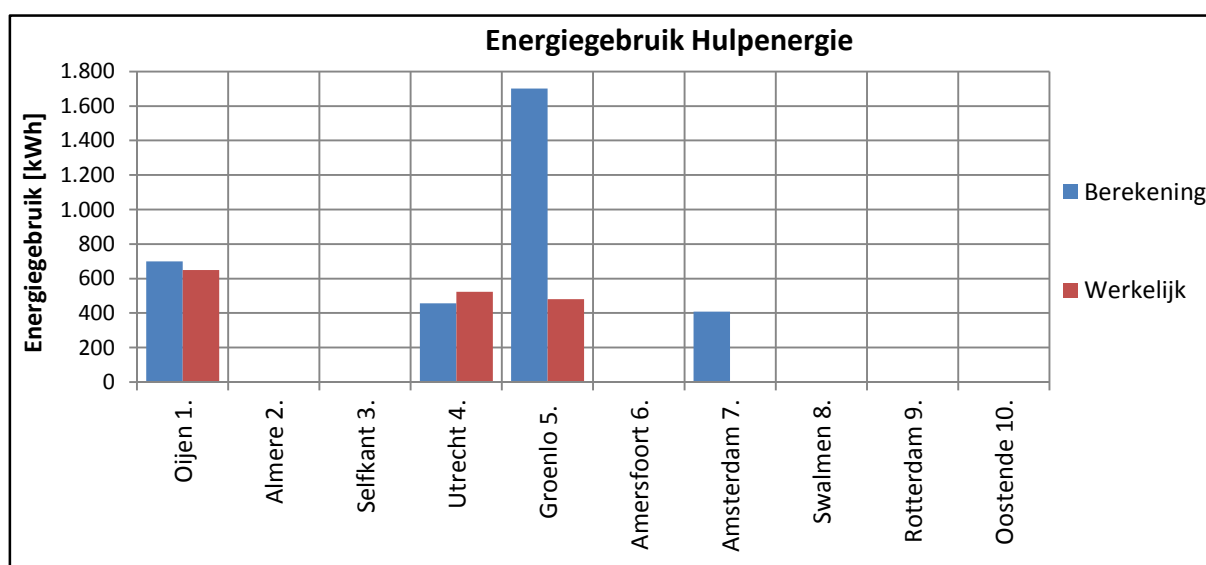


## Werkelijk

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/m<sup>3</sup>.

Ventilatiesysteem	PHPP Berekening			Werkelijk			Omschrijving
	m3/h	kWh	Wh/m <sup>3</sup>	m3/h	kWh	Wh/m <sup>3</sup>	
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							
<b>Gemiddelde</b>	<b>223</b>	<b>589</b>	<b>0,31</b>	<b>204</b>	<b>391</b>	<b>0,22</b>	

 Tabel 8.5.3: Overzicht energiegebruik per m<sup>3</sup> 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

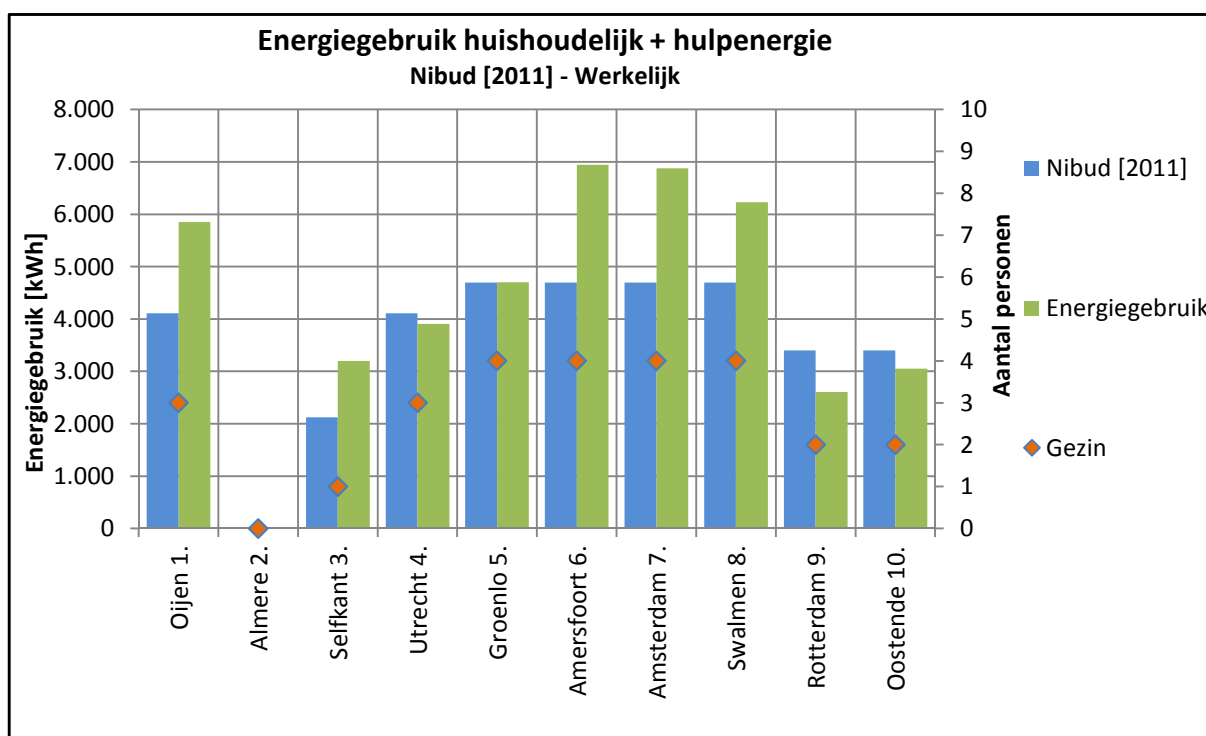
Het huishoudelijk energiegebruik bestaat uit energiegebruik voor alle huishoudelijke apparaten, hulpenergie en verlichting. Het energiegebruik voor ruimteverwarming en warmtapwater is niet opgenomen in het energiegebruik voor huishoudelijk + hulpenergie. In de grafiek 8.6.2 is per woning aangegeven wat 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
<b>Gemiddeld per huishouden</b>	<b>3.312</b>

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 <sup>2</sup> ]	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
<b>Gemiddelde</b>	<b>3</b>	<b>211</b>	<b>3.990</b>	<b>4.714</b>

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
<b>Gezinssamenstelling</b>	Berekening	4	4	6,1	2
	Werkelijk	3	4	4	2
<b>Huishoudelijk [kWh]</b>	Berekening	3.381	2.173	3.500	2.735
	Werkelijk	2.885	2.870	6.878	2.608
<b>Huishoudelijk [kWh]</b>	Aangepaste PHPP berekening	2.933	2.779	4.458	-

Tabel 8.6.4: Energiegebruik huishoudelijk

## Conclusie

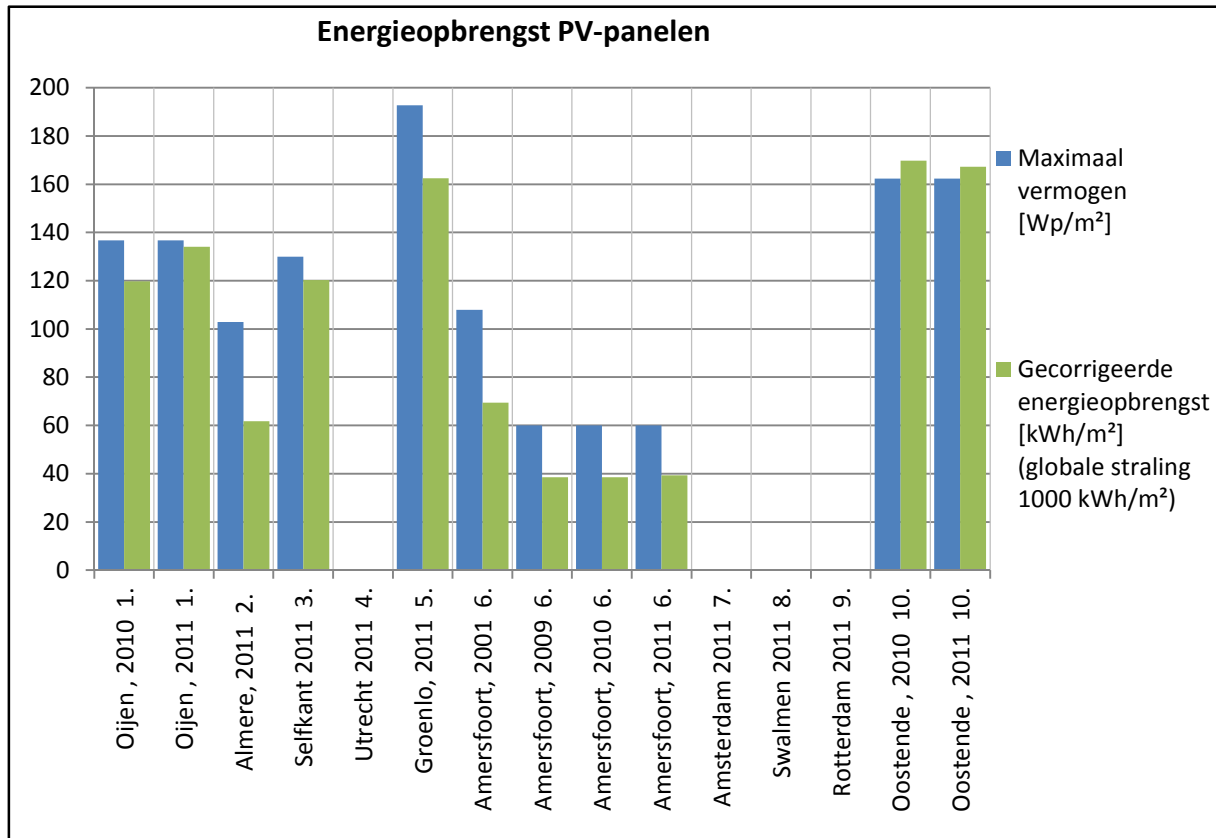
- Als de berekening van de woning in de Utrecht wordt aangepast voor het werkelijk energiegebruik voor de gezinssamenstelling is het totale energiegebruik 2.933 kWh zoals weergegeven in tabel 8.6.4. Het verschil tussen het aangepaste energiegebruik 2.933 kWh en het werkelijke energiegebruik 2.885 kWh 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/m<sup>2</sup> globale straling. De 1.000 kWh/m<sup>2</sup> 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/m<sup>2</sup>.

