Rapport:

# Comfortbeleving en energieprestatie van een infrarood vloerverwarmingssysteem

## TITELPAGINA

Auteurs:

- Eric Curfs (Docent Werktuigbouwkunde);
- Stefan Metzler (Student Werktuigbouwkunde);
- Axel Kostwinder (Student Werktuigbouwkunde);
- Emiel Badjou (Student Werktuigbouwkunde).

Eindredactie:

- Jo Schiprowski;
- Veronique van Loo.

Verzendlijst:

- SGS Intron tav Harrie Janssen;
- SGS Intron tav Robert Haverkort
- Heating Solutions International tav Jo Schiprowski;
- Salberg consultants-huisvestigingsadviseurs tav Veronique van Loo.

Validatie SGS INTRON

- Harrie Janssen (SGS INTRON)

- Robert Haverkort (SGS INTRON)

Publicatie:

Juni 2014

## Voorwoord

Heating Solutions International BV (HSI) is een jong innovatief bedrijf dat in 2010 gestart is met het maken en internationaal leveren van unieke verwarmingsoplossingen op basis van Infrarood technologie. De oplossingen kunnen onder vrijwel elk type “vloer” (zowel binnen als buiten; onder tegels, parket, vloerbedekking, etc maar ook grasmatten, gravelbanen, asfalt, tuinbouwgrond en daken) worden toegepast. HSI verleent haar bestaansrecht aan het unieke, duurzame karakter van de oplossingen, waardoor er wereldwijd als gevolg van de verduurzaming en het overschakelen naar duurzame energiebronnen volop kansen zullen zijn.

HSI maakt gebruik van amorfe metaaltechnologie (linten) als drager voor de infraroodvloerverwarming en ontwikkelt zelfstandig en in combinatie met derden nieuwe besturingstechnieken om het rendement te verbeteren.

HSI wil samen met de kennisinstituten SGS INTRON en HS Zuyd onderzoeken of de door HSI gebouwde Infrarood vloerverwarmingsoplossing voldoende energiebesparing realiseert om een gelijkwaardigheids verklaring voor de EPC normering te verkrijgen. HSI zal de expertise, ervaringen en referenties inbrengen. SGS INTRON zal specifieke kennis, eisen, onderzoekaanpakken en richtlijnen rondom EPC normeringen inbrengen. SGS INTRON zal tijdens het onderzoek assessments en uiteindelijk de validatie van het onderzoek uitvoeren. HS Zuyd zal het onderzoek en de metingen verrichten in hun onderzoekslaboratorium voor een duurzame gebouwde omgeving “De wijk van Morgen” in Heerlen.

Als onderzoeksinstituut is in dit project bewust gekozen voor de HS Zuyd. HS Zuyd onderscheidt zich in de samenwerking met innovatieve bedrijven waarbij concrete economische ontwikkeling voorop staat. De samenwerking met SGS INTRON is enerzijds gezocht omdat SGS INTRON als één van de weinige partijen in staat is om wereldwijd validaties op EPC verklaringen af te geven en anderzijds, minstens zo belangrijk voor dit onderzoek, SGS INTRON bereid en in staat is op een flexibele manier dit project vorm te geven.

De resultaten van dit onderzoek kunnen gebruikt worden door beleidsbepalers op het gebeid van duurzaamheid en energiebesparing in gebouwde omgevingen, projectontwikkelaars, woningverenigingen en iedereen die belast is met het creëren van oplossingen op het gebied van duurzaamheid bij renovatie of nieuwbouw.

## Inhoud


Inhoud ..... 4

Management samenvatting ..... 6

1. Inleiding ..... 7

2. Context van het onderzoek ..... 9

3. Behaaglijkheidstheorie ..... 10

3.1. Theorie ..... 10

3.2. Aannames ten behoeve van kledingfactor en metabolisme ..... 11

4. Testlocatie ..... 12

4.1. Visualisatie Knik naar de Zon gebouw ..... 12

4.2. Opbouw vloer en Infrarood vloerverwarmingssysteem ..... 13

4.3. Bouwkundige gegevens ..... 15

4.4. Gegevens per bouwlaag ..... 18

5. Meetopstelling ..... 19

5.1. Meetapparatuur ..... 19

5.1.1. Stroomverbruik ..... 19

5.1.2. PMV/Comfort ..... 20

5.1.3. Buiten temperatuur ..... 23

5.1.4. Vloertemperatuur ..... 23

5.2. Opstelling meetapparatuur ..... 24

6. Metingen ..... 25

7. Berekening EPC-waarden ..... 27

7.1. Toegepaste Systemen ..... 27

7.1.1. Verwarmingssystemen ..... 27

7.1.2. Warm water systemen ..... 28

7.1.3. Overige toegepaste systemen in de EPC berekeningen ..... 29

7.2. Gebruikte testomgeving: Knik naar de Zon ..... 30

7.2.1. Controle toegepast EPC rekenmodel ..... 30

7.2.2. Berekeningen ..... 31

7.2.3. Uitwerkingen EPC berekeningen ..... 31
7.2.4. Toekomstige EPC berekeningen met IR vloerverwarming ..... 32
7.3. Tweede omgeving (Tussenwoning) ..... 33
7.3.1. Bouwkundige informatie ..... 33
7.3.2. Berekeningen ..... 37
7.3.3. Uitwerkingen EPC berekeningen ..... 37
7.4. Conclusie EPC berekeningen ..... 38
8. Berekening energieverbruik ..... 39
9. Berekening golflengte infraroodstraling ..... 40
10. Conclusie ..... 43
11. Bijlagen ..... 46
11.1. Bijlage 1: Plattegrond eerste verdieping Knik naar de Zon met testruimte ..... 46
11.2. Bijlage 2: Gevelaanzicht Knik naar de Zon gebouw ..... 47
11.3. Bijlage 3: Samenvatting meetresultaten infrarood vloerverwarmingssysteem ..... 49
11.4. Bijlage 4: Overzicht varianten Knik naar de Zon gebouw Zuidoriëntatie ..... 50
11.5. Bijlage 5: PMV waarde uitgezet tegen de buitentemperatuur Overzicht ..... 55
11.6. Bijlage 6: Tekeningen tussenwoning ..... 56
11.7. Bijlage 7: EPC Reken Resultaten Knik naar de Zon gebouw (allen gebaseerd op gebalanceerde ventilatie) ..... 57
11.8. Bijlage 8: Rekenresultaten tussenwoning Oriëntatie N/Z Voorgevel is Noord ..... 60
11.9. Bijlage 9 Absolute warmteverliezen van standaard conventionele verwarming versus HSI's infrarood vloerverwarming (in Megajoules per jaar) ..... 74
11.10. Bijlage 10: BWP 307S ..... 79
12. Bronvermelding ..... 80

## Management samenvatting

In dit onderzoek is door metingen, uitgevoerd door Hoge School ZUYD, en geaccrediteerd door SGS Intron aangetoond dat de infrarood vloerverwarming van HSI een gelijk comfort creëert bij een ruimtetemperatuur die gemiddeld 2 graden lager ligt dan bij andere conventionele verwarmingssystemen. Door deze gemiddeld lagere ruimtetemperatuur ontstaat er een significant lager warmteverlies.

Het absolute energieverbruik van de Infra Rood vloerverwarming van HSI is hierdoor ongeveer 35% lager dan bij conventionele systemen.

De infra rood vloerverwarming werkt op (groene) stroom, hetgeen als nadeel heeft dat door het lage rendement van onze landelijke energie centrales (slechts 39%) de wegingsfactor voor de Energie Prestatie berekening laag uitvalt t.o.v. toepassingen op gas. Ondanks dit verlies scoort door het lagere energieverbruik de IR vloerverwarming in combinatie met een warmtepomp voor de warmwatervoorziening een lagere EPC ten opzichte van een combi HR 107 gas systeem. Indien er wordt gecombineerd met duurzame energieopwekking kan bij de keuze voor de IR vloerverwarming de $CO_2$ uitstoot worden gereduceerd tot nul !

Bovenstaande bevindingen leiden ertoe dat HSI's vloerverwarmingssysteem een serieus alternatief vormt voor duurzame verwarming van woningen, monumenten, recreatiewoningen, wellness omgevingen, zorginstellingen, winkels, hotels en sportaccommodaties.

De golflengte van de infrarood straling die wordt opgewekt bedraagt ongeveer 10 micrometer. Deze golflengte bevindt zich in het IR-B gebied, de middengolf infrarood straling. Het Infrarood gebied dat ook wordt toegepast in infrarood cabines en medische apparatuur.

## 1. Inleiding

Nederland heeft zichzelf als lid van de Europese Unie een klimaat doelstelling opgelegd die tot 2020 moet leiden tot een reductie van de $CO_2$ uitstoot met 20% t.o.v. 1990, tot een aandeel van 14% duurzame energie in de totale energievoorziening en tot een absolute energiebesparing van 2% per jaar.

Om deze doelstellingen te behalen wordt er sterk ingezet op innovatie en onderzoek.

