer installaties aanwezig voor bijvoorbeeld de pompen voor de zonnecollectoren, ruimteverwarming en warmtapwater. In de analyse is onderzocht wat het verschil is het berekende energiegebruik voor het ventilatiesysteem

Berekening

In de berekening is uitgegaan van een ventilatiesysteem met een energiegebruik van 815 kWh. Het ventilatiesysteem draait met een gemiddelde ventilatiecapaciteit van 415 m³/h.

Werkelijk

Het ventilatiesysteem is CO₂ gestuurd, de ventilatiecapaciteit is in de werkelijkheid gemiddeld 145 m³/h. Het jaarlijks energiegebruik van het ventilatiesysteem dan is 285 kWh.



Afbeelding 1.7.7: Installatieruimte

(bron) <http://www.architecturenewsplus.com>

Vershil

Het verschil tussen de berekening met 815 kWh en werkelijk 285 kWh is 530 kWh. Als de ventilatiecapaciteit in de berekening wordt aangepast naar 145 m³/h is het energiegebruik voor de ventilatie 285 kWh. De conclusie is dat als de waardes nauwkeurig worden ingevuld naar de werkelijk de berekening overeen komt voor het ventilatiesysteem. De overige installatie zijn voorzien van bijvoorbeeld van ongeveer 7 pompen voor verschillende installaties. In de PHPP berekening kan maar 1 pomp voor een verwarmingssysteem en 1 voor een warmtapwatersysteem worden opgenomen. De installaties in de woning zijn werkelijkheid meer dan in de berekening. De berekening kan daarom niet worden vergeleken met de werkelijkheid. De onderstaande gegevens zijn in de werkelijk in de woning aanwezig.

Pompen ruimteverwarming, warmtapwater en zonnecollectoren

In de installatieruimten zijn meerdere pompen aanwezig, hieronder zijn de typen en vermogen omschreven per pomp.

- | | | |
|----------------------------|---------------|--------------------------------|
| 1. Grundfos UPS 20-40 130: | 25/35/45 Watt | (verwarming bij boiler rechts) |
| 2. Grundfos | 45 Watt | (vloerverwarming) |
| 3. Grundfos UPS 25-60 180: | 45/65/90 Watt | |
| 4. Grundfos UPS 25-40 130: | 25/35/45 Watt | (wateraanvoer pelletkachel) |
| 5. Solar 15-65 130: | 52 Watt | (zonnecollectoren) |
| 6. Grundfos UPS 20-40 130: | 25/35/45 Watt | |
| 7. Grundfos | ? | |

Pelletkachel

De volautomatische pelletkachel PV20a staat in een ruimte op het dak van de woning. De pelletkachel verwarmd water dat in de opslagvaten wordt opgeslagen bestemd voor ruimteverwarming en warmtapwater. Het gemiddelde elektriciteitsgebruik van de volautomatische pelletkachel is 25-40 W, in stand-by mode is dit 3 W.

1.7.4 Huishoudelijk energiegebruik

Berekening

Het energiegebruik voor hulpenergie van installaties en huishoudelijk is verwerkt in de PHPP berekening. Het energiegebruik voor installaties is alleen ingevoerd voor ventilatie. Het energiegebruik voor pompen voor de zonnecollectoren en ruimteverwarming en warmtapwater zijn niet in de berekening opgenomen. De ingevoerd hoeveelheid personen in de berekening is aangenomen op 6,1. In de berekening voor het huishoudelijke energiegebruik zijn de volgende apparaten opgenomen:

- Vaatwasser met warmwater aansluiting
- Wasmachine met warmwater aansluiting
- Wasdroger met een waslijn
- Verlichting (60 W, geen energiezuinige)
- Koelkast
- Vriezer
- Koken op gas
- Consumenten elektronica en kleine toepassingen

Het energiegebruik volgens de PHPP berekening is weergegeven in tabel 1.7.8.

Werkelijk

In de werkelijkheid wordt ruimteverwarming en warmtapwater geleverd doormiddel van een pelletkachel en vacuümbuiscollectoren. Het totale energiegebruik op de meter wordt hierdoor in totale gebruikt voor huishoudelijk en hulpenergie. De gezinssamenstelling in de werkelijkheid is 4 personen. In de werkelijkheid wordt zijn er in de woning meerdere koelkasten aanwezig. Er wordt in de woning niet gekookt op gas maar op elektriciteit.

Energiegebruik volgens PHPP berekening	Berekening [kWh]	Werkelijk [kWh]
Hulpenergie	815	6.878
Koken op elektra	2684	
Wassen en drogen		
Diverse huishoudelijke apparaten		
Verlichting		
Totaal	3.500	6.878

Tabel 1.7.8: Energiegebruik huishoudelijk + hulpenergie, Amsterdam

Verschil

Als in de berekening wordt uitgegaan van een gezinssamenstelling met 4 personen, 3 koelkasten, elektrisch koken en de werkelijke aanwezige installaties is het totale energiegebruik volgens de PHPP berekening 4.458 kWh.

1.7.5 Energieopbrengst

Berekening

De verwachte energieopbrengst van een windturbine is 1.800 kWh. De energieopbrengst per windturbine wordt volgens de producent gehaald bij een gemiddelde windsnelheid van 5,0 m/s over een jaar.

Werkelijk

In tabel 1.7.10 zijn gegevens van de windsnelheid en energieopbrengst weergegeven. De gemiddelde snelheid over 2011 was bij weerstation Lelystad in 2011 4,4 m/s en bij weerstation Schiphol was 5,1 m/s. Omdat de plaats Almere en de woning in de woning in Amsterdam tussen de



Afbeelding 1.7.9: Windturbine op het dak
(bron) <http://www.architecturene-wsplus.com>

twee weerstations is een gemiddelde windsnelheid van 4,7 m/s aangenomen.
De werkelijke energieopbrengst van de windturbine is 470 kWh in het jaar 2011.