Woningen, periode	Maximaal vermogen [Wp]	Werkelijke opbrengst [kWh]	kWh/Wp Werkelijk	Globale straling werkelijk [kWh/m <sup>2</sup> ]	Gecorrigeerde opbrengst (gl. straling 1000 kWh/m <sup>2</sup> )	kWh/Wp (globale straling 1000 kWh/m <sup>2</sup> )
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
<b>Gemiddelde</b>	<b>5.396</b>	<b>4.128</b>	<b>0,86</b>	<b>1.058</b>	<b>3.908</b>	<b>0,81</b>

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/m<sup>2</sup>. 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
<b>Gemiddelde</b>			<b>1.600</b>	<b>433</b>

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/m<sup>2</sup> en EPW berekening met 6,0 W/m<sup>2</sup>. 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/m<sup>2</sup>. 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?'

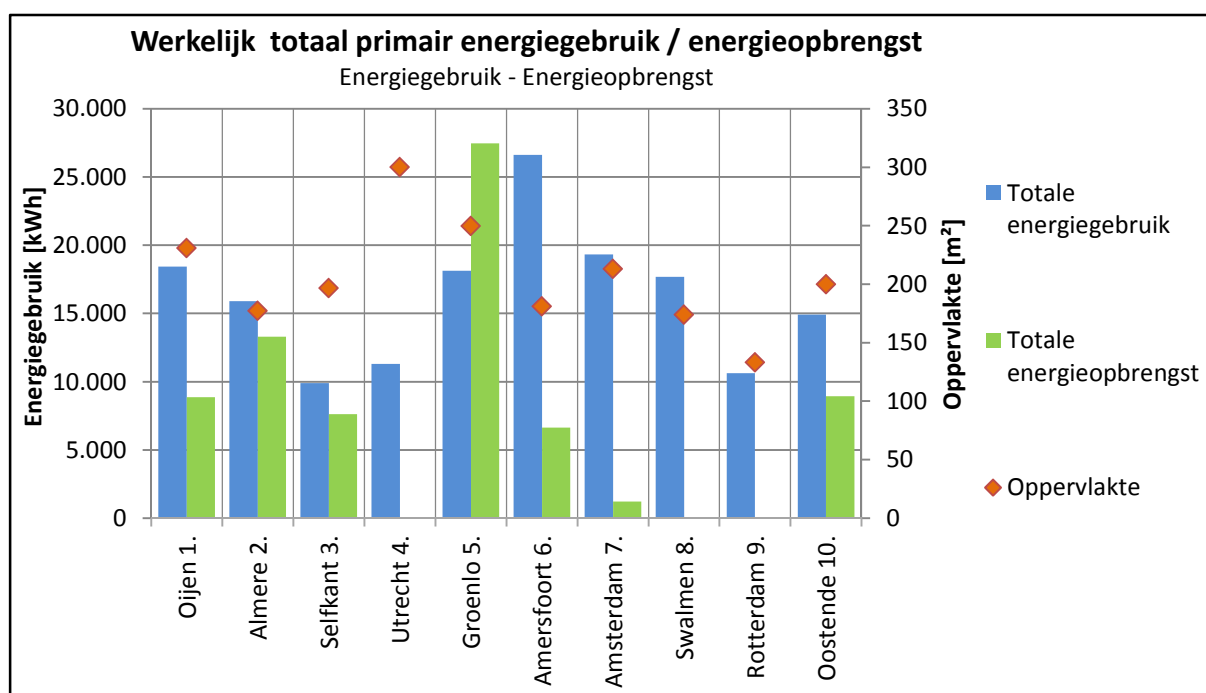
In dit hoofdstuk zijn alle gerealiseerde woningen onderzocht op de haalbaarheid van 'energie neutraal'. Zijn de woningen 'energie neutraal' of kan de woning in de toekomst nog 'energie neutraal' gerealiseerd worden. In §9.1 zijn de woningen naast elkaar gezet om het totale energiegebruik en energieopbrengst 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 <sup>3</sup>	→ 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 <sup>2</sup> ]	Primaire energieopbrengst [kWh/m <sup>2</sup> ]	Verschil gebruik – opbrengst [kWh/m <sup>2</sup> ]	Eis gebruik – opbrengst [kWh/m <sup>2</sup> ]	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/m<sup>2</sup>. 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/m<sup>2</sup> (Passiefhuis Platform) kleiner zijn dan 15 kWh/m<sup>2</sup>. 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 50m<sup>2</sup> 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/m<sup>2</sup>. De grotere warmtevraag van de woning wordt veroorzaakt door het toepassen van natuurlijke ventilatietoevoer. Bij het toepassen van een ventilatiesysteem met balansventilatie en een WTW-unit is de warmtevraag volgens de PHPP berekening 12 kWh/m<sup>2</sup>. De woning wordt niet bewoond, alleen gebruik als demonstratiewoning hierdoor is het werkelijke energiegebruik lager dan vooraf berekend. De energieopbrengst van de PV-panelen en windturbine zijn nog te laag om het energiegebruik 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/m<sup>2</sup>. Het grotere energiegebruik 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 energiegebruik 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 woningen zal het energiegebruik 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<sup>-1</sup>. (passief bouweneis 0,6h<sup>-1</sup>)

## 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 energiegebruik 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/m<sup>2</sup> te houden. Het energiegebruik wordt niet volledig gecompenseerd, dit wordt veroorzaakt door het hoge energiegebruik 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/m<sup>2</sup>. 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/m<sup>2</sup>. 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/m<sup>2</sup>. 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/m<sup>2</sup>) 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 / Energienu, Energieleverend / Energieplus, CO<sub>2</sub>-neutraal / CO<sub>2</sub>-emmissievrij en Klimaatneutraal. De definitie ‘CO<sub>2</sub>-neutraal’ gaat veel verder dan alleen het energiegebruik van de woning, het is niet goed te bepalen of de woning CO<sub>2</sub>-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/m<sup>2</sup> (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 (energie-nul, 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/m<sup>2</sup>. 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/m<sup>2</sup>. 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/m<sup>2</sup> 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 in een passiefhuis heeft invloed op de totale warmtevraag voor ruimteverwarming. De interne warmte bij de onderzochte passiefhuizen liggen rond de  $3 \text{ W/m}^2$  (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 CO<sub>2</sub> 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**

Ergieneutraal 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 CO<sub>2</sub> - neutrale stedenbouw  
Nico Tillie, projectleider CO<sub>2</sub> - 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](http://www.energiebalanswoningamersfoort.nl)

Geraadpleegd op: 30-11-2011

### **Israëls / Stofberg, 2010**

EnergieVademecum, Energiebewust ontwerpen van nieuwbouwwoningen.

3<sup>e</sup> 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<sup>e</sup> 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](http://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, CO<sub>2</sub>-neutrale en klimaatneutrale projecten In de gebouwde omgeving.

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

Datum: oktober 2009

**P<sup>+</sup> 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](http://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](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
<b>1. Amsterdam, Steigereiland 2.0</b> 	Energie neutraal, Passiefhuis, Cradle to Cradle	PHPP warmtevraag, PHPP energiegebruik - Installatie - Huishoudelijk	Houtskelbouw (Rc 7/9 m <sup>2</sup> k/W), Luchtdichtheid(n50): 0,53/h <sup>-1</sup> Pelletkachel, Vacuümbuis zonnecollectoren, Windturbine	Plugwise 2 á 3 weken, Meterstanden (2010/2011), Opbrengst windturbine (2011)
<b>2. Amersfoort, Energiebalanswoning Nieuwland</b> 	Energie neutraal, Trias Energetica	EPC, Aannames	Traditioneel gebouwd (Rc 3,5 m <sup>2</sup> k/W), Warmtepomp, Zonnecollectoren, Zonnepanelen	Specifiek monitoring over 1 jaar (2001/2002 REMU-DWA-Ecofys), Energiegebruik- en opbrengstgegevens bewoner (2009 t/m 2011)
<b>3. Selfkant, Passiefhuis (Duitsland)</b> 	Passiefhuis, Financieel voordelig	PHPP warmtevraag, PHPP primair energiegebruik	Traditioneel gebouwd (Rc 8/9 m <sup>2</sup> k/W), Luchtdichtheid(n50): 0,09/h <sup>-1</sup> , Pelletkachel, Zonnepanelen	Totale energiegebruik- en opbrengstgegevens
<b>4. Rotterdam, Sleephellingstraat</b> 	Passiefhuis renovatie (25 kWh/m <sup>2</sup> )	PHPP warmtevraag, PHPP primair energiegebruik	Renovatie (Rc 5,5 t/m 10 m <sup>2</sup> k/W), Combiketel(gas), Zonnecollectoren, Hotfill	Meterstanden eerste 1,5 jaar (2009/2010)
<b>5. Groenlo, Nulwoning</b> 	Energie neutraal, Passiefhuis, Duurzaamheid, hoog comfort	PHPP warmtevraag, PHPP primair energiegebruik Greencalc+	Houtskelbouw (Rc 5,2 t/m 10,2 m <sup>2</sup> k/W) Luchtdichtheid(n50): 0,4/h <sup>-1</sup> , Warmtepomp Zonnecollectoren, Douchewater-WTW, Zonnepanelen.	Energiegebruik- en opbrengstgegevens, Specifieke metingen ventilatiesysteem
<b>6. Swalmen, Passiefhuisnu.nl</b> 	Passiefhuis	PHPP warmtevraag, PHPP primair energiegebruik	Beton casco (Rc 7,1 t/m 10 m <sup>2</sup> k/W), Luchtdichtheid(n50): 0,6/h <sup>-1</sup> , Warmtepomp	Totale energiegebruik- en opbrengstgegevens bewoner
<b>7. Oijen, Onspassiefhuis</b> 	Passiefhuis	PHPP warmtevraag, Aannames - Warmtapwater - Installaties - Huishoudelijk	Houtskelbouw, (Rc 6,5 t/m 8,3 m <sup>2</sup> k/W), Luchtdichtheid(n50): 0,49/h <sup>-1</sup> , Pelletkachel, Luchtwarmtepomp, Vacuümbuis zonnecollectoren, Douchewater-WTW, Zonnepanelen	Meerdere meterstanden, Gebruik/opbrengsten (2009/2010/2011), Plugwise 2 weken (installaties), Temperatuur dataloggers
<b>8. Utrecht, Passiefhuis</b> 	Passiefhuis, Gezond binnenklimaat.	PHPP warmtevraag, PHPP primair energiegebruik	Isorast bouwsysteem (Gietbouw), ( Rc 7,1/9,1/12,5 m <sup>2</sup> k/W), Luchtdichtheid(n50): 0,22/h <sup>-1</sup> , Warmtepomp, Zonnecollectoren (werkt nog niet)	Plugwise 2 weken ventilatie en apparaten gemeten, Meterstanden, Temperatuur dataloggers
<b>9. Almere, Columbuskwartier</b> 	Klimaatneutraal	PHPP warmtevraag, Aannames	Giet/ houtskelbouw (Rc 7,5 m <sup>2</sup> k/W) Natuurlijke toevoer/ mechanische afvoer Luchtwarmtepomp, Douchewater-WTW Zonnecollectoren Zonnepanelen Windturbine (2 st.)	Meterstanden energiegebruik en opbrengstgegevens
<b>10. Oostende, Passiefhuis (Lage energie) (België)</b> 	Energiezuinig	K-waarde (E-peil)	Traditioneel gebouwd, luchtdichtheid(n50): 1,67/h <sup>-1</sup> , 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
	<b>Literatuurlijst</b>	<b>47</b>