Eén van de innovatieve bedrijven die hierin een rol speelt is Heating Solutions International BV (HSI). HSI heeft een infrarood vloerverwarmingssysteem ontwikkeld bestaande uit amorfe metalen glas linten en een pulserend besturingssysteem dat tot nu toe zijn toepassing vindt in verwarming van sportvelden en infrastructurele objecten.

Inmiddels is er ook een systeem ontwikkeld en verkrijgbaar voor het verwarmen van gebouwen. Dit systeem wordt nog niet op grote schaal toegepast omdat dit type verwarming op elektriciteit werkt. Elektrische verwarming heeft als nadeel dat door het lage rendement van onze landelijke energie centrales er een correctiefactor van 0,39 dient te worden toegepast. Indien het door HSI ontwikkelde systeem echter een substantieel hoger warmtecomfort per gebruikte Kwh dan alternatieve verwarmingssystemen creëert dan is deze oplossing interessant om te worden toegepast in omgevingen waar duurzaam dient te worden verwarmd. Indien deze oplossing gecombineerd wordt met duurzame energieopwekking kan de $CO_2$ uitstoot tot 0 worden gereduceerd.

Het doel van dit onderzoek is om uitsluitsel te geven over de energieprestatie in relatie tot de comfortbeleving van het infrarood vloerverwarmingssysteem van HSI.

Om de energieprestatie van het verwarmingssysteem vast te stellen zijn een aantal onderzoeken uitgevoerd:

1. Het type en de hoeveelheid straling die vrijkomt bij de IR verwarmingslinten
2. Het bepalen van het comfortlevel van de IR vloerverwarming
3. EPC berekeningen in vergelijk met conventionele verwarmingssystemen
4. Combinaties die leiden tot een EPC waarde van 0.

Het onderzoek is uitgevoerd in één van de gebouwen van De Wijk van Morgen dat als Real Life Learning Lab voor duurzame (energie)technieken gebruikt wordt.

Omdat het gebouw “Knik naar de Zon” een passief huis is en vanuit dat perspectief meer de toekomst dan het heden vertegenwoordigt is het IR-vloerverwarmingssysteem eveneens

geanalyseerd voor een doorsnee tussenwoning. Het betreft een tussen woning beschreven in de NEN 5128:2004 norm bijlage F.

Het rapport is als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 wordt de context beschreven waarin het onderzoek is uitgevoerd. In hoofdstuk 3 wordt de achtergrond van de behaaglijkheidstheorie besproken. In hoofdstuk 4 wordt de opbouw van de testlocatie toegelicht waarna in hoofdstuk 5 de gebruikte meetapparatuur wordt besproken. In hoofdstuk 6 wordt beschreven welke metingen er gedurende het onderzoek zijn verricht. In hoofdstuk 7 wordt beschreven welke systemen en van welke installatievarianten de EPC-berekening is uitgevoerd. In hoofdstuk 8 is de berekening van het geschatte energieverbruik op jaarbasis terug te vinden gevolgd in hoofdstuk 9 door de golflengte van de uitgezonden infraroodstraling. Tenslotte worden in hoofdstuk 10 conclusies getrokken uit de uitgevoerde metingen en berekeningen.

## 2. Context van het onderzoek

Om een gefundeerde uitspraak te kunnen doen over de prestaties van het vloerverwarmingssysteem moet een gedegen onderzoek uitgevoerd worden.

De metingen die door ZUYD zijn uitgevoerd dienen in de onderstaande context te worden geplaatst en bezien.

1. De metingen zijn uitgevoerd in één van de gebouwen van De Wijk van Morgen; dit is een gebouw dat voor wat betreft warmtevraag en luchtdichtheid ontworpen is volgens de eis van passiefhuizen.
2. De metingen zijn uitgevoerd in de periode van medio november 2013 t/m januari 2014; deze periode is voor een representatieve meting erg kort en omvat slechts een gedeelte van een volledig stookseizoen. Om toch een beeld te hebben van het absolute energieverbruik per jaar (voor een woning met gelijke EPC als Knik naar de Zon: passieve woning) wordt dit op basis van het aantal graaddagen berekend.
3. In dit onderzoek is uitsluitend gemeten aan het onderzochte Infra Rood systeem, de eerder genoemde combinatie van amorfe metalen verwarmingslinten en pulserend besturingssysteem; dat betekent dat de prestaties van dit systeem alleen in die context en in combinatie met het in dit onderzoek gehanteerde rekenmodel (EPC-berekening) kan worden vergeleken met andere systemen.
4. De metingen zijn conform de behaaglijkheidstheorie van Fanger uitgevoerd. Daarbij is uitgegaan van een kledingfactor van 1,0 en een activiteitenniveau waarbij een metabolisme hoort van 1,2. Het voor de meting gekozen activiteitenniveau komt overeen met rust tot lichte activiteit. Het gehanteerde kleedgedrag komt overeen met de standaard kleding zoals we die in Nederland in de winterperiode dragen.
   Voor bovengenoemde waardes is gekozen als gemiddelde voor een hele dag die qua activiteiten bestaat uit perioden van rust, schrijfwerk en huishoudelijke werkzaamheden. Voor de kledingfactor is uitgegaan van de ongunstigste situatie waarbij het kleedgedrag in rust zorgt voor een voldoende comfortbeleving.

De beschreven context maakt integraal deel uit van de metingen en de aan de metingen verbonden berekeningen met bijbehorende conclusies.

## 3. Behaaglijkheidstheorie

In dit hoofdstuk wordt de behagelijkheidstheorie van Fanger toegelicht. Ook zullen de uitgangspunten die binnen dit onderzoek zijn vastgesteld worden gepresenteerd.

### 3.1. Theorie

De comfortbeleving van gebouwgebruikers is onderzocht door Fanger. Fanger heeft de comfortbeleving onderzocht door een grote groep mensen op basis van een 7 punts-schaal een waardering (PMV= Predicted Mean Vote) te laten geven over het binnenklimaat in een gebouw waarin zij 3 uur verbleven. De 7 punts-schaal verloopt van -3 tot +3, waarbij -3 staat voor koud, +3 voor heet en 0 voor neutraal. Het streven is een comfortbeleving van 0 die neutraal is. hierbij is namelijk het kleinste aantal mensen ontevreden (PPD= Predicted Percentage of Dissatisfied) met het binnenklimaat. Bij de metingen aan het infrarood-vloerverwarmingssysteem in de testruimte is gezocht naar de instelling waarmee een binnenklimaat met een PMV van 0 wordt gerealiseerd. Tot welke instellingen dit heeft geleid wordt besproken in het hoofdstuk uitgevoerde metingen.

De factoren die de behaaglijkheid beïnvloeden zijn te verdelen in behaaglijkheidsfactoren die door de omgeving worden bepaald en behaaglijkheidsfactoren die door personen worden bepaald.

De behaaglijkheidsfactoren die door de omgeving worden bepaald zijn:

- Luchttemperatuur;
- Gemiddelde Stralingstemperatuur van de omwanding van de ruimte;
- Luchtsnelheid in de ruimte;
- Luchtvochtigheid in de ruimte.

De persoonlijke factoren die de behaaglijkheid bepalen zijn:

- Metabolisme/activiteitenniveau
- Kleedgedrag/kledingfactor

Om meer inzicht te geven in de werking van deze factoren op de comfortbeleving worden deze hier verder toegelicht. De relatieve luchtvochtigheid: als deze te hoog is dan voelt men zich benauwd, wanneer deze te laag is vindt men dit ook niet prettig. De luchtsnelheid: wanneer lucht met een hoge snelheid door een ruimte gaat heeft dit invloed op de gevoelstemperatuur. Ook kan men zich voorstellen dat men het gevoel heeft dat het kouder

is wanneer de luchtstroom het vocht op de huid verdampt. De lucht temperatuur; de temperatuur van de lucht heeft als invloed dat de warmteafgifte van een persoon minder wordt naarmate het temperatuurverschil tussen de persoon en de omringende lucht kleiner is. De persoon krijgt het in zo'n ruimte te warm. De omwanding-temperatuur: hierbij wordt de stralingswarmte van de wanden, vloer en het plafond mee genomen. Wanneer een persoon koud of warm wordt ingestraald heeft dit invloed op de comfortbeleving. De laatste twee parameters zijn de kledingfactor, die aangeeft hoeveel of wat iemand aanheeft, en het metabolisme, die de bezigheid van de persoon in de ruimte verrekend. Voor de omzetting van behaaglijkheidsfactoren naar een waardering van het binnenklimaat heeft Fanger een formule ontwikkeld. Deze formule levert een getal op dat ligt binnen de 7-puntsschaal van Fanger.

De formule van Fanger zit in de software van de behaaglijkheidsmeetapparatuur geïntegreerd, waardoor de gemeten behaaglijkheidsparameters direct worden omgezet naar een PMV-waarde.