Type	Windsnelheid benodigd [m/s]	Werkelijke windsnelheid [m/s]	Verwachte opbrengst [kWh]	Werkelijke opbrengst [kWh]
Donqi	5,0	4,7	1.800	470

Tabel 1.7.10: Overzicht windturbine

Verschil

De windturbine voldoet niet aan de verwachte energieopbrengst van 1.800 kWh. De windsnelheid van 5,1 m/s voldoet wel aan de gestelde eisen voor de opgegeven energieopbrengst van 1.800 kWh. De windturbine is tijdens de gebruiksfase nog een keer verplaatst naar dakrand van de woning om zo de invloed van verschillende windrichtingen tegen te gaan. De windturbine werd niet constante aangestuurd door de wind en veranderde windrichting. De verschillende windrichtingen worden volgens de leverancier veroorzaakt door veranderde windrichtingen door de gevel. De wind gaat tegen de gevel omhoog en zet en daardoor de windturbine in werking zet.

1.8 Swalmen, Passiefhuisnu

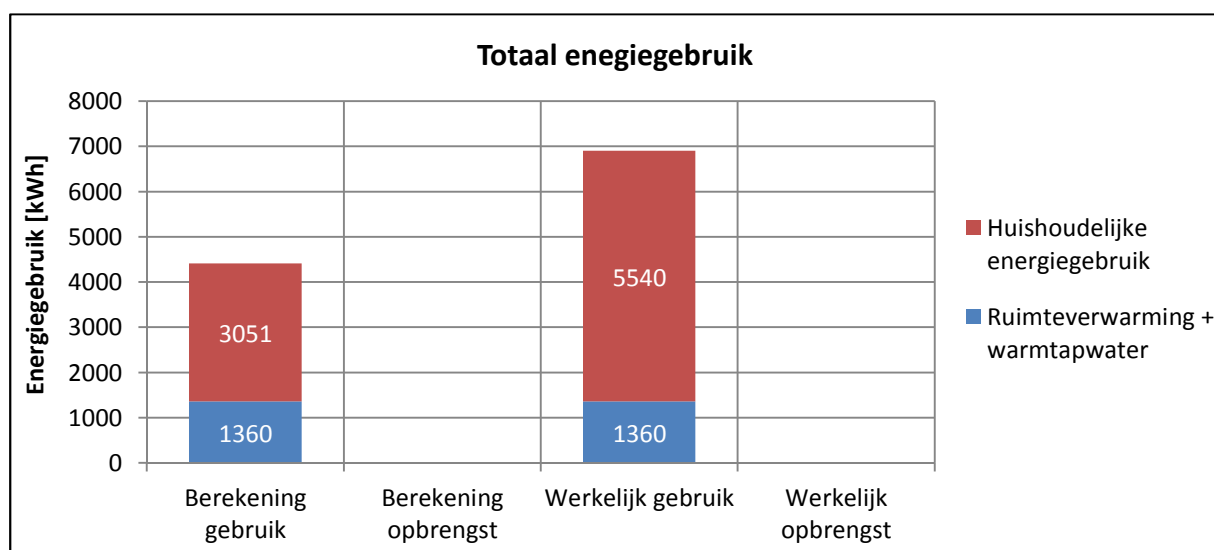
De woning is passiefhuis dat gerealiseerd in de plaats Swalmen in de provincie Limburg. Voor het energiegebruik is per onderdeel een vergelijking gemaakt tussen de berekening en de werkelijkheid. In §1.8.1 is het totaal primaire energiegebruik van de woning omschreven. De ruimteverwarming in combinatie met warmtapwater voor de woning is vergeleken in §1.8.2. Over het energiegebruik van hulpenergie voor installaties zijn geen gegevens bekend. In §1.8.3 is het energiegebruik van huishoudelijke apparaten weergegeven. Bij de woning wordt er geen gebruik gemaakt van energieopbrengst doormiddel van een windturbine of PV-panelen.



Afbeelding 1.8.1: Passiefhuisnu Swalmen
(bron) www.passiefhuisnu.nl

1.8.1 Totaal energiegebruik

De woning is doorgerekend met de PHPP berekening. De primaire energievraag volgens de PHPP berekening is 65 kWh/m². Het totale vloeroppervlak van de woning is ongeveer 174 m². De totale primaire energievraag van de woning is 4.411 kWh. De woning is alleen voorzien van elektrische apparaten. Er wordt geen gebruik gemaakt van gas of biomassa, daarom is het totale energiegebruik van de woning weergegeven in werkelijke energiewaarden.



Grafiek 1.8.2: Totaal energiegebruik

Totaal energiegebruik	Berekening [kWh]	Werkelijk [kWh]
Ruimteverwarming + warmtapwater	1.360	1.360
Hulpenergie		
Huishoudelijke apparaten	3.051	5.540
Verlichting		
Totaal	4.411	6.900

Tabel 1.8.3: Overzicht totaal energiegebruik

1.8.2 Ruimteverwarming + Warmtapwater

Berekening / Werkelijkheid

Het totale energiegebruik voor de ruimteverwarming is berekend doormiddel van de PHPP berekening. De warmtevraag per vierkante meter voor ruimteverwarming is 15 kWh/m². De totale warmtevraag voor ruimteverwarming is 2.610 kWh. De aanname voor warmtapwater is voor een gemiddeld gezin met 2,3 personen 1.800 kWh. Het energiegebruik voor een gezin met vier personen is dan 3.130 kWh. Het totale energiegebruik voor ruimteverwarming en warmtapwater is 5.740 kWh. De energie wordt opgewekt doormiddel van een warmtepomp met een COP waarde van 3,9. Het werkelijk energiegebruik op de meter is dan 1.472 kWh.

Energiegebruik		Berekening [kWh]
Oppervlak	174 m ²	
PHPP berekening (primaire energie)	65 kWh/m ²	4.411
Ruimteverwarming	15 kWh/m ²	2.610
Warmtapwater (1.800 kWh)	4 personen	3.130
Ruimteverw. + Warmtapw.		5.740
Rendement 3,9 COP		1.472

Tabel 1.8.4: Overzicht berekening ruimteverwarming + warmtapwater

1.8.3 Huishoudelijk energiegebruik

Berekening

Het huishoudelijke energiegebruik is bepaald voor een Nederlands gemiddeld van 4 personen. Het Nibud geeft aan dat een gezinssamenstelling van 4 personen een gemiddeld energiegebruik heeft van 4.694 kWh.

Werkelijk

Bij het bepalen van het werkelijk energiegebruik is het energiegebruik voor warmtapwater en ruimteverwarming van het totale energiegebruik afgehaald. Het totale energiegebruik voor alle installaties en huishoudelijke apparaten was 6.900 kWh. Van de 6.900 kWh is uitkomst van de warmtevraag en een aanname voor warmtapwater afgehaald. Het energiegebruik voor ruimteverwarming en warmtapwater is ongeveer 1.360 kWh. De aanname voor het huishoudelijk energiegebruik is dan ongeveer 5.540 kWh zoals weergegeven in tabel 1.8.5.