## 1.1. Oijen, Ons Passiefhuis

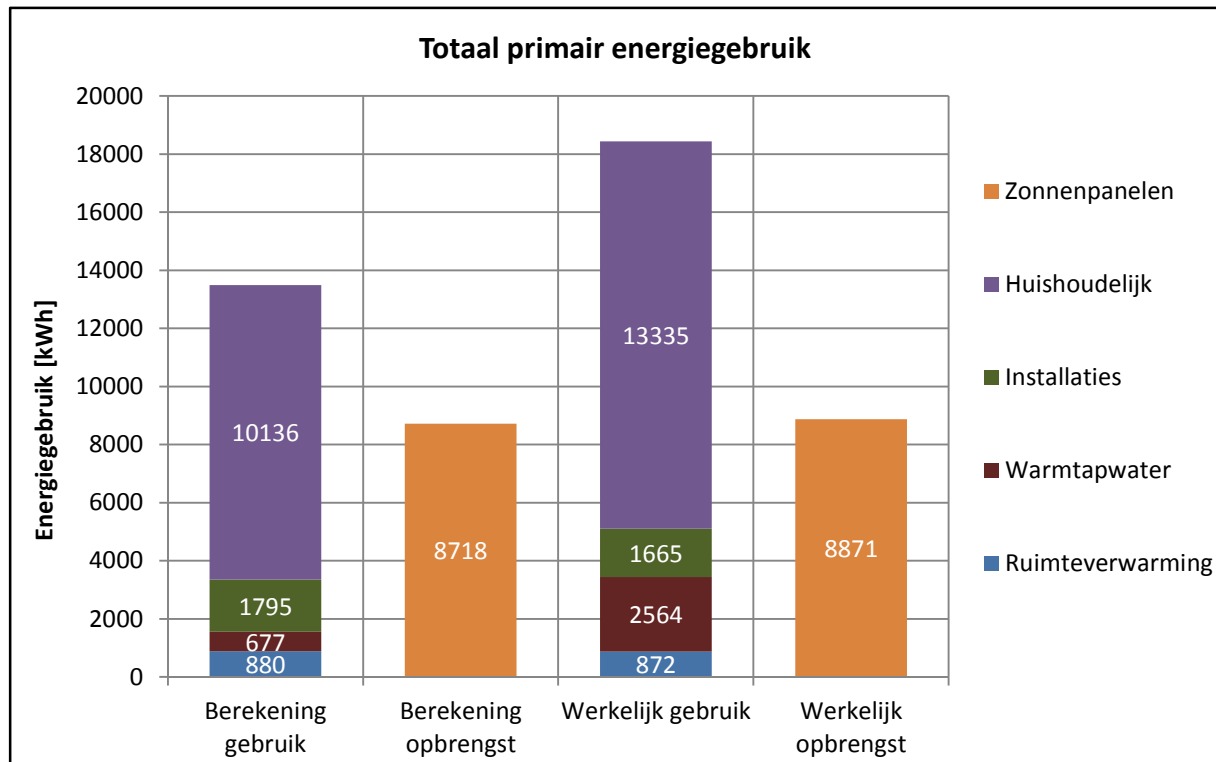
Het energiegebruik van de woning in Oijen is geanalyseerd. Het energiegebruik van hulpenergie voor installaties en enkele huishoudelijke apparaten zijn in totaal twee weken gemeten. Daarnaast is de temperatuur in verschillende ruimten gemonitord. De gemeten temperaturen in de woning zijn gemonitord met 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](http://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/m<sup>2</sup>)
- Specifieke warmtevraag, maandmethode: 3.974 kWh (17,2 kWh/m<sup>2</sup>)

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 16,5<sup>1</sup> 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](http://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
<b>Jaarlijkse warmtevraag:</b>	<b>3.974 kWh</b>	

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
<b>Jaarlijkse warmtevraag:</b>	<b>4.264 kWh</b>	

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 225m<sup>3</sup>/h geventileerd wordt en 2 uur per dag 300 m<sup>3</sup>/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 warmteterugwinnings-efficiëntie in de berekening uit op 85,1%.

In werkelijkheid is de ventilatiecapaciteit 200 m<sup>3</sup>/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/m<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> volgens de PHPP berekening	1.414	1.414	Aanname zonnecollector gelijk in werkelijk
<b>Aanname berekening 3 personen</b>	<b>2.348</b>	<b>2.564</b>	

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 m<sup>3</sup> warmwater, het totale watergebruik over een jaar is ongeveer 190 m<sup>3</sup>.

##### Verschil

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
<b>Totaal</b>		<b>700</b>

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 m<sup>3</sup>/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
<b>Totaal</b>	<b>649</b>

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.

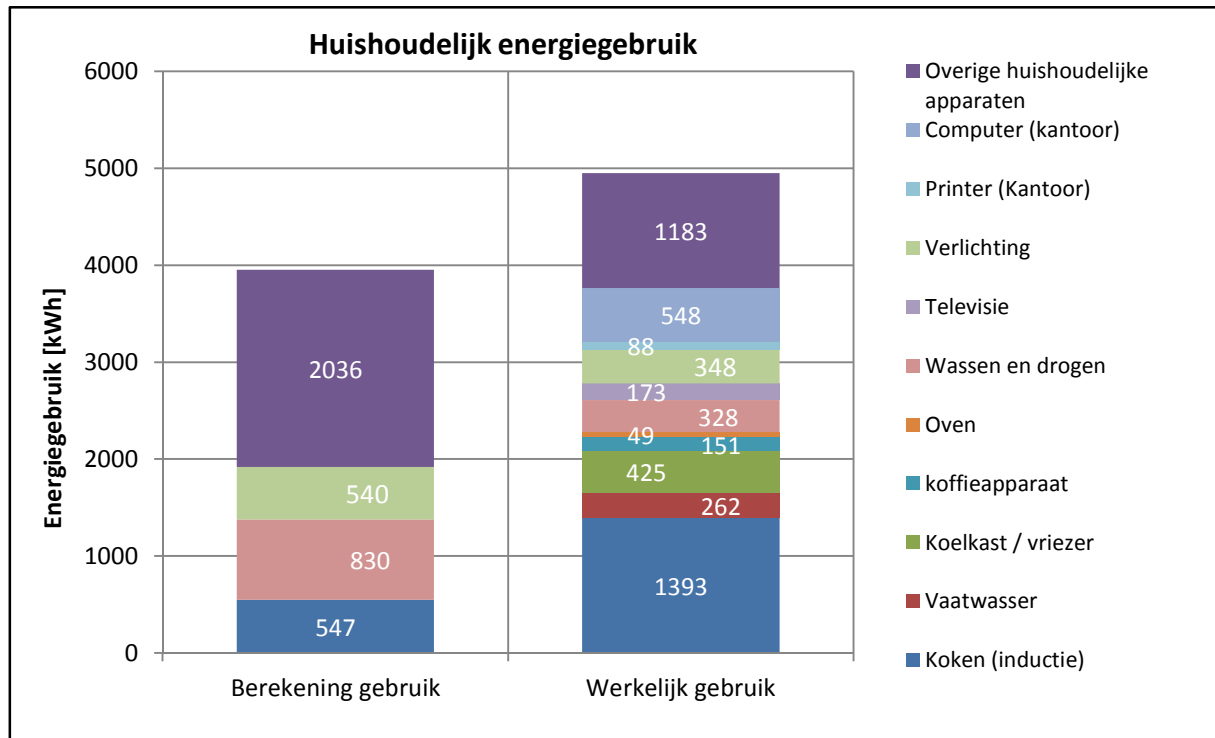
Verdeling energiegebruik	Bron	Berekening [kWh]
Wassen en drogen	BEK, 2000	830
Verlichting	Milieu centraal	540
Diverse elektrische apparaten		2.036
<b>Subtotaal</b>		<b>3.406</b>
Koken op elektra	BEK, 2000	547
Hulpenergie (ventilatie, pompen)	Milieu centraal	700
<b>Totaal</b>		<b>4.653</b>

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
<b>Totaal</b>	<b>3.953</b>	<b>5.201</b>

Tabel 1.1.11: Verdeling huishoudelijk energiegebruik



Grafiek 1.1.12: Verdeling huishoudelijk energiegebruik

### Verlichting

Het aangenomen energiegebruik voor verlichting ligt hoger dan het werkelijke energiegebruik. Het lagere energiegebruik 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 energiegebruik van de verlichting is onzeker doordat voor de hoeveelheid branduren van de lampen in het jaar een aanname is gedaan.

### Koken

Het Nederlandse gemiddelde energiegebruik 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 energiegebruik uitkomen op ongeveer 1.393 kWh per jaar.