De 4 behaaglijkheidsfactoren worden in de testruimte gemeten met behulp van gecertificeerde geijkte meetapparatuur. Deze wordt in hoofdstuk 5 van dit rapport uitgebreid beschreven.

### 3.2. Aannames ten behoeve van kledingfactor en metabolisme

Op basis van de theorie van Fanger wordt de PMV berekend met een kledingfactor van 1,0 en een metabolisme van 1,2. Dit komt overeen met wat men in de winter, het primaire stookseizoen, draagt aan kleding en een voornamelijk zittende activiteit.

## 4. Testlocatie

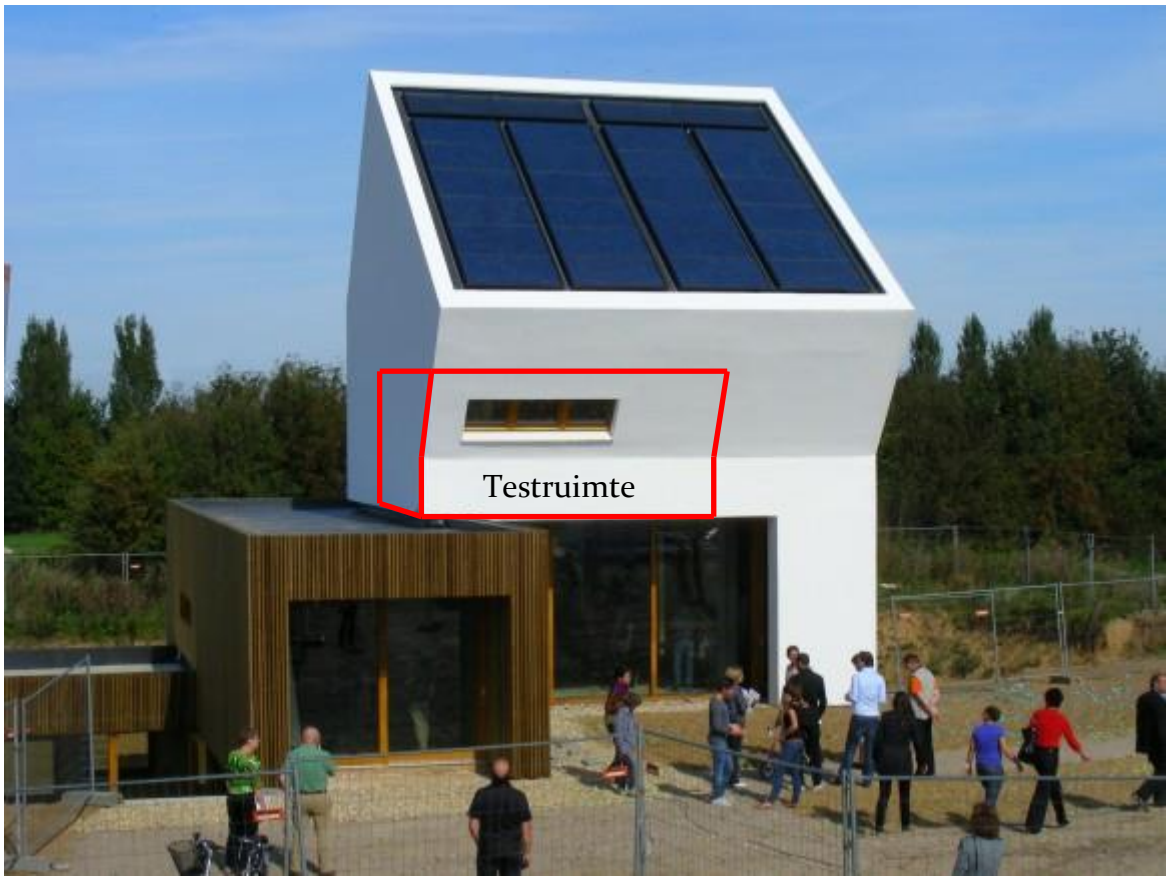
De metingen aan het infrarood vloerverwarmingssysteem worden uitgevoerd in het gebouw Knik naar de Zon in De Wijk van Morgen op industrieterrein Avantis in Heerlen.
In dit hoofdstuk zal een beeld worden geschetst van het gebouw Knik naar de Zon.

### 4.1. Visualisatie Knik naar de Zon gebouw

Het Knik naar de Zon gebouw van De Wijk van Morgen is ontworpen en gebouwd als passiefhuis.
Voor passiefhuizen gelden de volgende eisen:

1. De warmtevraag mag maximaal 15 kWh/$m^2$.p.jr bedragen
2. Het totale primaire energieverbruik van een passiefhuis mag maximaal 120 kWh/$m^2$.p.jr bedragen
3. De luchtdoorlatendheid van een passiefhuis bedraagt maximaal 0,15 $dm^3/s.m^2$

Aan deze eisen wordt voldaan door voldoende hoge $R_c$-waarden te hanteren voor de thermische schil en door zorg te dragen voor een voldoende mate van luchtdichtheid van ramen, deuren, gevelaansluitingen enz. In paragraaf 5.3 zullen de exacte $R_c$- en U-waarden worden besproken.




Knik naar de Zon gebouw De Wijk van Morgen 1

In het gebouw Knik naar de Zon bevindt zich achter de voorgevel (zuidgevel) in het met rood omkaderde gedeelte een testruimte (zie foto volgende pagina) waarin de metingen aan het infrarood vloerverwarmingssysteem zijn uitgevoerd.

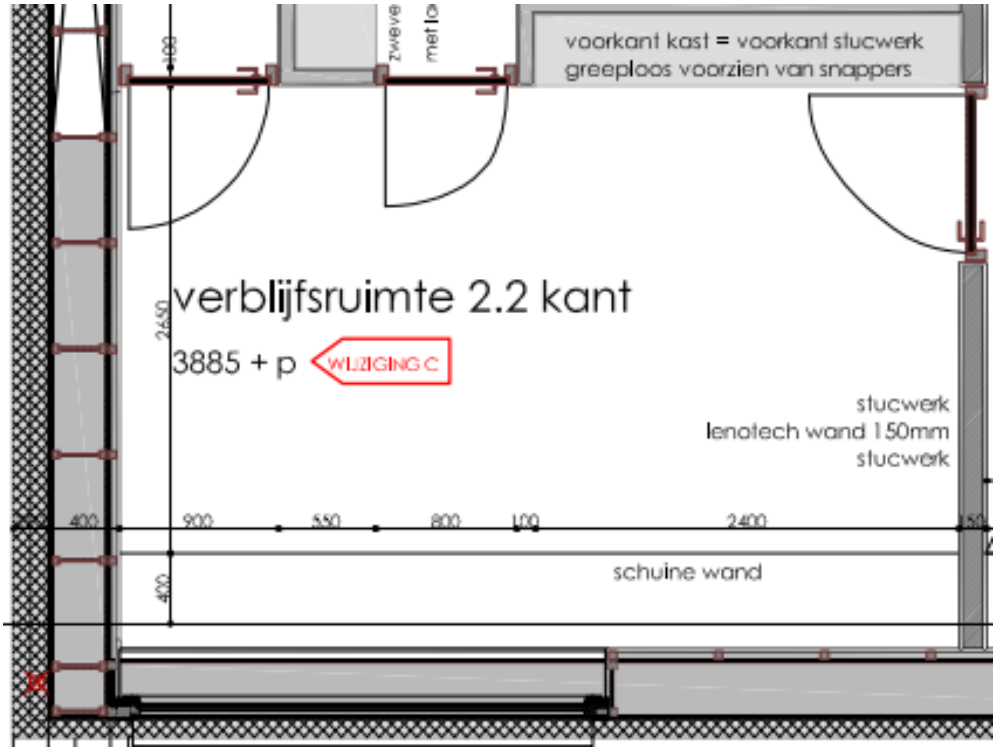
## 4.2. Opbouw vloer en Infrarood vloerverwarmingssysteem

De vloer was tijdens de test opgebouwd uit een Heat Blok onderlaag (R=0,19 $m^2.K.W^{-1}$. Daarbovenop zijn de Infrarood vloerverwarmingslinten van Heating Solutions International BV aangebracht (zie onderste foto). De infrarood vloerverwarmingslinten van HSI zijn afhankelijk van de afmetingen van de ruimte verkrijgbaar in de vorm van matten of als los lint. Als toplaag is gebruik gemaakt van een composiet tegel van Steelker. Deze bestaat uit een keramisch laminaat met een geharde porcellenato toplaag; een geschikte combinatie met Infra Rood vloerverwarming.

**Van links naar rechts achtereenvolgens: Testruimte met composietvloer, besturingssysteem en HSI infraroodvloerverwarmingslinten**

Het besturingssysteem biedt de mogelijkheid het piekvermogen naar gelang de omstandigheden te reguleren. Zo zal een passief huis minder piekvermogen vergen dan een slecht geïsoleerde woning. Hierdoor kan het aantal vierkante meter Infrarood vloerverwarming achter één 16 Ampèregroep afhankelijk van het type woning variëren van bijvoorbeeld ongeveer 23 m2 (piek 100%, 150 W per m2) tot wel 60 m2 (piek 40%, 60 W per m2).