Huishoudelijk energiegebruik	Nibud 2011 [kWh]	Werkelijk [kWh]
Installatie	4.694	5.540
Huishoudelijke apparaten		
Verlichting		

Tabel 1.8.5: Overzicht huishoudelijk energiegebruik

Verschil

Het verschil tussen de berekening van 4.695 en het werkelijk energiegebruik 5.540 kWh is 578 kWh. Het verschil is niet duidelijk te verklaren door de vele aannames die er zijn gedaan. Dat het werkelijke energiegebruik hoger is dan het gemiddelde energiegebruik is verklaren doordat de gehele woning is voorzien van elektrische apparaten.

1.9 Rotterdam, Sleephellingstraat

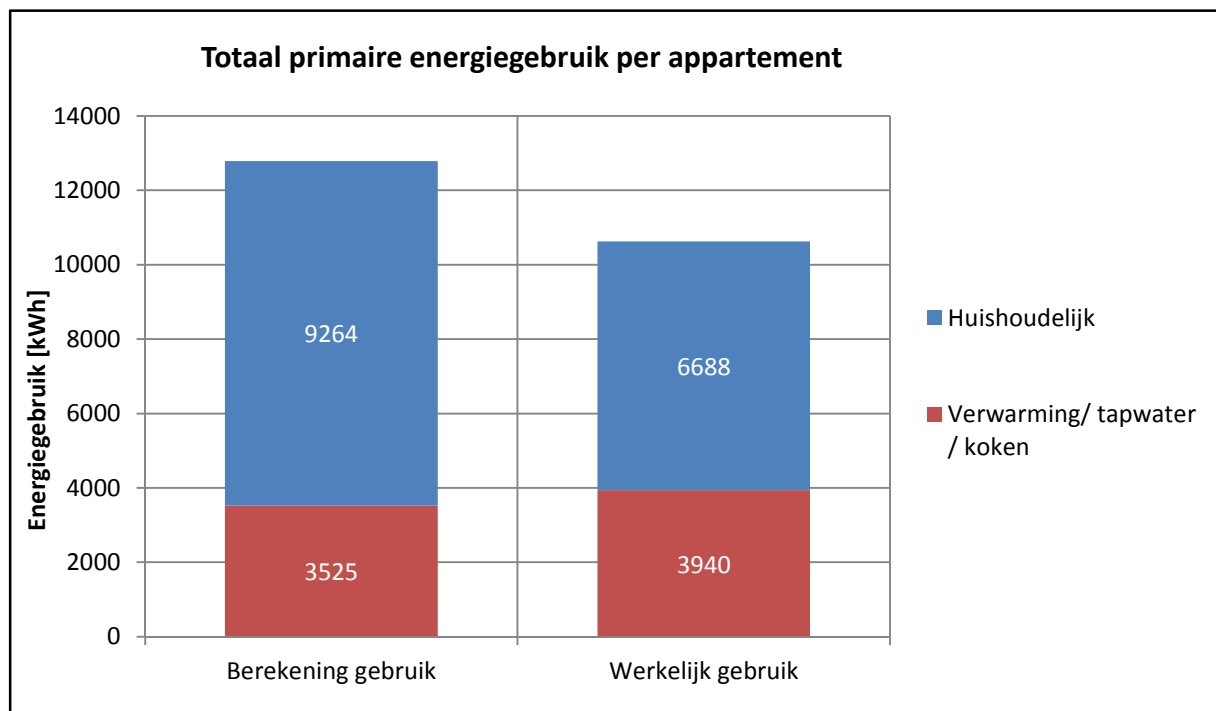
Aan de sleephellingstraat in Rotterdam is één van eerste appartementen in Nederland die passief is gerenoveerd. Het appartementencomplex is gerenoveerd door BAM woningbouw Rotterdam. Het energiegebruik is gemonitord door Adviesbureau DHV. De eerste anderhalf jaar is het gebruik van gas en elektriciteit gemeten. De overzichten van het energiegebruik per appartement zijn beschikbaar gesteld voor dit onderzoek door Woonstad Rotterdam. Het energiegebruik is gemiddeld geanalyseerd per appartement. In §1.9.1 is het totaal primaire energiegebruik gemiddeld per appartement uitgewerkt. In §1.9.2 is het gasgebruik voor ruimteverwarming, warmtapwater en koken vergeleken met de berekening. In §1.9.3 is werkelijke energiegebruik voor huishoudelijke apparaten en hulpenergie vergeleken met de berekening. Het appartementencomplex niet voorzien van een windturbine of PV-panelen.



Afbeelding 1.9.1: Appartementen Sleephellingstraat (bron) www.passiefhuismarkt.nl

1.9.1 Totaal primaire energiegebruik

Het totale primaire energiegebruik is berekend doormiddel van de PHPP berekening. De energievraag van het appartementencomplex is uitgerekend op 25,5 kWh/m². Het complex bestaat uit 14 appartementen. Het complex is voorzien van een gas- en elektriciteitsaansluiting. Het energiegebruik is primaire weergegeven om een vergelijking te kunnen maken tussen het gas- en elektriciteitsgebruik.



Grafiek 1.9.2: Totaal primaire energiegebruik per appartement

1.9.2 Ruimteverwarming, warmtapwater en koken

Berekening

De totale energievraag is berekend met de PHPP berekening. De energievraag is berekend op 25 kWh/m². De totale primaire energievraag voor het gehele appartementencomplex is 49.348 kWh. De primaire energievraag per appartement is 3.025 kWh. De primaire energievraag omgerekend naar gasgebruik is 314 m³ per jaar voor ruimteverwarming.

Werkelijk

In de werkelijkheid is het gemiddelde energiegebruik 403 m³ gas per jaar. De hoeveelheid gas wordt gebruikt voor ruimteverwarming, warmtapwater en koken. Volgens het rapport van DHV wordt voor ruimteverwarming 190 m³ gebruikt.