### Wassen en drogen

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

### Overige huishoudelijke apparaten

Het verschil tussen het berekende en werkelijke huishoudelijk energiegebruik is te verklaren door de aanwezigheid van een kantoor aan huis (computer, printer, ect.) en een pomp voor de zwembijver. Bij de verdeling van het werkelijk energiegebruik is 1.184 kWh nog onbekend. In de 1.184 kWh die onbekend is, zitten de kleine huishoudelijk apparaten zoals het energiegebruik 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 m<sup>2</sup>. 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
			<b>3.460</b>	<b>0,99</b>

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
			<b>3.236</b>	<b>0,93</b>

Tabel 1.1.14: Overzicht gecorrigeerde energieopbrengst

## 1.2 Almere, Columbuskwartier 'Klimaatneutraal'

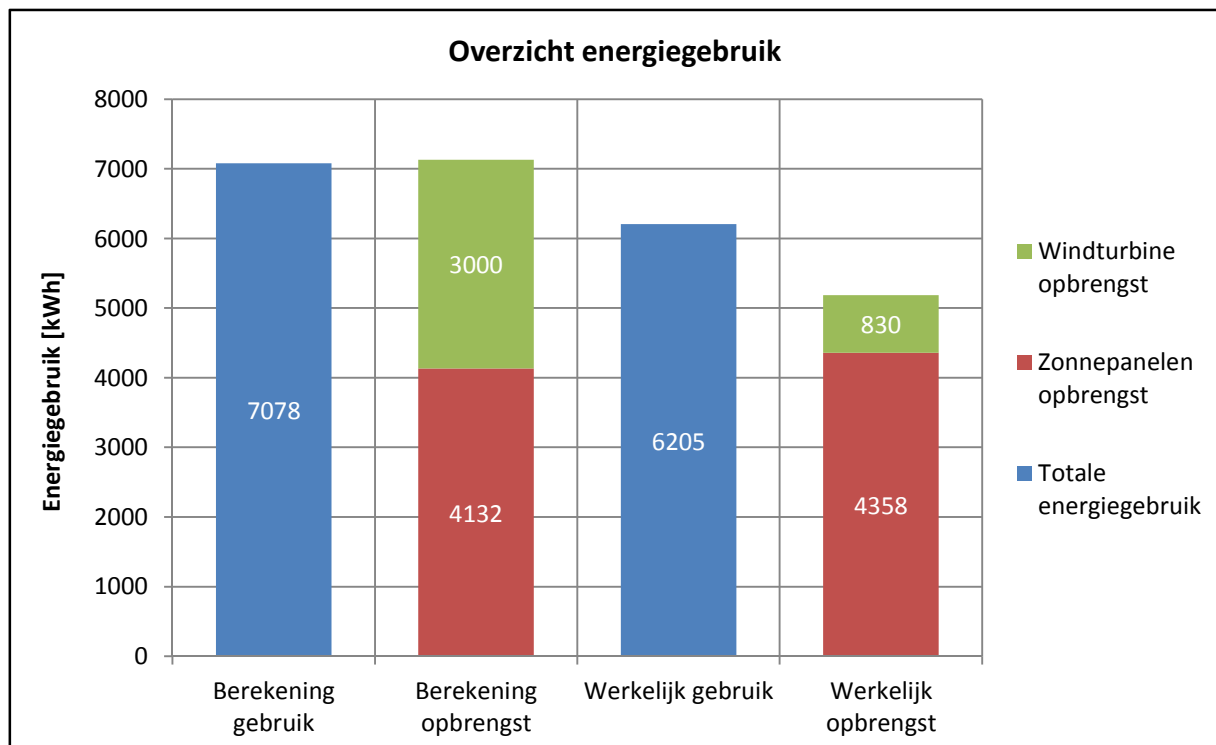
Het energiegebruik van de 'klimaatneutrale' woning in Almere is geanalyseerd voor dit onderzoek. De woning in Almere is een demonstratiewoning van Koopmans Bouwgroep. De woning wordt gebruikt voor het houden van presentaties en rondleidingen. Voor dit onderzoek is het energiegebruik en de energieopbrengst 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](http://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/m<sup>2</sup>. Het totale oppervlak van de woning is 197,27 m<sup>2</sup>. 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 m<sup>2</sup> 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](http://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/m<sup>2</sup>, dit is meer dan het Nederlands gemiddelde hoeveelheid straling per jaar van 1.000 kWh/m<sup>2</sup>. 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]
<b>Werkelijk</b>	10-2010 t/m 10-2011	7.645	4.358	0,57
<b>Gecorrigeerd</b>	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

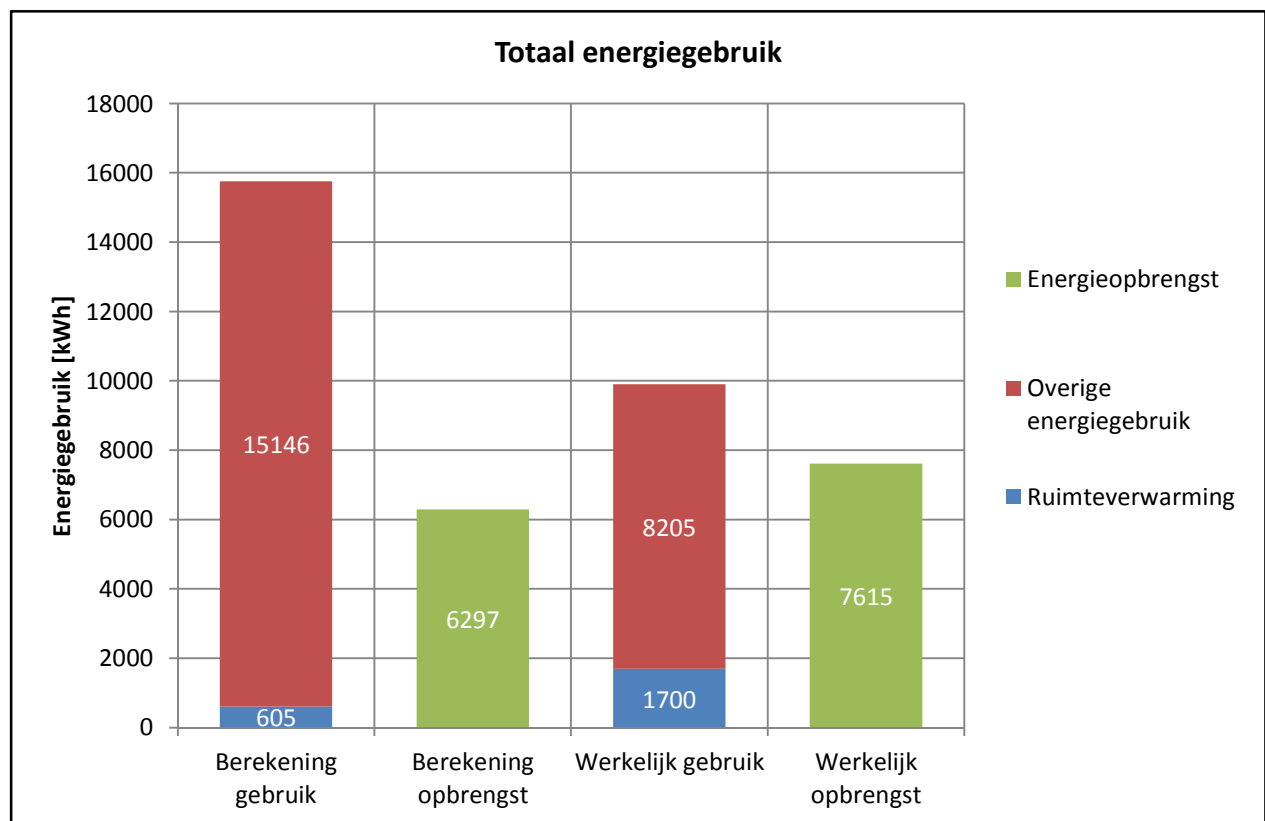
De woning is gebouwd in de Duitse plaats Selfkant en is opgeleverd in 2009. Uit de PHPP berekening zijn voor dit onderzoek zijn de uitkomsten van de PHPP berekening bekend van het totaal primaire energiegebruik, energieopbrengst en de warmtevraag. In §1.3.1 is een overzicht van het totaal energiegebruik 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](http://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/m<sup>2</sup>. De woning heeft een oppervlak van 196,7m<sup>2</sup>. 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.

#### Verskil

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<sup>-1</sup> ingevoerd. In de gebruiksfase is er een luchtdichtheid gemeten van de thermische schil. De luchtdichtheid van de thermische schil was 0,09 h<sup>-1</sup>. 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/m<sup>2</sup> min de totale warmtevraag van 14 kWh/m<sup>2</sup> van de woning is het huishoudelijke energiegebruik. Het oppervlak van de woning is 197,97 m<sup>2</sup>. 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		
<b>Totale primaire energievraag</b>	<b>15.146</b>	<b>8.205</b>

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/m<sup>2</sup>. 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](http://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

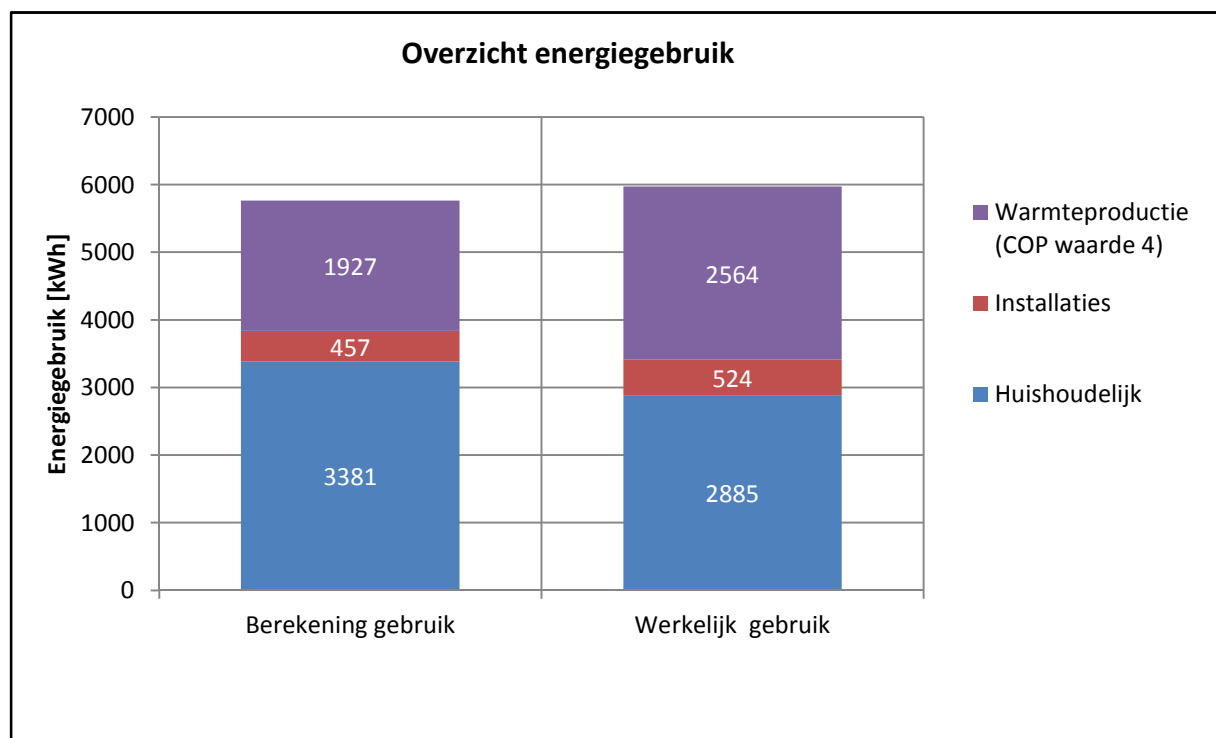
Het energiegebruik van de woning in Utrecht is geanalyseerd. Het energiegebruik van de hulpenergie voor installaties en enkele huishoudelijke apparaten zijn in totaal twee weken (23-12-11 t/m 8-01-12) gemeten. De temperatuur gegevens van de woning zijn gemeten met dataloggers. In dit hoofdstuk zijn vergelijkingen 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](http://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/m<sup>2</sup>)
- Specifieke warmtevraag, maandmethode: 1.742 kWh (5,4 kWh/m<sup>2</sup>)