De testruimte heeft een oppervlakte van 12,6 $m^2$ waarvan 11,25 $m^2$ (90% beleggingsgraad) voorzien is van infrarood verwarmingslinten.




### 4.3. Bouwkundige gegevens

Omdat de isolatiekwaliteit van een gebouw zowel het energieverbruik als de comfortbeleving beïnvloedt, worden in deze paragraaf de belangrijkste bouwkundige eigenschappen besproken. Deze zijn 1 op 1 overgenomen uit de PHPP-berekeningen van het gebouw:

- $R_c$-waarden van buitenwanden
- $R_c$-waarden van vloeren die deel uit maken van de thermische schil
- $R_c$-waarde van het dak
- De luchtdoorlatendheid van het gebouw ($q_{v,10}$) van het gebouw.
- U-waarden en ZTA-waarden van beglazing. De U-waarde- en ZTA-waarde van beglazing bedraagt volgens de EPC-berekening resp. 0,91 $W/m^2K$ en 0,45.

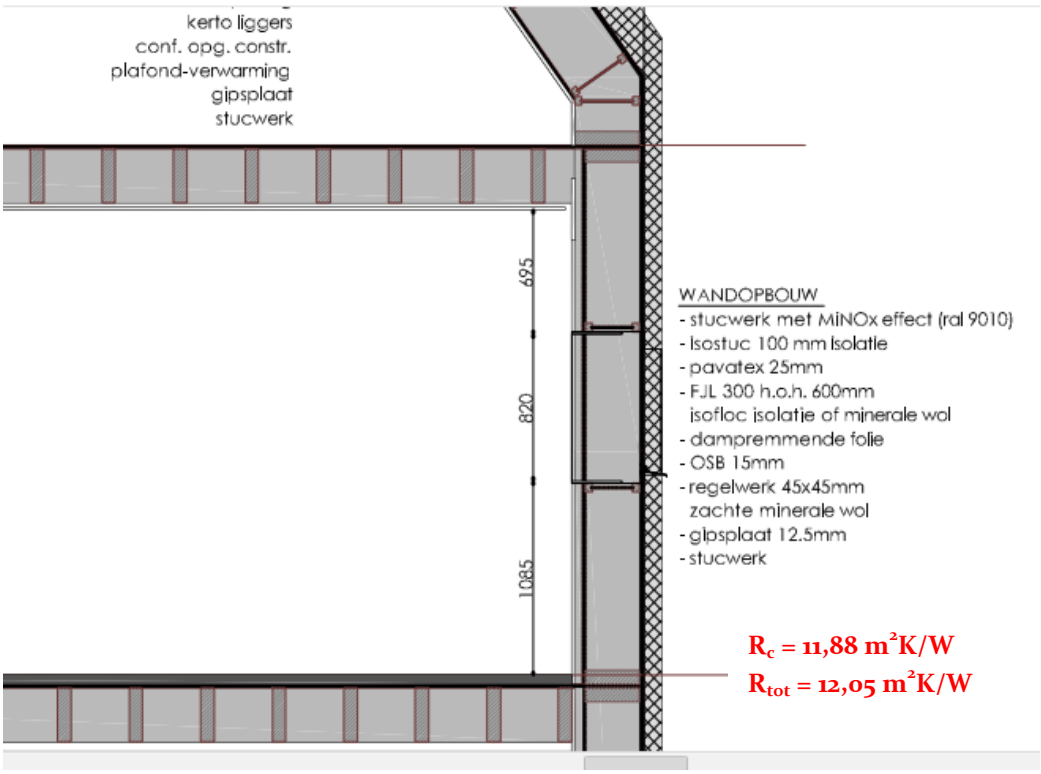
$R_c$-waarden zijn warmteweerstandswaarden van wanden, vloeren en daken en geven aan in welke mate bouwkundige constructies een weerstand vormen bij warmteoverdracht. Deze

zijn op basis van de opbouw van wand-, vloer- en dakconstructies berekend. De $R_c$-waarden zijn op de volgende pagina's bij de constructiedetails vermeld.
De luchtdoorlatendheid ($q_{v,10}$) geeft de mate van luchtlekkage weer van een gebouw. De luchtdoorlatendheid van een gebouw wordt beïnvloed door uitvoering van aansluitingsdetails, kierafdichting bij ramen enz. Hoe meer luchtlekkages een gebouw vertoont, hoe meer buitenlucht ongecontroleerd het gebouw binnen kan stromen. Een slechte luchtdichtheid van het gebouw brengt dus een hoger energieverbuik met zich mee.

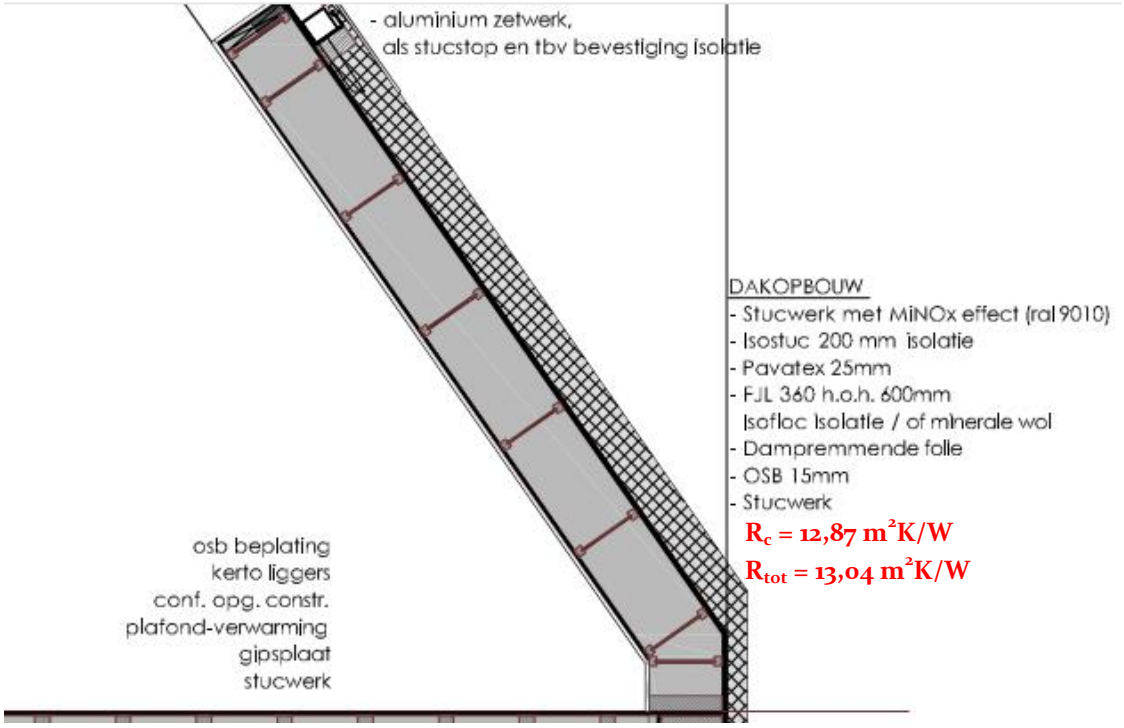
In bijlage 1 en 2 zijn een aantal tekeningen en foto's opgenomen van het Knik naar de Zon gebouw. In de plattegrondtekening in de bijlage wordt aangegeven in welke ruimte van het gebouw de metingen zijn uitgevoerd.