Verwarming/ tapwater / koken		Berekening [m ³]		Werkelijk [m ³]	
Ruimteverwarming, Gas	Rendement 107 %	314	437	190	403
Warmtapwater i.c.m. zonnecollectoren		31		162	
Koken, Gas		50		50	

Tabel 1.9.3: Overzicht gasgebruik

Verschil

Het verschil tussen de berekening van 314 m³ gas en het werkelijke energiegebruik van 403 m³ is ongeveer 89 m³. Het verschil tussen de berekening en de verdeling volgens DHV voor ruimteverwarming is 124 m³. De aanname volgens DHV kan wel degelijk kloppen, maar dan betekent dat de berekende warmtevraag van 25,5 kWh/m² niet overeenkomt met werkelijkheid met 15,4 kWh/m².

		Appartementen	Per woning
Oppervlak PHPP berekening	15,4 kWh/m ²	1.809 m ²	129 m ²
		Berekening	Berekening
Verwarming/ tapwater / koken		26081 kWh	1863 kWh
Ruimteverwarming, Gas	rendement 107 %	2661 m ³	190 m ³

Tabel 1.9.4: Overzicht berekening zoals door verdeling DHV

1.9.3 Energiegebruik huishoudelijk en hulpenergie

Berekening

In de PHPP berekening is uitgegaan van een gezinssamenstelling van 2 personen. Het energiegebruik voor hulpenergie bestaat uit een ventilatiesysteem. De warmtevraag voor ruimteverwarming en warmtapwater wordt geleverd met gas en zonnecollectoren. In de berekening zijn de volgende huishoudelijke apparaten opgenomen:

- Vaatwasser met koud wateraansluiting
- Wasmachine met koud wateraansluiting
- Wasdroger met koud wateraansluiting
- Verlichting (60 W, geen energiezuinige)
- Koelkast
- Vriezer
- Koken elektrisch
- Consumenten elektronica en kleine toepassingen

Het energiegebruik volgens de PHPP berekening is weergegeven in tabel 1.9.5.

Werkelijk

In de werkelijkheid is het energiegebruik gemiddeld per appartement 2.608 kWh zoals weergegeven in tabel 1.9.5. In de werkelijkheid wonen er gemiddeld 2 personen in een appartement. Het energiegebruik is niet opgesplitst in hulpenergie en huishoudelijk. Het gemiddelde energiegebruik is 2.608 kWh voor een appartement. De aanwezige apparaten zijn niet per appartement bekend.

Energiegebruik volgens PHPP berekening	Berekening [kWh]	Opmerking	Werkelijk [kWh]	Opmerking
Hulpenergie	713	In de berekening is een gezin met 2 personen aangehouden	2.608	Het energiegebruik is gemiddeld berekend. In de werkelijkheid zitten er gemiddelde 2 personen in een appartement
Koken op elektra				
Wassen en drogen				
Huishoudelijke apparaten	2.022			
Verlichting				
Totaal	2.735		2.608	

Tabel 1.9.5: Energiegebruik huishoudelijk + hulpenergie, Rotterdam

Verschil

Het verschil tussen de berekening van 2.735 kWh en de werkelijkheid met 2.608 kWh is 127 kWh. Het verschil in de werkelijkheid is niet te verklaren. Conclusie is dat als alle huishoudelijke apparaten nauwkeurig worden ingevuld is de uitkomst in de PHPP berekening een realistisch beeld van het werkelijke huishoudelijke energiegebruik.

1.10 Oostende, Energiezuinig

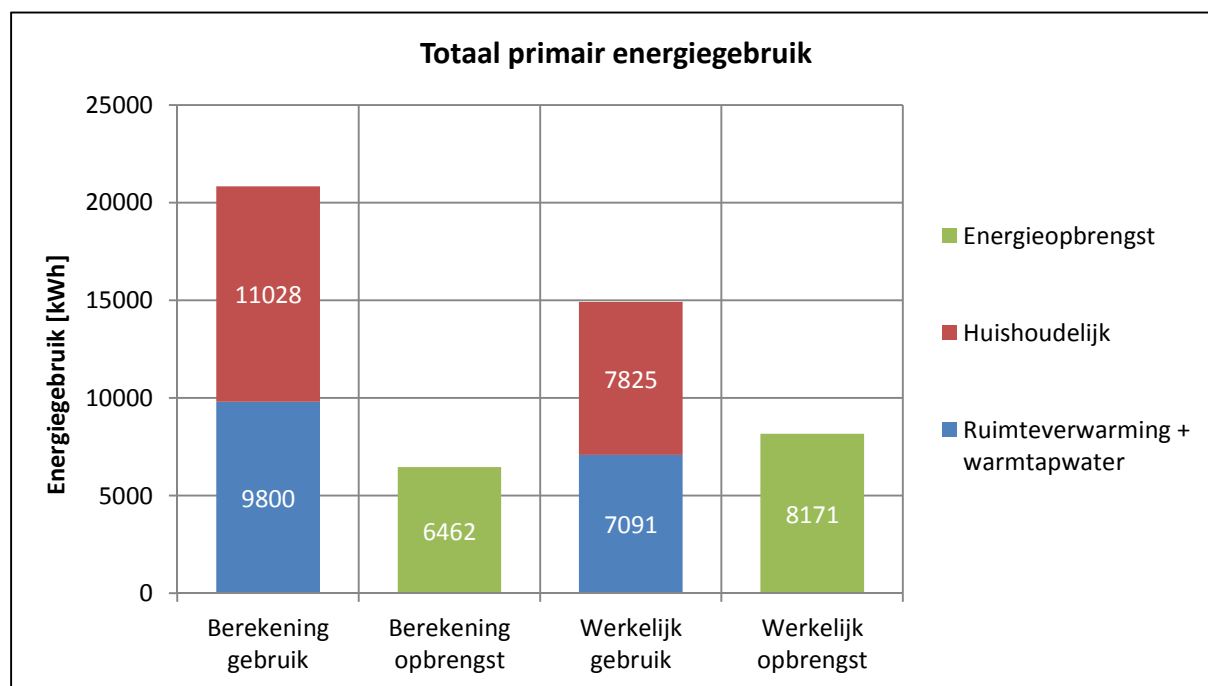
Het totale energiegebruik van de woning in Oostende is door de bewoner gemonitord. De woning is voorzien van PV-panelen en zonnecollectoren. De energievraag van de woning is niet berekend doormiddel van een EPW of PHPP berekening. Voor het energiegebruik zijn aannames gedaan doormiddel van gemiddeld energiegebruik gegevens voor gas en elektriciteit. In §1.10.1 is het totale primaire energiegebruik van de woning weergegeven. Het energiegebruik voor ruimteverwarming + warmtapwater is in §1.10.2 vergeleken. Het energiegebruik voor huishoudelijk energiegebruik en hulpenergie is vergeleken in §1.10.3. In §1.10.4 is de energieopbrengst toegelicht.