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 183m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/h. Bij de hoeveelheid ventilatiedebiet van 250 m<sup>3</sup>/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/m<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup>. 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 183m<sup>3</sup>/h in de PHPP berekening en de werkelijke ventilatiecapaciteit van 250 m<sup>3</sup>/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			
<b>Totaal</b>	<b>3.381</b>	<b>3.402</b>	

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			
<b>Totaal</b>	<b>2.933</b>		<b>2.885</b>

Tabel 1.4.4 Aangepast energiegebruik huishoudelijk + hulpenergie, Utrecht

## 1.5 Groenlo, Nulwoning

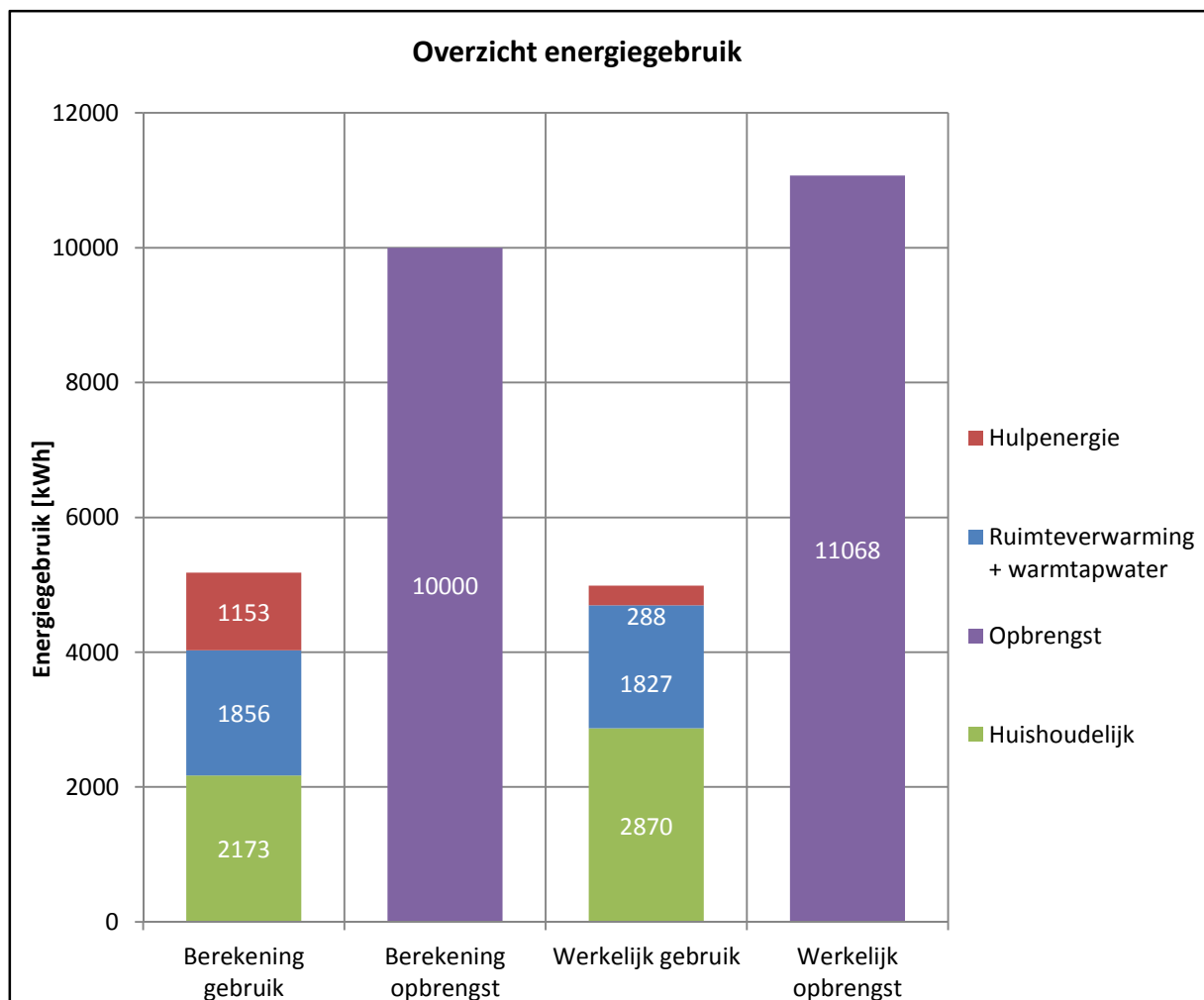
De Nulwoning in Groenlo is een passiehuus met een ecologische achtergrond. De energie opbrengst wordt gebruikt voor het energiegebruik in de woning en voor mobiliteit te compenseren. In de §1.5.1 is het totaal energiegebruik van de woning omschreven. Het totale energiegebruik van de woning is in de volgende 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](http://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/m<sup>2</sup>. 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 <sup>2</sup> ]	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 zonnwinst		7.457 kWh
· Interne warmtebronnen		0 kWh
<b>Jaarlijkse warmtevraag:</b>	<b>3660 kWh</b>	<b>14,7 kWh/ m<sup>2</sup></b>

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 zonnwinst		4.247 kWh
· Interne warmtebronnen		1.136 kWh
<b>Jaarlijkse warmtevraag:</b>	<b>1.684 kWh</b>	<b>6,7 kWh/ m<sup>2</sup></b>

Tabel 1.5.5: Warmtevraag volgens berekening(klimaatgegevens Hupsel)

## Verschil 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.

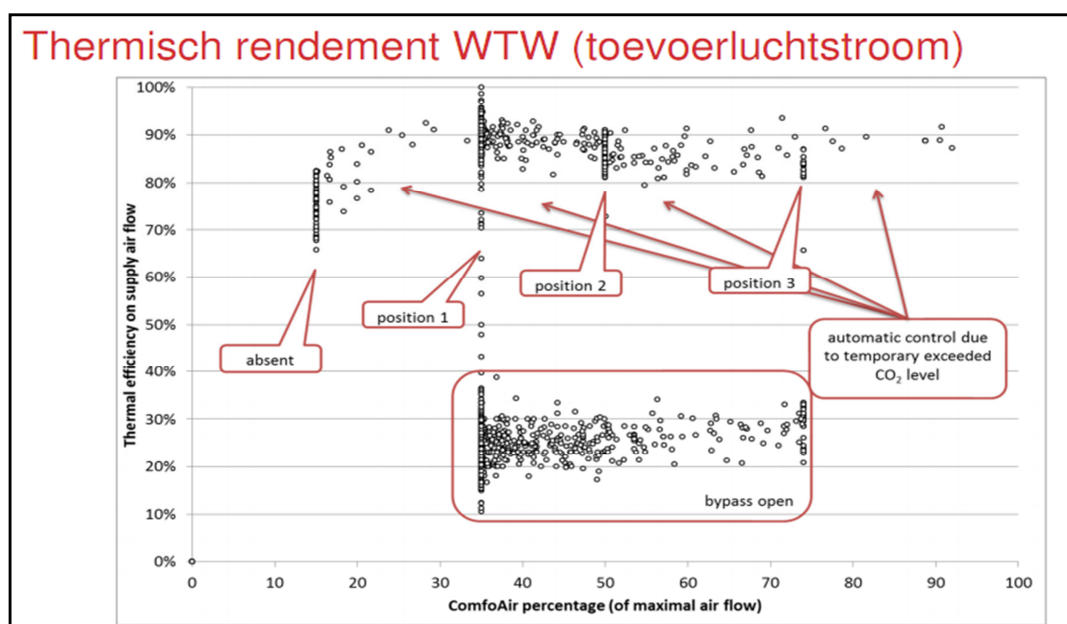
Verschil buitentemperatuur	jan	feb	mrt	apr	okt	nov	dec
Temperatuur 2011 Hupsel	2,8	3,8	5,5	12,2	10,7	6,2	5,6
Temperatuur 2011 De Bilt	2,1	2,1	5,0	7,6	10,6	5,5	3,3
Verschil Hupsel - De Bilt	0,6	1,7	0,6	4,6	0,1	0,6	2,3

Tabel 1.5.6: Verschil 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 160/170m<sup>3</sup>/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

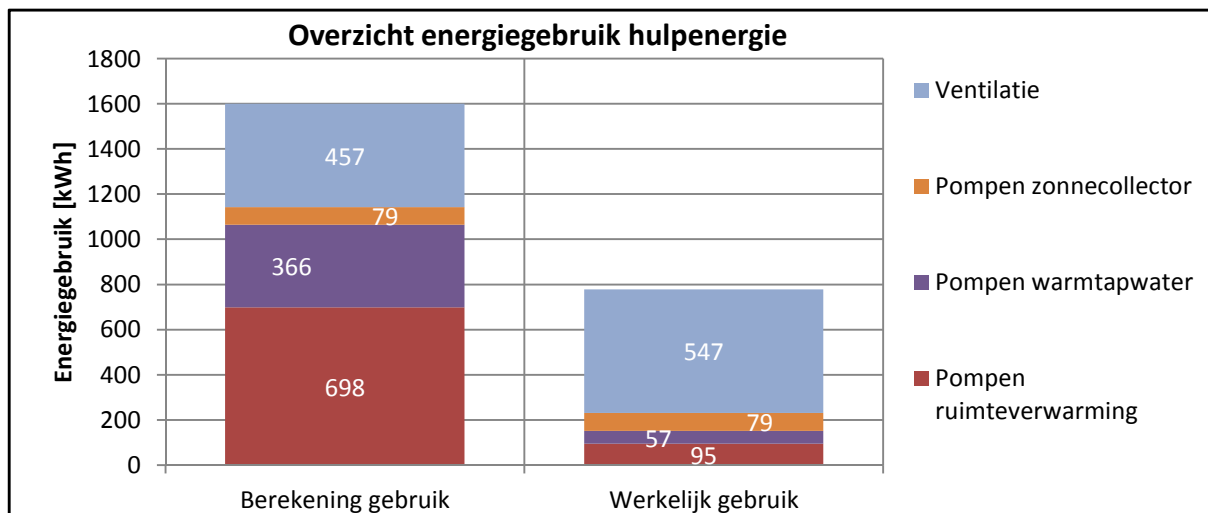
Het verschil tussen de berekening 2523 kWh en de werkelijkheid 1200 kWh is ongeveer 1323 kWh. In de berekening is geen douchewater-WTW opgenomen in de berekening. De besparing door de douchewater-WTW is geen 50%. Het verschil is tussen de berekening en de werkelijkheid is niet te verklaren.