**$R_c$-waarden buitenwanden**

Knik na de zon_G1.pdf

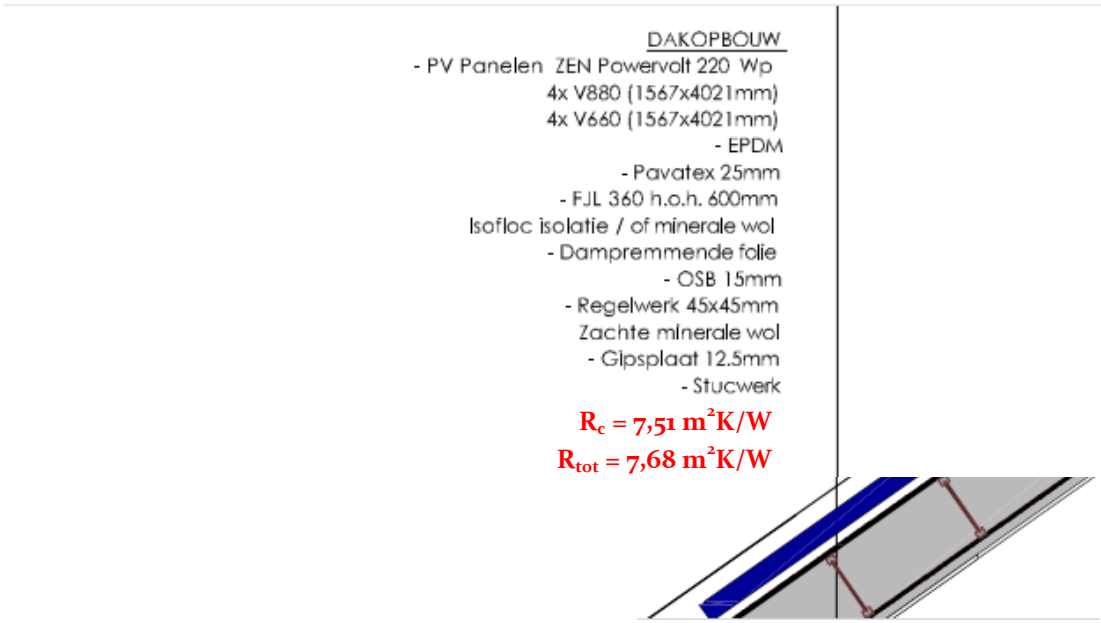


Knik na de zon_G1.pdf

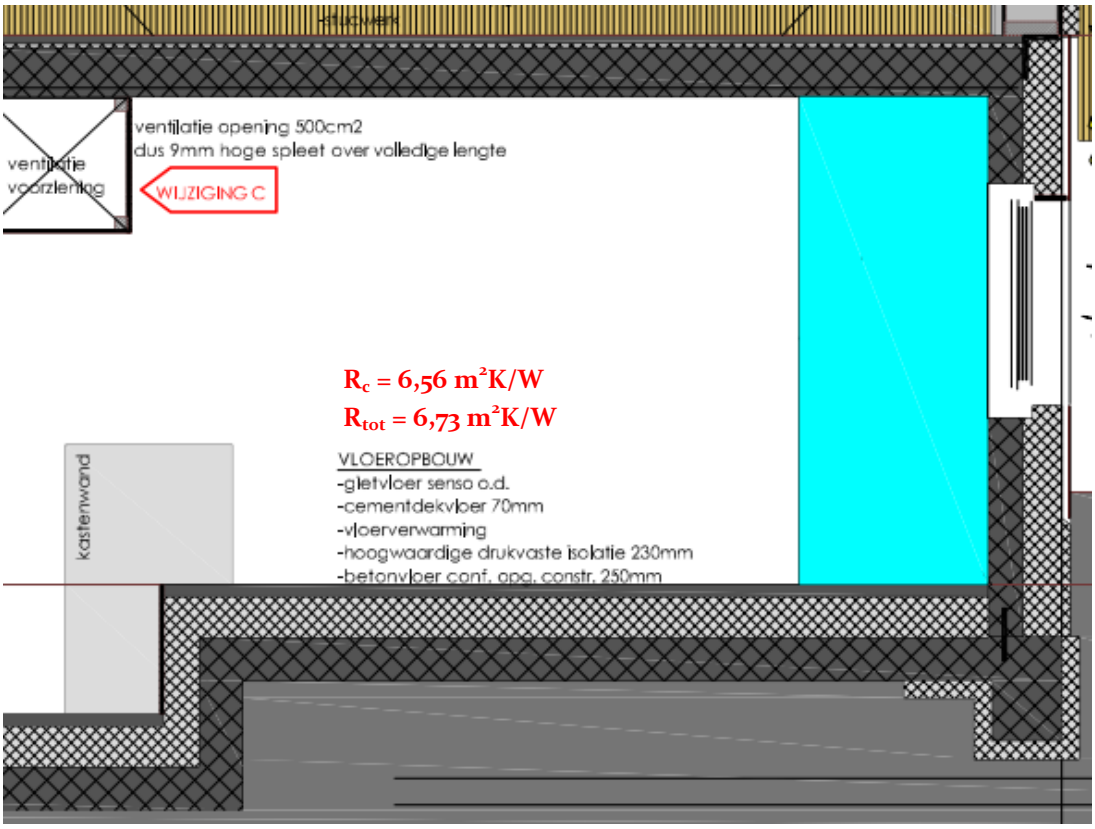



**$R_c$-waarde dak Zuid**

Knik na de zon_G1.pdf




**Vloeren thermische schil**




**Luchtdoorlatendheid**

Het gebouw heeft een luchtdoorlatendheid van 0,15 $dm^3/s \cdot m^2$, overeenkomstig de norm die geldt voor passiefhuizen. Dat ligt thans (anno 2014) 85% onder de huidige bouwbesluiteis. Deze waarde kan alleen worden bereikt door kieren en naden tussen constructiedelen af te plakken met tape en door speciale aandacht te hebben voor kierdichting bij ramen en deuren.

## 4.4. Gegevens per bouwlaag

Het Knik naar de Zon gebouw is een redelijk groot gebouw, het totale vloer oppervlak per bouwlaag bedraagt netto:
Souterrain: 146,3 $m^2$, Beganegrond: 100,5 $m^2$, Verdieping: 66,0 $m^2$, Installatieruimte 43,1 $m^2$. Het totale vloer oppervlak bedraagt dus 355,9 $m^2$. Daarnaast bedraagt het dak oppervlak, dat gericht is op het zuiden, 65 $m^2$.

## 5. Meetopstelling

In hoofdstuk 3 is aangegeven dat voor de comfortbeleving een aantal behaaglijkheidsfactoren moeten worden gemeten. In dit hoofdstuk wordt toegelicht welke gecertificeerde geijkte meetapparatuur hiervoor is toegepast.

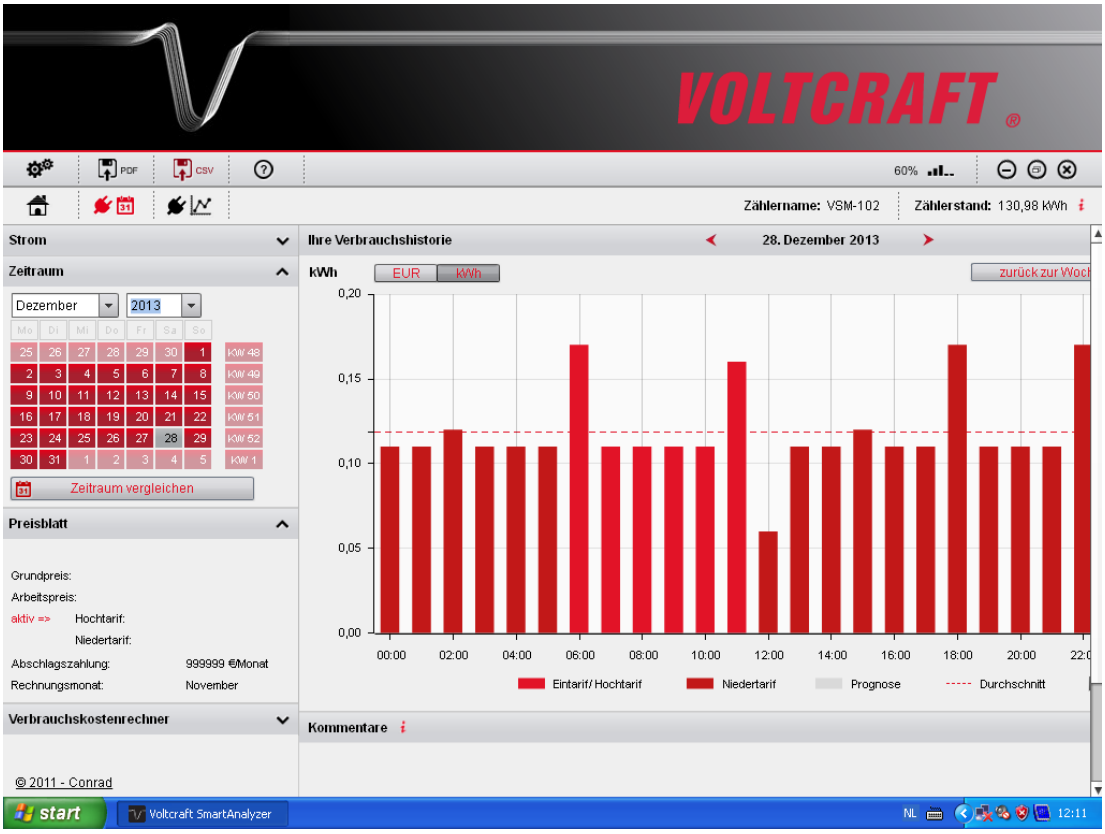
### 5.1. Meetapparatuur

Om tot een betrouwbare representatieve gestandaardiseerde meting te komen moet gebruik worden gemaakt van gecertificeerde meetapparatuur. Om de EPC te bepalen zijn de volgende meetgegevens noodzakelijk:

- Stroomverbruik
- PMV/Comfort
- Buitentemperatuur
- Vloertemperatuur

#### 5.1.1. Stroomverbruik

De stroom moet gemeten worden om het elektrisch verbruik van de vloerverwarming te kunnen bepalen. Hierdoor kan er een vergelijk worden gemaakt met andere vloerverwarmingssystemen. De gebruikte stroommeter in dit project is een Voltcraft VSM-120 Smart-Metering-System.
De Voltcraft VSM-120 is een meetsysteem dat constant het verbruik registreert. Door de antenne worden de gegevens draadloos naar een PC gestuurd waar de gegevens verder kunnen worden verwerkt.