Afbeelding 1.10.1: Lage-energie woning
(bron) www.like.be

1.10.1 Totaal primaire energiegebruik

Het totale primaire energiegebruik van woning bestaat uit elektriciteit, gas- en houtgebruik. De hoeveelheid gas en hout worden gebruikt voor ruimteverwarming en warmtapwater. Omdat er in de woning gebruik wordt gemaakt van gas en hout is het energiegebruik primair weergegeven. In de grafiek 1.10.2 is het totaal primaire energiegebruik van de woning weergegeven.



Grafiek 1.10.2: Totaal primair energiegebruik

1.10.2 Ruimteverwarming + warmtapwater

Berekening

Voor ruimteverwarming en warmtapwater is een aanname gedaan ten opzichte van het Nederlandse gemiddelde gasgebruik. Het Nederlandse gemiddelde gasgebruik voor een vrijstaand huis is ongeveer 1.000 m³. Het gemiddelde gasgebruik van 1.000 m³ is omgerekend ongeveer 9.800 kWh.

Jaar	Elektriciteit [kWh]	Gas [kWh]	Brandhout [m3]
2008	3.136	488	3,5
2009	2.960	392	3
2010	3.472	645	~3
Gemiddelde	3.189	508	3,25

Tabel 1.10.3: Overzicht energiegebruik

Werkelijk

In de werkelijkheid is het gasgebruik over de jaren 2008, 2009 en 2011 gemiddeld 508 m³. Het houtgebruik is over dezelfde jaar gemiddeld 3,25 m³. Het gasgebruik van 508 m³ en houtgebruik van 3,25 is omgerekend 15.541 kWh. De primaire energievraag in de werkelijkheid is omgerekend 7.091 kWh. In tabel 1.10.4 is het werkelijke energiegebruik weergegeven.

Ruimteverwarming + warmtapwater	Berekening [kWh]	Werkelijk [kWh]	Opmerkingen
Gas	9.800	4.978	1.000 m ³ gas Nibud en 508 m ³ gas
Hout		10.563	3,25 m ³ hout * 650 kg * 5 kWh
Primaire energievraag	9.800	7.091	

Tabel 1.10.4: Overzicht ruimteverwarming + warmtapwater

Vershil

Het verschil tussen de berekening met 9.800 kWh en werkelijkheid is het energiegebruik 15.541 kWh. Het verschil tussen de berekening en de werkelijkheid is 5.741 kWh. Het verschil is niet te verklaren. Doordat er gebruik gemaakt van hout is de primaire energievraag laag en eenvoudiger te compenseren.

1.10.3 Energiegebruik huishoudelijk en hulpenergie

Berekening

Voor energiegebruik van het huishouden en hulpenergie is een aanname gedaan doormiddel van het Nederlandse gemiddelde volgens het Nibud 2011. Het energiegebruik is aangenomen voor een gezinssamenstelling van 2 personen. Het gemiddelde energiegebruik voor een gezinssamenstelling van 2 personen 3.401 kWh.

Werkelijk

Het werkelijk energiegebruik is weergegeven in tabel 1.10.3. Het gemiddelde energiegebruik over de jaren 2009, 2010 en 2011 is 3.052 kWh.

Vershil

Het verschil tussen de berekening van 3.401 kWh en het werkelijke energiegebruik van 3.052 kWh is 349 kWh. Het verschil tussen de berekening en de werkelijkheid is niet te verklaren.

1.10.4 Energieopbrengst

Werkelijk

Het maximaal vermogen is 3.150 Wp. Op het schuine dak liggen 14 panelen met 225 Wp per stuk. De werkelijke energieopbrengst is de afgelopen drie jaar gemeten. In tabel 1.10.5 is een overzicht weergegeven met het maximaal vermogen en het werkelijke opbrengst. De globale straling is in de werkelijkheid vastgesteld door gegevens op te nemen van een weerstation Westdorpe Zeeland.

Werkelijke energieopbrengst	Periode	Maximaal vermogen [WP]	Opbrengst [kWh]	Verhouding [kWh] / [kWp]
PV-panelen	2011	3.150	3.485	1,11
PV-panelen	2010	3.150	3.474	1,10
			3.187	1,11

Tabel 1.10.5: Overzicht werkelijke energieopbrengst

Vershil

De verhouding tussen het maximaal vermogen en de werkelijke energieopbrengst is gemiddeld 1,04 zoals weergegeven in tabel 1.10.6. De globale straling over de periode was gemiddelde 1.081 kWh/m². De verhouding van de gecorrigeerde energieopbrengst was tijdens de periode 2009 t/m 2011 gemiddelde 1,04.

Gecorrigeerde energieopbrengst	Periode	Maximaal vermogen [Wp]	Opbrengst [kWh]	Verhouding [kWh] / [kWp]
PV-panelen	2011	3.150	3.294	1,05
PV-panelen	2010	3.150	3.247	1,03
			3.187	1,04

Tabel 1.10.6: Overzicht gecorrigeerde energieopbrengst

Literatuurlijst

Croezen / Sevenster, 2006

Verlichting vergeleken

H.J. (Harry) Croezen/ M.N. (Maartje) Sevenster, Delft, CE, 2006,

Publicatienummer: 06.3163.30

Uitgeverij: Alle CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

KNMI <http://www.weeronline.nl/globale-straling/3098/0>

Elger Niemendal

8 september 2009

Bezocht op: 24-01-2012

Nibud 2011

<http://www.nibud.nl/uitgaven/huishouden/gas-elektriciteit-en-water.html>

Geraadpleegd: 16 januari 2011

NOVEM, november 2002

Monitoring Energiebalanswoning REMU, Eindrapportage deel 2

Ing. H.A. Eijpe, Ing. D.O. Rijkse, Dr. A.J. Kil.