### 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.

### Verschil

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](http://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.

### Verschil

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

De globale straling in de meetperiode was ongeveer 1.055 kWh/m<sup>2</sup>. 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

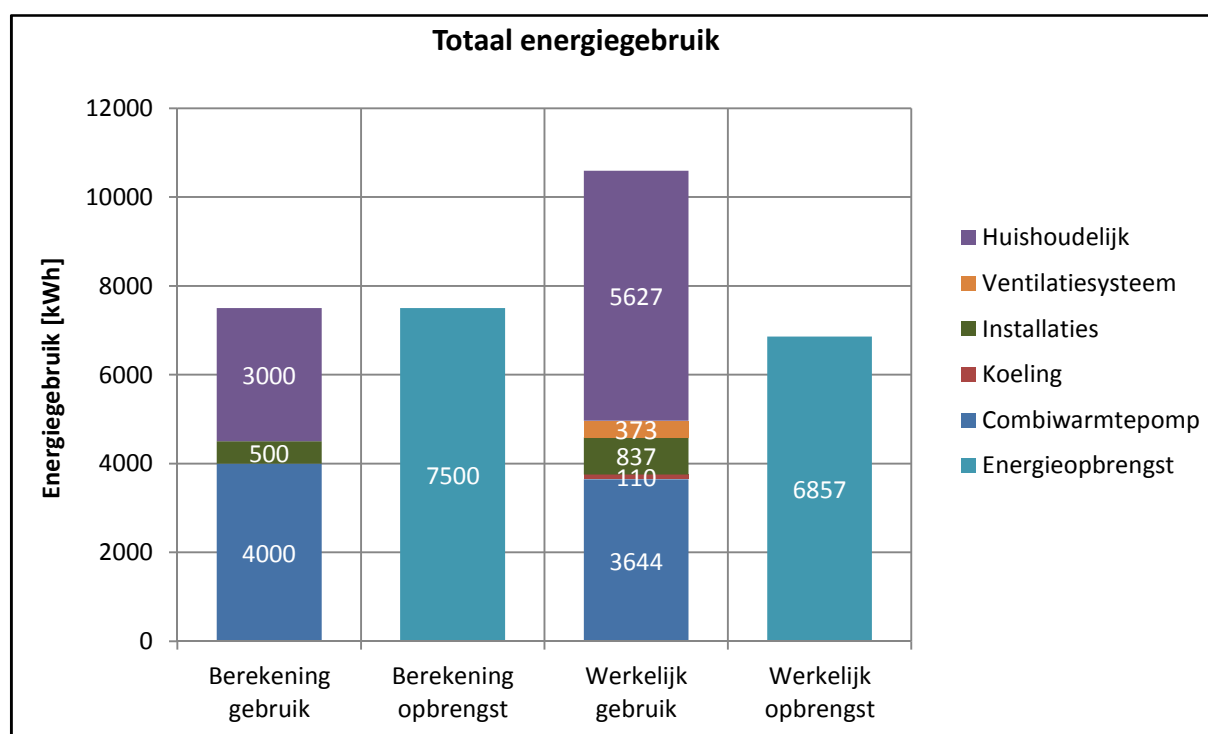
De energiebalanswoning is de in de periode van april 2001 t/m maart 2002 gemonitord. In opdracht van Novem is er door DWA en Ecofys onderzoek gedaan naar het energiegebruik in de woning. Het energiegebruik voor hulpenergie van alle installaties is de tijdens de meetperiode gemonitord. In dit rapport 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 energiegebruik 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 energiegebruik van de woning verder toegelicht. In §1.6.2 ruimtewarming is de warmtevraag en het energiegebruik van het verwarmingssysteem toegelicht. In §1.6.3 warmtapwater is de warmtevraag en energiegebruik voor warmtapwater uitgelicht. Het energiegebruik van hulpenergie voor installatie is in §1.6.4 omschreven. Het huishoudelijke energiegebruik 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 energiegebruik

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



Grafiek 1.6.2: Totaal energiegebruik

## 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/m<sup>2</sup>. 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 <sup>2</sup> ]	Berekening			Werkelijk		
		[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh]	COP 4	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[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

### Verschil

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 m<sup>2</sup>. 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

## Verschil

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
<b>Totaal</b>	<b>500</b>	<b>1.209</b>

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.

#### Verschil

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
<b>Gemiddeld</b>	<b>9.722</b>	<b>4.973</b>	<b>4.749</b>

Tabel 1.6.7: Overzicht huishoudelijk energiegebruik

## Verschil

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.

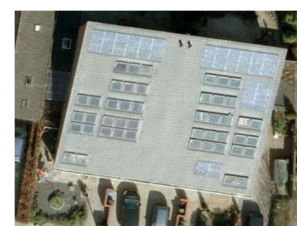
### 1.6.6 Energieopbrengst

#### 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](http://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
<b>Gemiddeld</b>				<b>0,67</b>

Tabel 1.6.9: Overzicht PV-panelen

#### Verschil

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/m<sup>2</sup>. 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 <sup>2</sup> ]	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
<b>Gemiddeld</b>					<b>0,64</b>

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

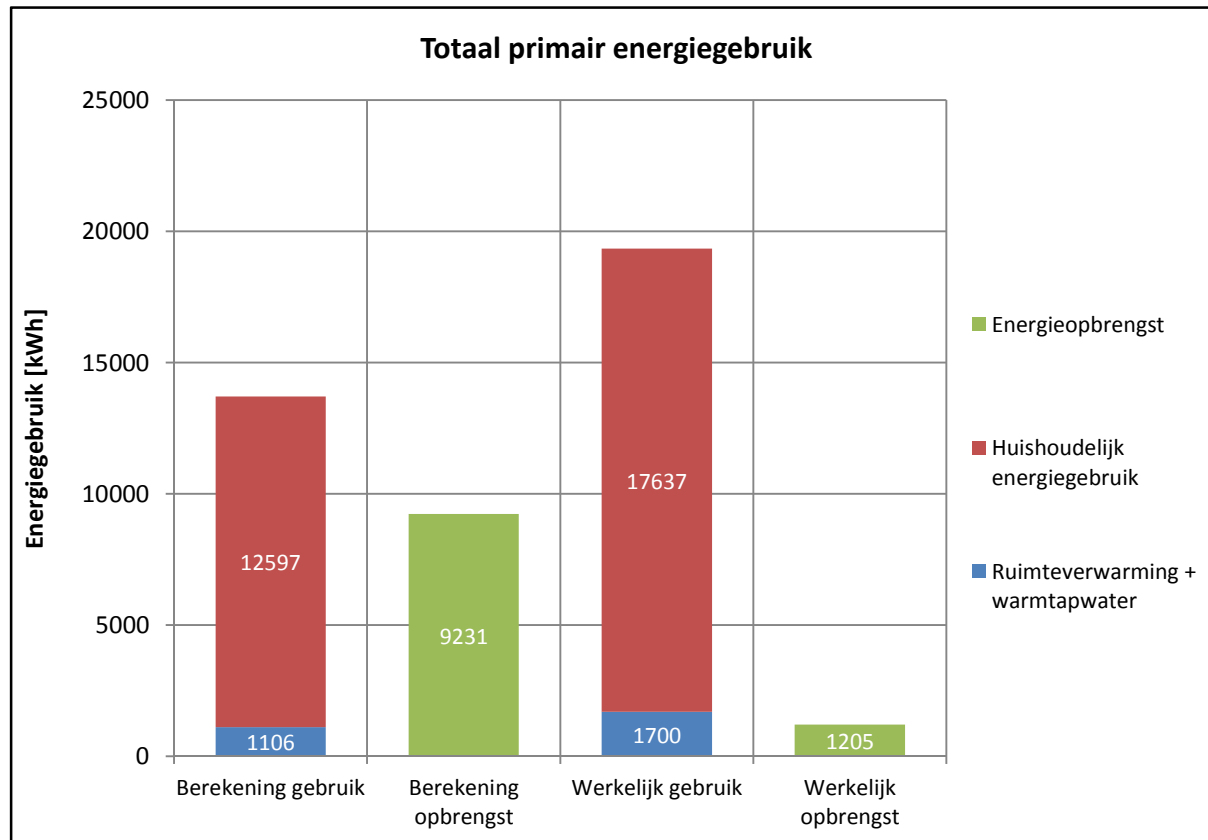
Het energiegebruik van verschillende huishoudelijke apparaten en hulpenergie zijn van de woning over een periode van 2 weken gemeten maar het meetsysteem hoeft door omstandigheden niet goed gefunctioneerd. De woning is gerealiseerd met een passiefhuis achtergrond. De ambitie van de opdrachtgever was 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.



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/m<sup>2</sup>)
- Specifieke warmtevraag, maandmethode: 2.851 kWh (13,4 kWh/m<sup>2</sup>)

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
<b>Jaarlijkse warmtevraag:</b>	<b>3.974 kWh</b>	

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
<b>Jaarlijkse warmtevraag:</b>	<b>1.422 kWh</b>	

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 m<sup>2</sup> 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 m<sup>3</sup>/h ventileert. In werkelijkheid is de ventilatiecapaciteit 145 m<sup>3</sup>/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 m<sup>2</sup> 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 m<sup>3</sup>/h.

#### Werkelijk

Het ventilatiesysteem is CO<sub>2</sub> gestuurd, de ventilatiecapaciteit is in de werkelijkheid gemiddeld 145 m<sup>3</sup>/h. Het jaarlijks energiegebruik van het ventilatiesysteem dan is 285 kWh.