VSM Software

### 5.1.2. PMV/Comfort

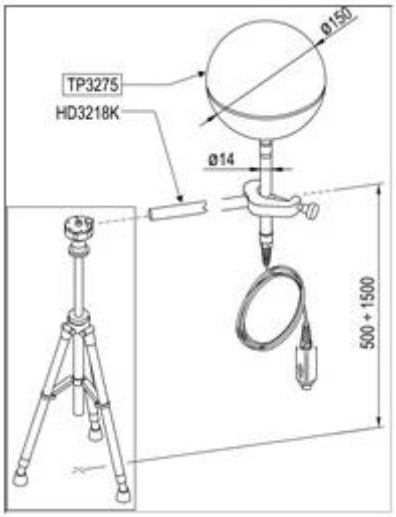
Om de comfortbeleving te meten is gebruik gemaakt van de Delta Ohm HD 32.1 microklimaatlogger. Hierop worden sensoren aangesloten die gegevens meten ter bepaling van de PMV.

Ter bepaling van de PMV dient het volgende gemeten te worden:

- Stralingstemperatuur
- Luchttemperatuur
- Luchtsnelheid
- Luchtdruk

Ter bepaling van deze gegevens moeten sensoren op de logger worden aangesloten. Delta Ohm heeft voor de PMV te bepalen een standaard set van sensoren aangeboden.

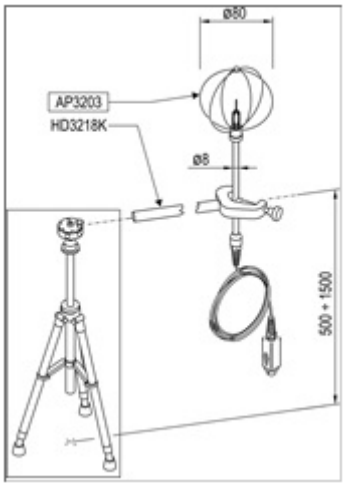
#### 5.1.2.1. TP3275 GLOBE TEMPERATURE PROBE WITH PT100 SENSOR, GLOBE Ø 150 MM



TP3275 Zwartebol stralingsmeter

Deze zwartebol stralingsmeter meet de gemiddelde stralingstemperatuur. Dit betekent dat van de omgeving (muren, vloer en plafond) de gemiddelde temperatuur wordt bepaald. In de bol zit een PT100 sensor. Het meetbereik van dit element ligt tussen de -10°C en +100°C, met een meetnauwkeurigheid van ±0,25°C. Bij een perfecte comfort beleving is de omwandingtemperatuur gelijk aan de ruimte temperatuur.

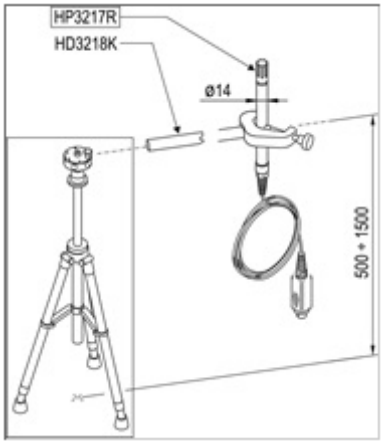
### 5.1.2.2. AP3203 OMNIDIRECTIONAL HOTWIRE PROBE

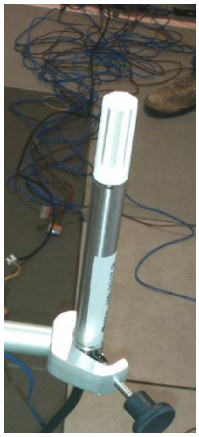


AP3203 luchtsnelheidsmeter (garde)

De omni-directionele hittedraadsonde meet de luchtsnelheid. Het meetbereik van deze sonde ligt tussen de 0,05 en 5 m/s met de volgende nauwkeurigheid: ±0,05 m/s [0,05÷1 m/s] en ±1 m/s voor [1÷5 m/s]. De sonde meet bij een temperatuur tussen de 0 en 80°C. Voor een ideale comfort beleving ligt de luchtsnelheid tussen de 0 en 0,2 m/s.

### 5.1.2.3. HP3217R RELATIVE HUMIDITY AND TEMPERATURE COMBINED PROBE.



HP3217R gecombineerde luchtvochtigheids- en temperatuurmeter

De gecombineerde temperatuur en luchtvochtigheidsmeter meet zowel de ruimte temperatuur als ok de relatieve luchtvochtigheid. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een PT100 element. De sensor werkt bij een temperatuur tussen de -30°C en +100°C met een meetnauwkeurigheid volgens DIN1/3. Voor het meetbereik van de luchtvochtigheid geld 5%

tot 98% met een meetnauwkeurigheid van ±2,5%. Bij een ideale comfort beleving is de temperatuur afhankelijk van de kleding en inspanning van een persoon.

### 5.1.3. Buiten temperatuur

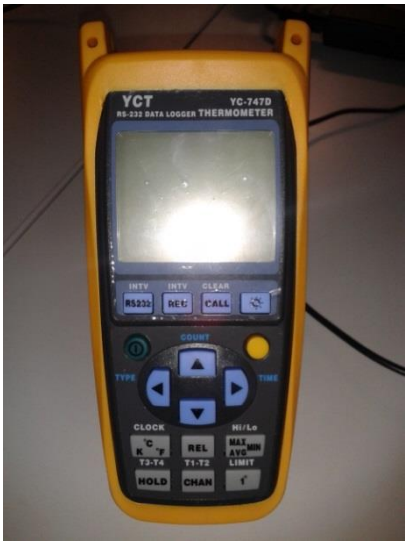
De buitentemperatuur wordt bepaald door een reeds bestaande installatie van Delta Ohm op de wijk van morgen, de HD52.3D147R. Deze installatie meet verschillende weeraspecten zoals:

- Windsnelheid en richting
- Relatieve luchtvochtigheid
- Temperatuur
- Barometrische druk.
- Zoninstraling

De meetwaarden worden iedere 10 seconden geregistreerd en opgeslagen in een csv bestand. Deze gegevens kunnen op een later tijdstip geraadpleegd en verder verwerkt worden. Per dag worden er twee csv bestanden aangemaakt.

Het meetinstrument is geplaatst naast het gebouw Knik naar de Zon op een hoogte van 8 meter.

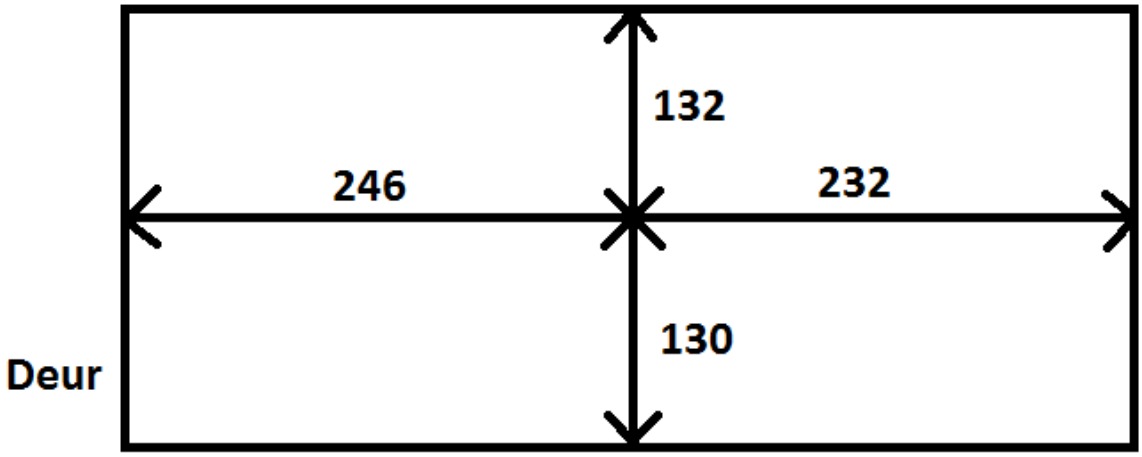
### 5.1.4. Vloertemperatuur




Ter bepaling van het stralingsspectrum van de vloerverwarming is het belangrijk om de vloertemperatuur te meten. Met behulp van de verschuivingswet van Wien wordt aan de hand van de vloertemperatuur de golflengte van de straling berekend. De vloertemperatuur wordt gemeten door thermokoppels (type T). Deze thermokoppels zijn aangesloten op de YCT YC-747D logger. De thermokoppels zijn gecontroleerd op afwijking, en hebben een meet bereik van -185°C tot +400°C.