NOVEM contractnummer: 146.240-006.1

Weijnen, 2010

Shou karamatsa, Het ontstaan van een energie-neutraal huis

Faro Architecten, I See For You

P. Weijen, H. P. Föllmi.

Bijlage I.A: Productinformatie Pelletkachel

Bijlage I.B: Douchewater-WTW



Declaration regarding the efficiency of a shower heat recovery unit

Kiwa Nederland B.V. hereby declares that of the shower heat recovery unit,

Type : Recoh-vert V3 (douchepijp-wtw V3)

Of : Hei-tech B.V.

In : Emmen, The Netherlands

of which a sample supplied and installed by Hei-tech has been tested according to the method described in NEN 5128 A1:2009, published 1 May 2009 and the correction letter of TNO 26 June 2009. The measurements have shown that the sample recovers the waste energy in the shower water with an efficiency of:

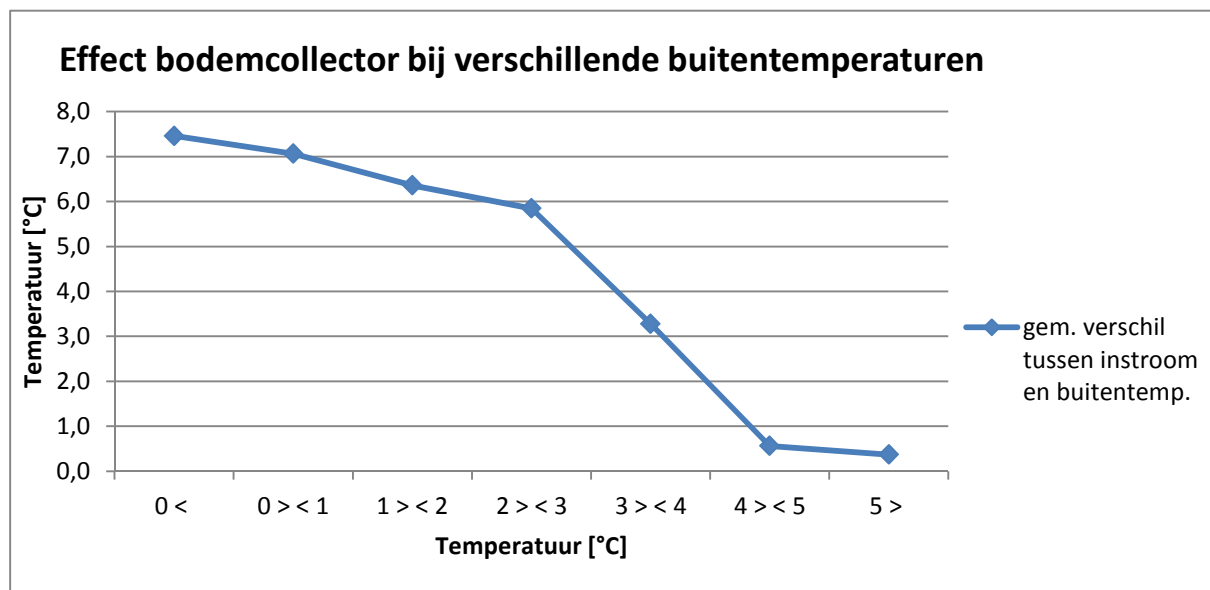
class	Flow (l/min)	Volume (l)	Efficiency (%)	Flow resistance (ΔP) (bar)
3	9.2	73	65.4	0.37
4, 5, 6	12.5	100	62.2	0.62

Apeldoorn, 7 April 2010



Ing. A.A. Slomp,
Product Manager,
Kiwa Nederland B.V.

Bijlage I.C: Effect bodemcollector bij verschillende buitentemperaturen



Temperatuur	Gemiddelde buitentemperatuur	Gemiddelde instroom naar bodemcollector	Gem. verschil tussen instroom en buitentemp.
0 <	-0,3	7,1	7,5
0 > < 1	0,5	7,6	7,1
1 > < 2	1,5	7,9	6,4
2 > < 3	2,5	8,4	5,8
3 > < 4	3,5	6,8	3,3
4 > < 5	4,5	5,1	0,6
5 >	11,8	12,2	0,4