Afbeelding 1.7.7: Installatieruimte

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

#### Verschil

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 m<sup>3</sup>/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		
<b>Totaal</b>	<b>3.500</b>	<b>6.878</b>

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.architecturenewsplus.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

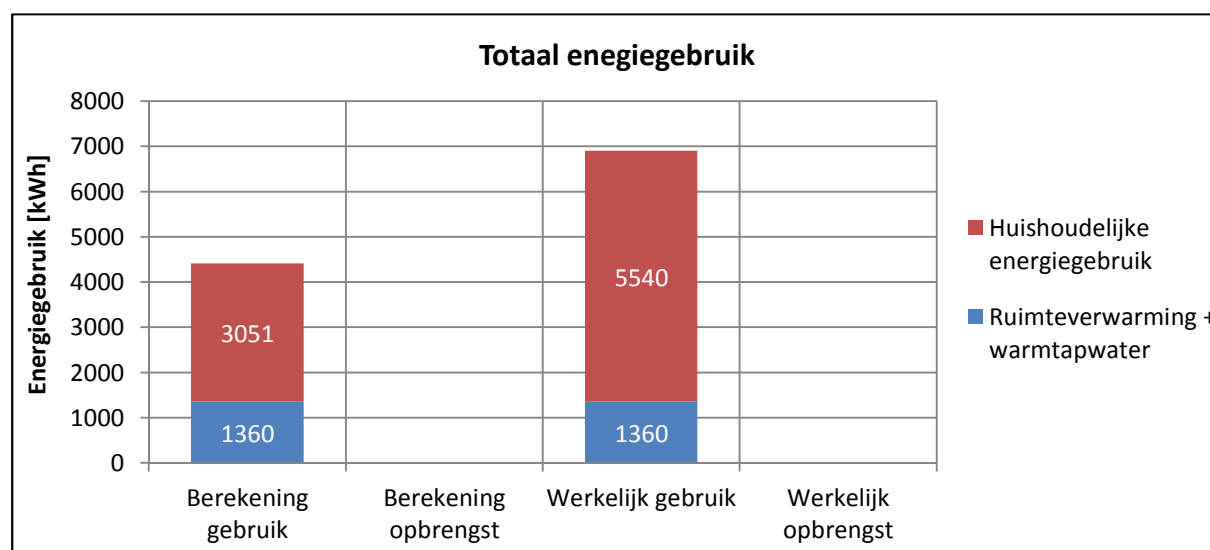
De woning is passiefhuis dat gerealiseerd in de plaats Swalmen in de provincie Limburg. Voor het energiegebruik is per onderdeel een vergelijking gemaakt tussen de berekening en de werkelijkheid. In §1.8.1 is het totaal primaire energiegebruik van de woning omschreven. De ruimteverwarming in combinatie 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](http://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/m<sup>2</sup>. Het totale vloeroppervlak van de woning is ongeveer 174 m<sup>2</sup>. 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		
<b>Totaal</b>	<b>4.411</b>	<b>6.900</b>

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/m<sup>2</sup>. 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 <sup>2</sup>	
PHPP berekening (primaire energie)	65 kWh/m <sup>2</sup>	4.411
Ruimteverwarming	15 kWh/m <sup>2</sup>	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		
Huishoudelijke apparaten	4.694	5.540
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

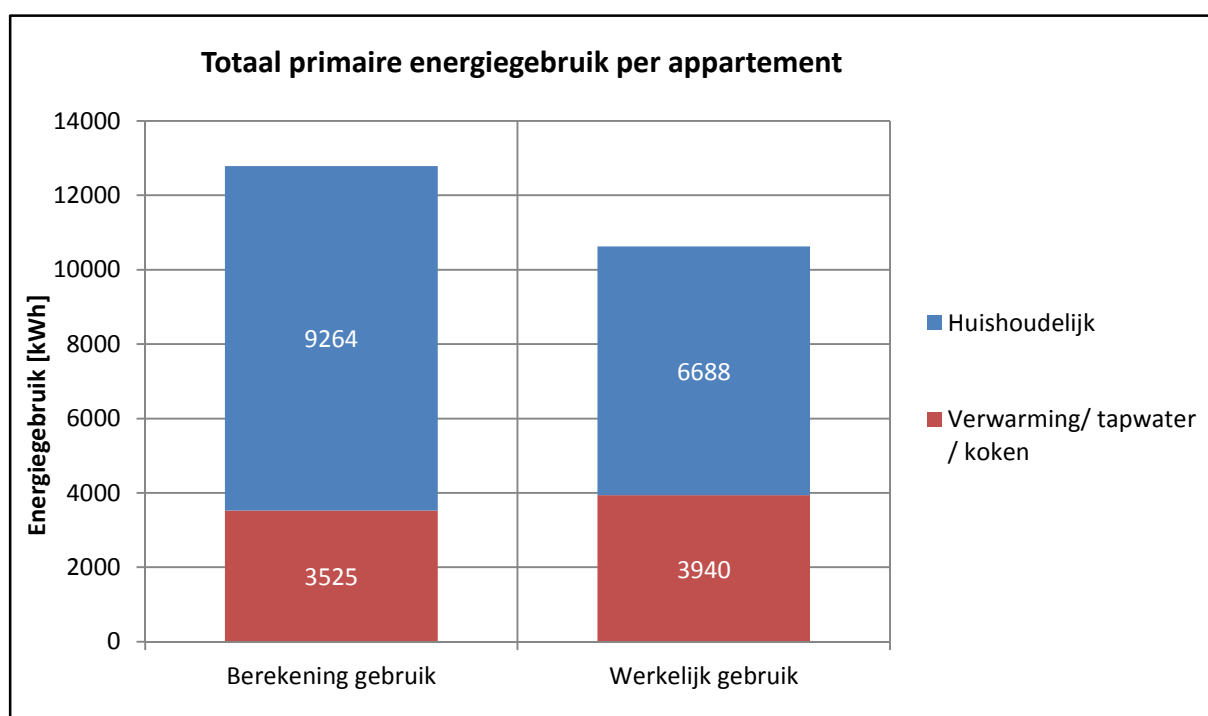
Aan de sleephellingstraat in Rotterdam is één van eerste appartementen in Nederland die passief is gerenoveerd. Het appartementencomplex is gerenoveerd door BAM woningbouw Rotterdam. Het energiegebruik is gemonitord door Adviesbureau DHV. De eerste anderhalf jaar is het gebruik van gas en elektriciteit 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](http://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/m<sup>2</sup>. 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/m<sup>2</sup>. 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 m<sup>3</sup> per jaar voor ruimteverwarming.

#### Werkelijk

In de werkelijkheid is het gemiddelde energiegebruik 403 m<sup>3</sup> gas per jaar. De hoeveelheid gas wordt gebruikt voor ruimteverwarming, warmtapwater en koken. Volgens het rapport van DHV wordt voor ruimteverwarming 190 m<sup>3</sup> gebruikt.

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

Tabel 1.9.3: Overzicht gasgebruik

#### Verschil

Het verschil tussen de berekening van 314 m<sup>3</sup> gas en het werkelijke energiegebruik van 403 m<sup>3</sup> is ongeveer 89 m<sup>3</sup>. Het verschil tussen de berekening en de verdeling volgens DHV voor ruimteverwarming is 124 m<sup>3</sup>. De aanname volgens DHV kan wel degelijk kloppen, maar dan betekent dat de berekende warmtevraag van 25,5 kWh/m<sup>2</sup> niet overeenkomt met werkelijkheid met 15,4 kWh/m<sup>2</sup>.

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

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	2.022			
Wassen en drogen				
Huishoudelijke apparaten				
Verlichting				
<b>Totaal</b>	<b>2.735</b>		<b>2.608</b>	

Tabel 1.9.5: Energiegebruik huishoudelijk + hulpenergie, Rotterdam

## Vershil

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

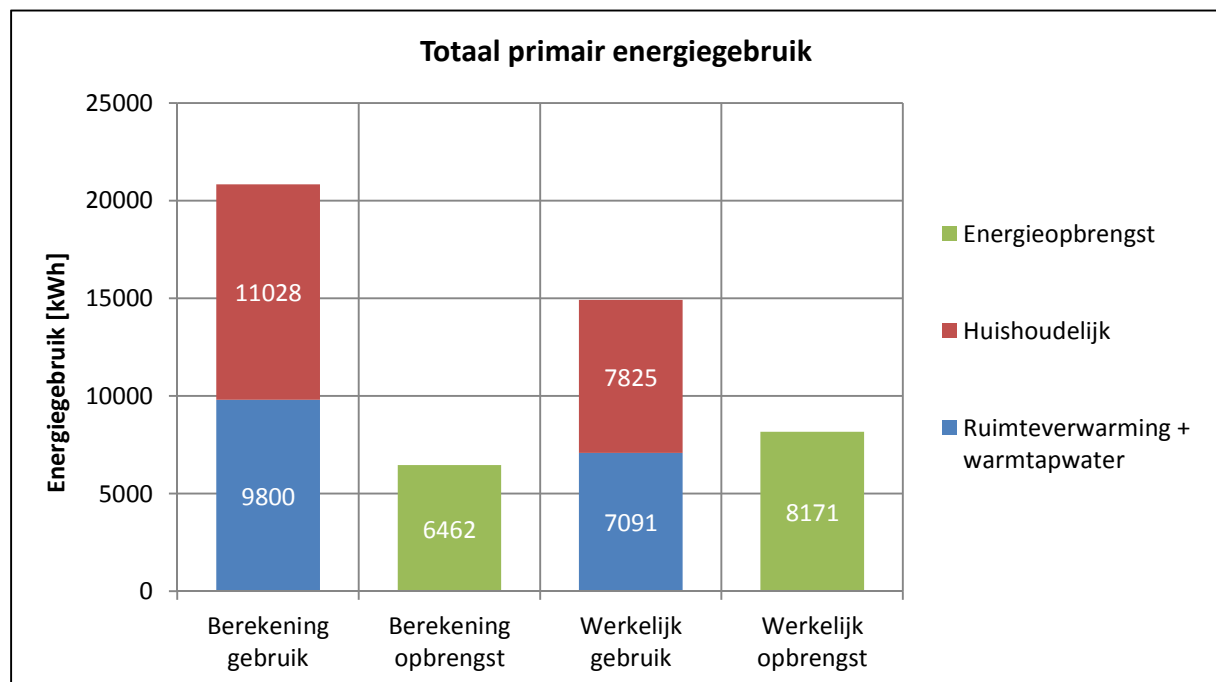
Het totale energiegebruik van de woning in Oostende is door de bewoner gemonitord. De woning is voorzien van PV-panelen en zonnecollectoren. De energievraag van de woning is niet berekend doormiddel van een EPW of PHPP berekening. Voor het energiegebruik zijn aannames gedaan doormiddel van gemiddeld 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](http://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 m<sup>3</sup>. Het gemiddelde gasgebruik van 1.000 m<sup>3</sup> 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
<b>Gemiddelde</b>	<b>3.189</b>	<b>508</b>	<b>3,25</b>

Tabel 1.10.3: Overzicht energiegebruik

#### Werkelijk

In de werkelijkheid is het gasgebruik over de jaren 2008, 2009 en 2011 gemiddeld 508 m<sup>3</sup>. Het houtgebruik is over dezelfde jaar gemiddeld 3,25 m<sup>3</sup>. Het gasgebruik van 508 m<sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> gas Nibud en 508 m <sup>3</sup> gas
Hout		10.563	3,25 m <sup>3</sup> hout * 650 kg * 5 kWh
<b>Primaire energievraag</b>	<b>9.800</b>	<b>7.091</b>	

Tabel 1.10.4: Overzicht ruimteverwarming + warmtapwater

#### Verschil

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.