## 5.2. Opstelling meetapparatuur

De meetapparatuur wordt midden op de vloerverwarming geplaatst. Aangezien de meetapperatuur bestaat uit drie sensoren die op een statief staan is het midden van het statief aangenomen. De sensoren bevinden zich op 23 centimeter van het midden onder een hoek van 120° t.o.v elkaar op een hoogte van 1,50 m.




Plaatsing apparatuur maten in cm

De ruimte wordt geventileerd door een lucht inblaas. De inblaas lucht heeft een snelheid van 1,8 m/s bij een buisdiameter van 125mm, hieruit volgt een inblaasvolume van 80m$^3$/uur. De lucht heeft een temperatuur van 17°C.

## 6. Metingen

De metingen die in het kader van dit onderzoek zijn uitgevoerd hadden als doel:

1. Nagaan of de Infra Rood vloerverwarming van HSI een gelijke comfortbeleving creëert bij een lagere omgevingsluchttemperatuur.
2. Het meten van het absolute energieverbruik van het Infrarood vloerverwarmingssysteem onder verschillende omstandigheden en dit middels een aantal EPC berekeningen waarin het systeem wordt afgezet tegen andere vloerverwarmingssystemen (HR+, standaard elektrische verwarming) inzichtelijk te maken.
3. Het door metingen bepalen van de golflengte/ soort infraroodstraling van het onderhavige IR vloerverwarmingssysteem.

De metingen aan het infrarood vloerverwarmingssysteem zijn uitgevoerd in 2 fasen. In de eerste fase is onderzocht bij welke ruimtetemperatuur een optimale comfortbeleving gecreëerd wordt.

Nadat deze bepaald was, zijn in de tweede fase de metingen verricht om het verbruik te kunnen bepalen. Deze metingen zijn uitgevoerd bij een temperatuurinstelling die een optimale comfortbeleving creëert. Er is 24 uur per dag met dezelfde instellingen gemeten.

Uit de eerste meetperiode is gebleken dat de optimale comfortbeleving wordt verkregen bij een luchttemperatuurinstelling van 16,5 à 17 °C en een vloertemperatuurinstelling van 16,5 à 17,5 °C. Dit komt naar schatting overeen met een gemiddelde dag/nacht temperatuur van 16 °C. Deze gemiddelde dag/nacht temperatuur is nodig voor de EPC berekening. Standaard wordt bij EPC berekeningen uitgegaan van een gemiddelde dag/nacht temperatuur van 18C.

Deze waarden zijn te herleiden uit bijlage 3. Uit de tabel van bijlage 3 blijkt verder dat het sturen op luchttemperatuur een hogere PMV-waarde (minder comfort) tot gevolg heeft dan bij sturing op zowel vloer- als luchttemperatuur, waarbij de luchttemperatuur lager is ingesteld.

Resumerend kan worden gesteld dat uit de metingen is gebleken dat bij infrarood vloerverwarming een comfortabel binnenklimaat (PMV ≈ 0) wordt verkregen bij een luchttemperatuur die ca. 2°C lager ligt dan de gebruikelijke luchttemperatuur bij andere verwarmingssystemen.

In bijlage 5 zijn grafieken waar het energieverbruik is uitgezet tegen de buitentemperatuur, maar ook tegen de PMV-waarde.

In deze grafiek is te zien dat de PMV-waarde verandert als de buitentemperatuur verandert. Als het buiten warmer wordt, wordt het binnen ook warmer en zal de PMV-waarde toenemen. Wat verder in de grafiek te zien is, is dat ’s nachts, als de buitentemperatuur daalt en er geen invloeden van buitenaf zijn (zoninstraling, interne warmtebronnen als gevolg van “leven”), de PMV-waarde daalt, maar met name dat het energieverbruik stijgt.

# 7. Berekening EPC-waarden

## 7.1. Toegepaste Systemen

Bij de verschillende EPC berekeningsvarianten worden een aantal verschillende systemen gebruikt. In deze paragraaf zullen deze systemen worden beschreven. In alle gevallen zijn de standaard rendementen gebruikt die in de EPC worden gegeven. In de paragrafen hierna worden de verschillende systemen beschreven. Bij een aantal warmtapwatersystemen zijn opwekking en systeemrendementen genoemd. Het systeem rendement geeft aan welk deel van de opgewekte warmte effectief wordt gebruikt, en gaat dus enkel over de verliezen tijdens het transport in het huis. Het opwekkingsrendement daarentegen geeft aan welke portie van de primaire energie wordt gebruikt voor het verwarmen van het water. Verder wordt bij de warmte pompen een COP waarde genoemd. Deze is teruggerekend naar een opwekkingsrendement.

### 7.1.1. Verwarmingssystemen

#### *7.1.1.1. Elektrische vloerverwarming*

Wanneer gesproken wordt over een Elektrische vloerverwarming wordt er uit gegaan van een conventionele vloerverwarming met een opwekkingsrendement ($\eta_{opw}$) van 0,39. Dit is gelijk aan het centrale rendement van het lichtnet. Het systeemrendement ($\eta_{syst}$) echter bedraagt 1,00 en is de standaard waarde die binnen de EPC-berekening wordt toegepast.

#### *7.1.1.2. IR-Vloerverwarming*

Bij de IR-vloerverwarming is er op basis van conventionele vloerverwarming een omrekening gemaakt. Dit om het effect van de lager benodigde ruimtetemperatuur te kunnen verrekenen binnen de EPC. Deze is bij de IR-vloerverwarming immers lager waardoor de energie behoefte eveneens lager wordt.

Het verrekenen van de lagere omgevingstemperatuur binnen de EPC berekening heeft plaatsgevonden door de warmteverliezen opnieuw te berekenen met 16°C in plaats van 18°C (standaard EPC waarde). Hiervoor is gebruik gemaakt van de rekentabel zoals te vinden in bijlage 9.

#### *7.1.1.3. HR-107 combi ketel*

De HR-107 ketel is een gasgestookte CV combi ketel met een rendement dat absoluut tot de top behoort. Deze kan worden gebruikt als combi voor vloerverwarming èn warmtapwater. Voor het verwarmingsdeel geldt een opwekkingsrendement van 0,975 en een systeemrendement van 1,0. Voor het warmtapwater gedeelte gelden de volgende waardes; een opwekkingsrendement van 0,652 en een systeemrendement van 0,742.

### 7.1.2. Warm water systemen

#### *7.1.2.1. WW-Toestel*

Een warmwater toestel, in de volksmond ook wel geiser genoemd, wordt ook met gas gestookt. Maar levert alleen warmtapwater. Het opwekkingsrendement bedraagt 0,604 en het systeemrendement is 0,742.

#### *7.1.2.2. E-boiler*

Een Elektro-boiler verwarmt het water door elektrische verwarmingselementen en is dus onderhevig aan de omrekenfactor voor de opwekking van elektrische energie (0,39). Vandaar dat het opwekkingsrendement 0,275 bedraagt. Het systeemrendement bedraagt 0,742

#### *7.1.2.3. Zonnecollectoren*

Zonnecollectoren worden gebruikt om een bijdrage te leveren aan de warmtebehoefte voor warmtapwater waardoor de energiebehoefte die hiervoor benodigd is in de vorm van gas of elektriciteit van het stroomnet gunstiger uitvalt. Bepalend voor het rendement van zonnecollectoren is de helling en oriëntatie van de panelen. Zo is bij een zuidelijke oriëntatie de bijdrage ongeveer 1570 MJ/m$^2$ per jaar en bij een oostelijke of westelijk oriëntatie 1230 MJ/m$^2$ per jaar. Bij een horizontale opstelling is de bijdrage 1400 MJ/m$^2$ per jaar.

#### *7.1.2.4. Warmtepomp*

De warmtepomp is bij een aantal varianten terug te vinden. Wanneer men een warmtepomp toepast op de retourlucht van de woning verliest men de mogelijkheid om een gebalanceerde ventilatie toe te passen. Toepassing op die manier werkt dus averechts en is derhalve niet interessant. Vandaar dat ook is gerekend met een warmtepomp die enkel op de buitenlucht wordt toegepast. Hiervoor zijn de waarden voor de warmtepomp BWP 307S gebruikt. Gezien de gemiddelde temperatuur in Nederland 10,1°C bedraagt moet men een COP van 2,72 toepassen, zie bijlage 10. Het opwekkingsrendement is als volgt berekend:

$$\eta_{opw} = COP \cdot \eta_{centrale;el} \cdot \frac{\eta_{bw}}{\eta_{ow}}$$

Hierin is $\eta_{centrale;el}$ het centrale rendement (0,39) en $\frac{\eta_{bw}}{\eta_{ow}}$ een gegeven waarde in bijlage C van NEN5128:2004 met een waarde van 0,923. Wanneer men de COP hierin invult vindt men een opwekkingsrendement van 0,979

Het is belangrijk bij deze warmtepomp te vermelden dat hier handmatig een vertaalslag is gemaakt die de weg van de EPC volgt. Echter is het systeem niet in de NEN 5128:2004 beschreven.