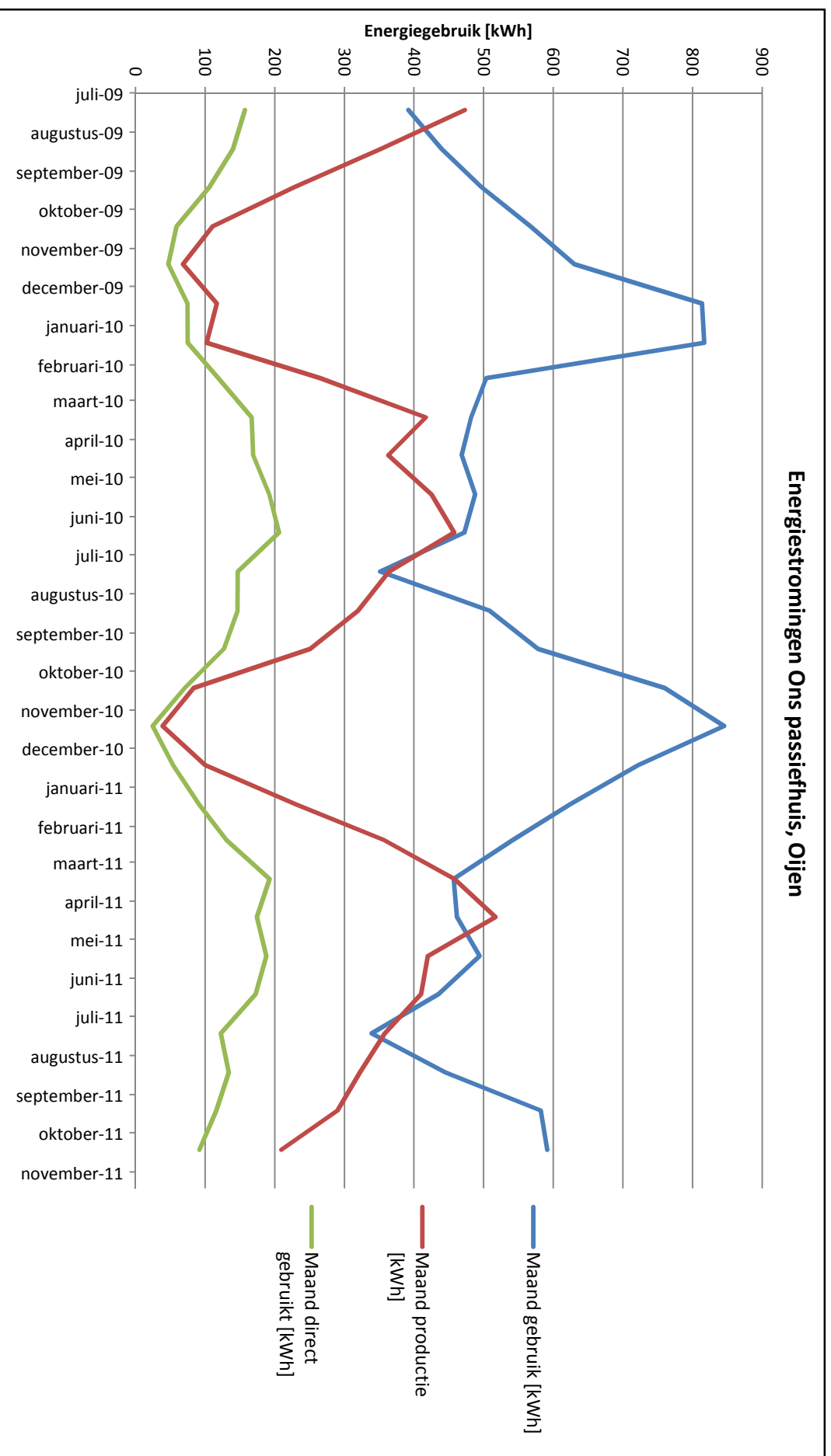
Meetperiode 22-09 t/m 8-12-2011

Bijlage I.D: Onderbouwing aanname energieverbruik (Oijen)

Verantwoording verlichting								
Aantal	LED lamp		Spaarlamp		Anders,		Branduur	Gebruik Jaar
	st.	Watt	st.	Watt	st.	Watt	jaar	[kWh]
Hal/ Entree	3	10					380	11,4
Woonkamer	1	10	1	20			830	24,9
	1	4					830	3,3
	2	15					830	24,9
	17	8					830	112,9
	12	2					830	19,9
Keuken/ Bijkeuken TL					1	20	380	7,6
Toilet	1	10					380	3,8
Overloop	6	3					380	6,8
Badkamer	2	3					380	2,3
spiegel	1	7					380	2,7
	1	17					380	6,5
Slaapkamer 1			1	15			260	3,9
Slaapkamer 2			1	15			150	2,3
Slaapkamer 3			2	8			65	1,0
Slaapkamer 4			3	15			65	2,9
Totaal								237 kWh
Kantoor	4	7					830	23,2
	15	2					830	24,9
	2	20					830	33,2
	6	6					830	29,9
Totaal								111 kWh

Bijlage I.E: Ventilatie WTW, Sachsenland Innoair 255 dc

Bijlage I.G: Overzicht energiestromingen





Bijlage II.A: Warmtepomp INNO-SWP 41

V 1.2 Stand 10.08.09 Änderungen im Sinne des technischen Fortschritts behalten wir uns vor.	Technische Daten INNO-SWP 41	
--	---------------------------------	---

Leistungen	
Soletemperatur (°C)	0
Vorlauftemperatur (°C)	35
Kälteleistung (kW)	3,82
Leistungsaufnahme (kW)	1,16
Heizleistung (kW)	4,98
Leistungszahl	4,29

Verdichter	
Anzahl	1 Stück
Bauart	Scroll, vollhermet.
Stromart (V / Ph / Hz)	400 / 3 / 50
Drehzahl (min ⁻¹)	2950
Volumenstrom (m³/h)	8,1
max. Prüfdruck (bar)	30
Antriebsleistung (kW)	1,2
Anlaufstrom (A)	38
max. Betriebsstrom (A)	8,3

Kondensator	
Anzahl	1 Stück
Bauart	Plattenwärmetauscher
Anschlüsse	einseitig
Material	AlSi 316 (Edelstahl)
max. Betriebsdruck max. Betriebstemp. (bar / °C)	30 / 150
Isolierung	PVC- und FCKW-frei
Nennvolumenstrom (m³/h)	1
Druckverlust bei Nenn- volumenstrom (kPa)	< 35

Verdampfer	
Anzahl	1 Stück
Bauart	Plattenwärmetauscher
Anschlüsse	einseitig
Material	AlSi 316 (Edelstahl)
max. Betriebsdruck max. Betriebstemp. (bar / °C)	30 / 150
Isolierung	PVC- und FCKW-frei
Nennvolumenstrom (m³/h)	1,1
Druckverlust bei Nenn- volumenstrom (kPa)	< 35

Schrank Außenmaße	
Höhe (m)	1,95
Breite (m)	0,65
Tiefe (m)	0,60 / 0,70
Gewicht (kg)	255
Material	Stahlblech, lackiert
Schallschutz	mit Schallschuttmatten ausgekleidet

Anschlüsse	
Sole	1" AG (Vor- Rücklauf) flachdichtend
Heizung	1" AG (Vor- Rücklauf) flachdichtend
Trinkwasser	1" AG (Kalt-, Warmwasser, Zirkul.) flachdichtend

Kältemittel	R 134 A
max. Füllgewicht (kg)	1,8
max. Betriebsüberdruck (bar)	28

Regelung	
Regler	außentemperaturgeführte Mikroprozessorregelung

E - Heizstab	
Leistung (kW) in 2 Stufen	6
Spannungsvers. (V / Ph / Hz)	400 / 3 / 50

Schutzart	IP 44
------------------	-------

Brauchwasserspeicher	
Material	Edelstahl
max. Betriebsdruck max. Betriebstemp. (bar / °C)	10 / 90
Brauchwasser - Inhalt (Liter)	193
Heizungspufferspeicher	
max. Betriebsdruck max. Betriebstemp. (bar / °C)	3 / 110
Heizwasserseitig - Inhalt (Liter)	56

Soleflachkollektor	
Rohr	PE 32x3 mm
Verlegelänge bei normal-bindigem Boden (Entzugsleistung 0,02 kW/m)	250 m
Solekonzentration (Empfehlung)	40% Ethylenglycol (-25°C)
mind. Solekonzentration	25...30% Ethylenglycol (-15°C)

Komponenten	
Solepumpe	Wilo Star RS 25/6-130
Heizungspumpe	Wilo Star RS 25/6-130

enthält keinen Sanftanlauf - dieser ist aufgrund der
niedrigen Anlaufströme im Regelfall nicht erforderlich

Motorschuttschalter bitte separat bestellen/ bauseits lösen!
(Dieses Bauteil dient dem Schutz des Verdichters, z.B. bei Außenleiterausfall vom Netz.)