#### Verschil

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
			<b>3.187</b>	<b>1,11</b>

Tabel 1.10.5: Overzicht werkelijke energieopbrengst

##### Verschil

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/m<sup>2</sup>. 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
			<b>3.187</b>	<b>1,04</b>

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](http://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. Rijksen, 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:

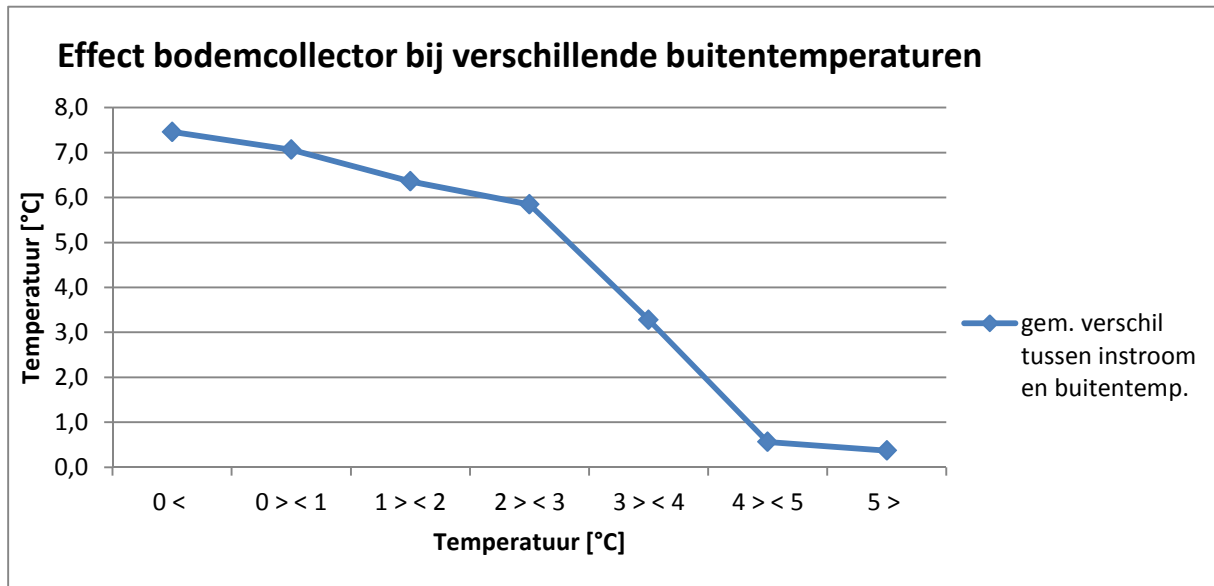
class	Flow (l/min)	Volume (l)	Efficiency (%)	Flow resistance ( $\Delta P$ ) (bar)
3	9.2	73	65.4	0.37
4, 5, 6	12.5	100	62.2	0.62

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



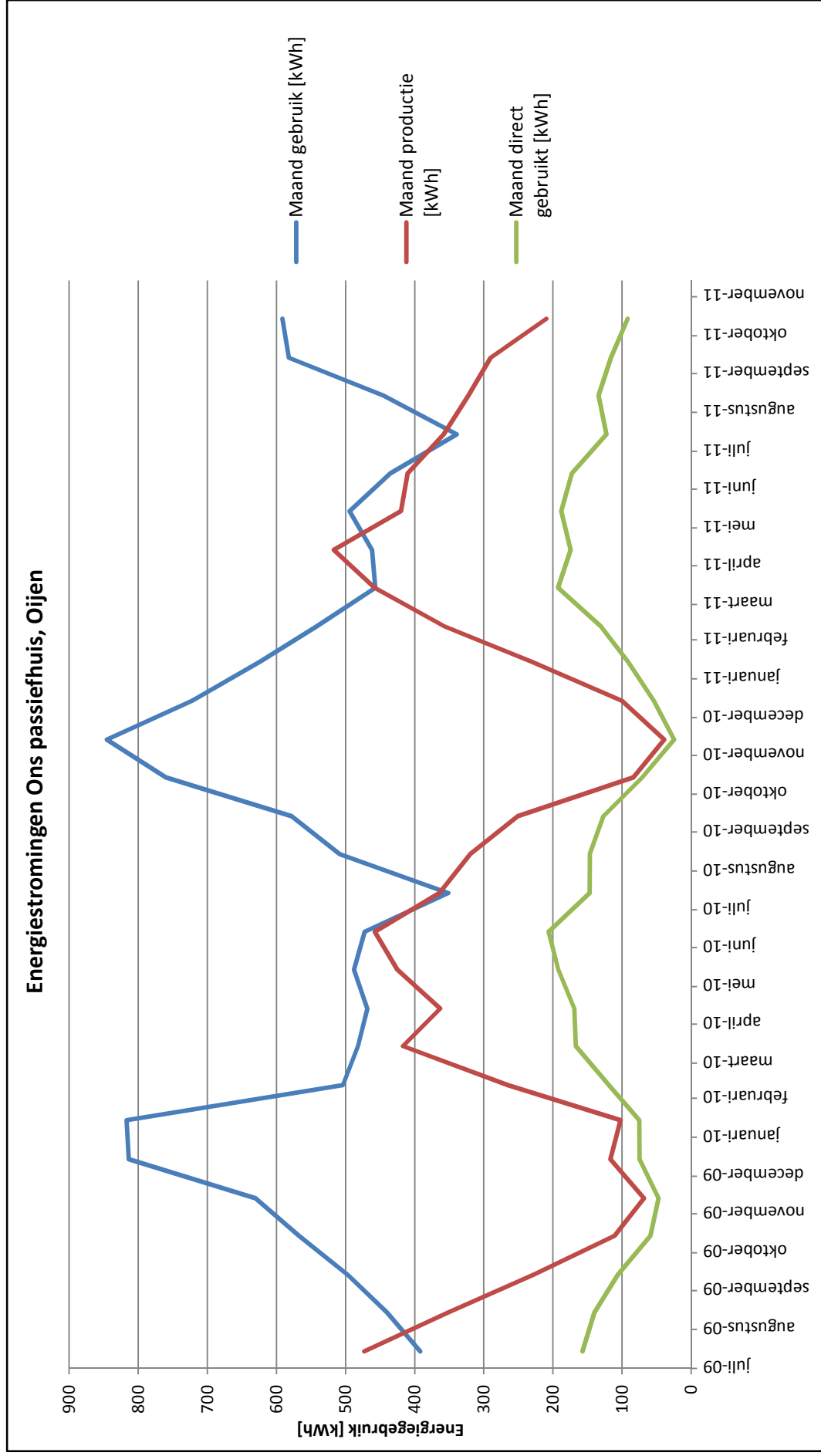
## Bijlage I.D: Onderbouwing aanname energieverbruik (Oijen)

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		
<b>Totaal</b>								<b>237</b>		<b>kWh</b>
Kantoor	4	7					830	23,2		
	15	2					830	24,9		
	2	20					830	33,2		
	6	6					830	29,9		
<b>Totaal</b>								<b>111</b>		<b>kWh</b>



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

### Bijlage I.G: Overzicht energiestromingen





## Bijlage II.A: Warmtepomp INNO-SWP 41

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

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

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

Verdichter	
Anzahl	1 Stück
Bauart	Scroll, vollhermet.
Stromart (V / Ph / Hz)	400 / 3 / 50
Drehzahl (min <sup>-1</sup> )	2950
Volumenstrom (m <sup>3</sup> /h)	8,1
max. Prüfüberdruck (bar)	30
Antriebsleistung (kW)	1,2
Anlaufstrom (A)	38
max. Betriebsstrom (A)	8,3

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	außen temperaturgeführte Mikroprozessoregelung

Kondensator	
Anzahl	1 Stück
Bauart	Plattenwärmetauscher
Anschlüsse	einseitig
Material	AISI 316 (Edelstahl)
max. Betriebsdruck max. Betriebstemp. (bar / °C)	30 / 150
Isolierung	PVC- und FCKW-frei
Nennvolumenstrom (m <sup>3</sup> /h)	1
Druckverlust bei Nennvolumenstrom (kPa)	< 35

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

Schutzart	
	IP 44

Verdampfer	
Anzahl	1 Stück
Bauart	Plattenwärmetauscher
Anschlüsse	einseitig
Material	AISI 316 (Edelstahl)
max. Betriebsdruck max. Betriebstemp. (bar / °C)	30 / 150
Isolierung	PVC- und FCKW-frei
Nennvolumenstrom (m <sup>3</sup> /h)	1,1
Druckverlust bei Nennvolumenstrom (kPa)	< 35

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)

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

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

**Motorschutzschalter 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  $\text{m}^2$  gebruiksoppervlakte van alle verwarmde zones zichtbaar.

Tijd [h]	Woonzone' [W/m <sup>2</sup> ]	Slaapzone' [W/m <sup>2</sup> ]		Verwarmde zone gemiddeld [W/m <sup>2</sup> ]
		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 <sup>2</sup> ]	Berekende interne Spec. Vermogen [W/m <sup>2</sup> ]	Energie gebruik [kWh]	Gas gebruik koken [kWh]	Persoon warmte-verlies [kWh]	warmte -pomp [kWh]	Interne warmte [kWh]	Werkelijk interne Spec. Vermogen [W/m <sup>2</sup> ]
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
<b>Gemiddeld</b>			<b>2,0</b>						<b>3,3</b>
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/m<sup>2</sup>. 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 m<sup>2</sup>, hierdoor is waarschijnlijk de interne warmtelast vermogen lager dan 2,1 W/m<sup>2</sup>

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)