Wichtiger Hinweis: Kippmaß 2060 mm



Bijlage III: Interne warmtelast

Algemeen

De interne warmtelast bestaat onder andere uit warmteproductie door personen, apparatuur, huishoudelijke apparaten. Bij de EPW berekeningen is de vaste waarde $6,0 \text{ W/m}^2$ opgenomen voor interne warmtelast. In de PHPP berekening wordt uitgegaan van standaard $2,1 \text{ W/m}^2$. Bij de woningen Groenlo en Rotterdam is de interne warmtelast berekend in het PHPP werkblad 'interne bronnen' aan de hand van de door gebruiker zelf ingevoerde waarden.

PHPP berekening interne warmtelast

In de PHPP berekening wordt uitgegaan worden van de standaard waarde van $2,1 \text{ W/m}^2$ om de interne warmtelast berekenen in PHPP berekening. De berekening is gebaseerd op het totale berekende elektriciteitsgebruik. Een wasmachine en vaatwasmachine gebruiken een groot deel van zijn elektriciteit voor het verwarmen van het water waarmee wordt gewassen. Dit (warme) water verdwijnt in het riool, waardoor een groot gedeelte van de in warmte omgezette elektriciteit via het riool de woning verlaat en dus niet vrijkomt in de woning. Een zelfde verhaal geldt voor de wasdroger (met een luchtafvoer naar buiten). Hierdoor wordt 30% van de opgenomen elektriciteit van deze apparaten meegenomen als interne warmtelast. De bijdragen van koken op de interne warmtelast 50% van het energiegebruik voor koken, hierbij wordt uitgegaan dat de helft van de geproduceerde warmte door de afzuigkap boven het kooktoestel wordt afgezogen. Voor de vrijkomende interne warmtelast ten gevolge van de aanwezigheid van personen is 80 Watt per persoon. Hierbij is uitgegaan van een aanwezigheid van 0,55 van de dag per persoon.

In het koud watergebruik (5 Watt p.p.) en verdamping door handdoeken, kamerplanten, enz. (25 Watt p.p.) wordt als vermindering op de interne warmtelast gerekend.

EPW berekening interne warmtelast

In de EPW berekeningen is vaste waarde $6,0 \text{ W/m}^2$ gebaseerd op een gemiddelde over een etmaal in een gemiddelde verwarmde zone. De tabel 1 geeft hiervoor een indicatie, per m^2 gebruiksoppervlakte van alle verwarmde zones zichtbaar.

Tijd [h]	Woonzone' [W/m^2]	Slaapzone' [W/m^2]		Verwarmde zone gemiddeld [W/m^2]
		2 dagen per week	5 dagen per week	
Van 7 tot 17	8,0	2,0	1,0	4,64
Van 17 tot 23	20,0	4,0	1,0	10,93
Van 23 tot 7	2,0	6,0	6,0	4,0
Etmaalgemiddelde	9,0	3,83	2,67	2,67

Tabel 1. Bron: NEN 5128 Energieprestatie van woningen en woongebouwen

Werkelijk interne warmtelast

De werkelijke interne warmtelast is gebaseerd op het totale jaarlijkse energiegebruik op de meter, min het elektriciteitsgebruik voor de warmtepomp. De warmte die is geproduceerd door de personen die in de woning wonen. In de berekening is uitgegaan voor een volwassene een warmteproductie van 80 Watt per uur, met een aanwezigheidsfactor van 0,55 per dag (13,2 uur).

De woningen in Oijen, Utrecht, Groenlo, Amsterdam en Rotterdam zijn berekend met de PHPP berekening. De woning in Amersfoort is berekend met de EPC berekening.

Woningen	Persoon	Opp. [m ²]	Berekende interne Spec. Vermogen [W/m ²]	Energie gebruik [kWh]	Gas gebruik koken [kWh]	Persoon warmte- verlies [kWh]	warmte -pomp [kWh]	Interne warmte [kWh]	Werkelijk interne Spec. Vermogen [W/m ²]
1. Oijen	3	230,7	2,1	6849		1156	-1000	7005	3,5
4. Utrecht	2,5*	320,1	2,1	4409		964	-1000	4373	1,6
5. Groenlo	4	249,7	** 1,85	7073		1542	-960	7655	3,5
7. Amsterdam	4	213,0	2,1	6878		1542		8420	4,5
9. Rotterdam	2	133,0	** 1,63	2608	490	771		3869	3,3
Gemiddeld			2,0						3,3
6. Amersfoort	4	181,1	6,0	10314		1542	-3644	8212	5,2

* : 2 volwassen en 1 klein kindje.

** : Interne warmtelast berekend met PHPP. De 2,1 is een standaard waarde in de berekening.

Tabel 2: Overzicht berekening interne warmtelast

Conclusie

De werkelijke interne warmtelast is naar waarschijnlijkheid hoger dan de PHPP standaard waarde van 2,1 W/m². In de berekening is het energiegebruik van de warmtepomp en de WTW-unit niet meegenomen als interne warmtelast. De wasmachine, vaatwasser en kooktoestel worden deels meegenomen in de interne warmtelast als interne bronnen.

Bij de woning Amsterdam is meetbaar dat de interne warmtelast hoog is in de installatieruimte. In de installatieruimte zijn 3 boilervaten en aantal pompen aanwezig, hierdoor ligt de temperatuur ronde de 23°C. De hoge temperatuur heeft een negatief effect op het comfort in de naastgelegen slaapkamers. In werkelijkheid kan de interne warmtelast nog wel nog wel hoger zijn doordat bij een boiler vat nog rekening gehouden moet gehouden met het opslagverliezen van warmwater.

In de woning Utrecht is een laag energiegebruik in vergelijking met het grote vloeroppervlakte van 320 m², hierdoor is waarschijnlijk de interne warmtelast vermogen lager dan 2,1 W/m²

De werkelijke interen warmteproductie in de woning in Amersfoort is vrij hoog ten opzichte van de andere woningen, dit is te verklaren door hoog energiegebruik voor hulpenergie (1209 kWh) en huishoudelijk (5246 kWh)