### 7.1.3. Overige toegepaste systemen in de EPC berekeningen

#### *7.1.3.1. Fotovoltaische elementen*

PV-panelen leveren Elektrische energie. Ook hier is de oriëntatie en helling bepalend. In de berekeningen is gerekend met 150 [Wp/m$^2$] en een reductiefactor (RFpv) van 0,670. Bij een zuidelijke oriëntatie en een helling van ongeveer 30° kan men rekenen met 1000 MJ/m$^2$ per jaar terwijl met de zelfde helling op oost of west men maar kan rekenen met 840 MJ/m$^2$,per jaar. Een horizontale oriëntatie levert ongeveer 900 MJ/m$^2$ per jaar op.

#### *7.1.3.2. Gebalanceerde ventilatie*

Bij een gebalanceerde ventilatie wordt er warmte terug gewonnen uit de lucht die de woning verlaat via de ventilatie kanalen. Het gebruikte systeem heeft een mechanische lucht toe- en afvoer, het warmte terugwinningsproces heeft een rendement van 0,95, de temperatuur van de voorverwarmde lucht is 10°C, de volumestroom bedraagt 53,34 dm$^3$/s en de reductiefactor $\eta_{v;i;k}$ bedraagt 0,97.

## 7.2. Gebruikte testomgeving: Knik naar de Zon

Het gebouw Knik naar de Zon betreft een vrijstaand passiefhuis met isolatiewaarden van wanden, vloer en dak van rond de 10 $m^2K/W$. Daarnaast voldoet het gebouw aan de luchtdichtheidseisen die gesteld worden aan een passiefhuis. Het dak van de woning met een oppervlakte van 66 $m^2$ is georiënteerd naar het zuiden en ondervindt geen belemmering van zoninstraling door aangrenzende gebouwen of andere obstakels.

In de ontwerpfase van het gebouw Knik naar de Zon is een EPC-berekening gemaakt om de energieprestatie van het gebouw in kaart te brengen. Deze energieprestatieberekening is als format gebruikt voor de omrekening van de meetresultaten omdat hierin alle bouwkundige gegevens reeds zijn ingevoerd.

### 7.2.1. Controle toegepast EPC rekenmodel

Om het opgestelde model ten behoeve van de omrekening van de lager benodigde energiebehoefte als gevolg van een lager benodigde luchttemperatuur bij de IR-vloerverwarming in het reken programma te controleren, is eerst de situatie doorgerekend van de EPC-berekening uit de ontwerpfase van het Knik naar de Zon gebouw. Nadat bleek dat de voor ons van belang zijnde waarden overeenkwamen met de waarden uit de EPC-berekening, is dit rekenmodel gehanteerd voor het bepalen van het verschil in warmtebehoefte van het IR-vloerverwarmingssysteem t.o.v. verwarmingssystemen die niet op basis van stralingswarmteoverdracht maar op basis van luchtverwarming (convectie) werken.

Het systeem waarop de EPC-berekening uit de ontwerpfase gebaseerd is bestaat uit de volgende componenten.

- De warmte-opwekking bestaat uit een warmtepomp ($\eta$ = 1,075) met een buffervat en een water gevoed vloer- en plafondverwarmingssysteem. De warmtepomp haalt zijn warmte en koude uit een horizontale bodemwarmtewisselaar die naast het gebouw is aangebracht.
- De opwekking van warm tapwater gebeurt m.b.v. zonnecollectoren (6,54 $m^2$) in combinatie met de warmtepomp.
- Daarnaast zijn op het dak van het Knik naar de Zon gebouw ca. 40 $m^2$ aan pv-panelen geplaatst.

### 7.2.2. Berekeningen

Aan de hand van de meetresultaten van de uitgevoerde metingen, de gebouwkenmerken en verschillende combinaties van systemen beschreven in paragraaf 7.1 zijn diverse EPC berekeningen uitgevoerd. Daarmee is het effect op de EPC-waarde van IR-vloerverwarming van HSI in kaart gebracht en vergeleken. Vervolgens zijn al deze resultaten in één overzichtelijke tabel ondergebracht. Bijlage 4.

In de tabel van bijlage 4 is te zien welke resultaten voldoen aan de EPC norm van 2014 en 2015. Er is gerekend naar 2 of 3 situaties qua EPC; 0 $m^2$ PV-oppervlakte; het benodigde PV-oppervlak bij een EPC-eis van 0,6 (2014) en het benodigde PV-oppervlak bij een EPC eis van 0,4 (2015). De rode vakken zijn op basis van het beschikbare dakoppervlak in relatie tot het benodigd aantal PV panelen niet mogelijk.

Bijlage 4 is als volgt opgebouwd:

1. Er zijn twee identieke tabellen met EPC berekeningen weergegeven: één voor Knik naar de Zon en één voor de tussenwoning (zie paragraaf 7.3)
2. Per gebouw zijn EPC berekeningen weergegeven op basis van IR verwarming, elektrische verwarming en verwarming op basis van een HR-107 ketel.
3. Binnen deze drie alternatieven voor verwarming zijn verschillende alternatieven voor warm watervoorziening toegepast waarbij ook rekening is gehouden met natuurlijke of gebalanceerde ventilatie en het maximaal aantal vierkante meter dakoppervlak voor PV panelen en/of zonnecollectoren.

### 7.2.3. Uitwerkingen EPC berekeningen

Alle EPC berekeningen voor de Knik naar de Zon woning zijn uitgewerkt in bijlage 7. De navolgende systeemcombinaties zijn doorgerekend.

1. Voor het tapwater is gebruikgemaakt van een zonnecollector met een oppervlak van 6,54 $m^2$ samen met een warmwater toestel (WW-Toestel);
2. In deze variant is voor het warm tapwater enkel gebruik gemaakt van een E-boiler;
3. Deze variant heeft een E-boiler en een zonnecollector van 6,54 $m^2$;
4. Deze variant is zoals bij 3 maar dan met een zonnecollector van 10 $m^2$.

Het getal tussen rechte haken [….] komt in de bijlage overeen met het getal van de systeemcombinatie.

### 7.2.4. Toekomstige EPC berekeningen met IR vloerverwarming

Indien men in een andere EPC berekening de IR vloerverwarming wenst op te nemen en het effect hiervan wenst door te rekenen dan dient men in bijlage 9 in de eerste regel van de sheet de voor het onderhavige object de uit de EPC-berekening volgende $H_{T;VERW}$ waarde in te vullen. Dat geldt eveneens voor $H_{V;VERW}$ en $Q_{winst,verw,i.}$ Het model berekent dan het totaal aan energieverlies in MJ, $Q_{beh,ver,i,n.}$ Vervolgens dient men deze totaalwaarde $Q_{beh,ver,i,n}$ in te vullen in de regel verwarming van de EPC berekeningstabel (bijlage 7 en 8). De overige waarden van de tabel kunnen overgenomen worden uit de EPC-berekening.

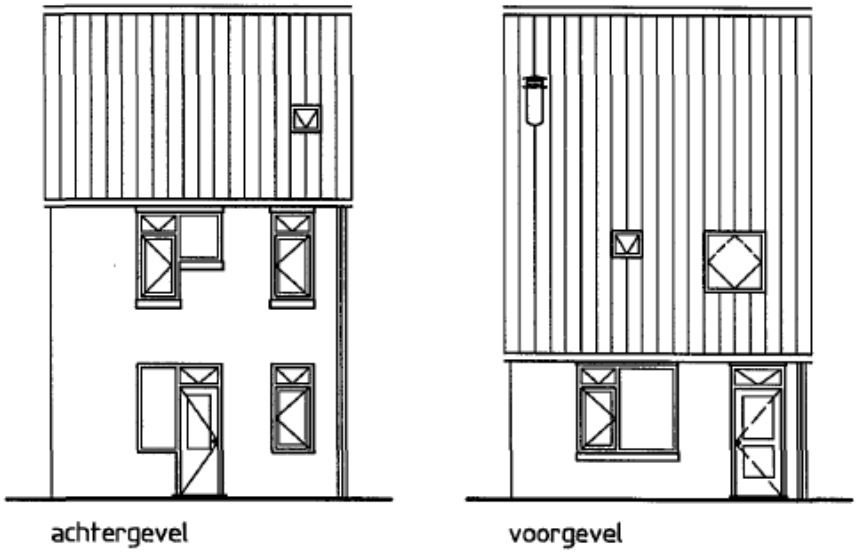
- Verder dient in de formule in de tabel achter EPC, achter het getal 330, $A_{g,woon}$ te worden ingevuld en achter het getal 65, $A_{verlies}$.
- $A_{g,woon}$ is de gebruiksoppervlakte van de woning. Deze is te achterhalen uit de EPC-berekening.
- $A_{verlies}$ is de totale oppervlakte waarover warmteverlies optreedt (m.a.w. het totale oppervlakte van de thermische schil). Dit oppervlak is eveneens uit de EPC-berekening te herleiden.

## 7.3. Tweede omgeving (Tussenwoning)

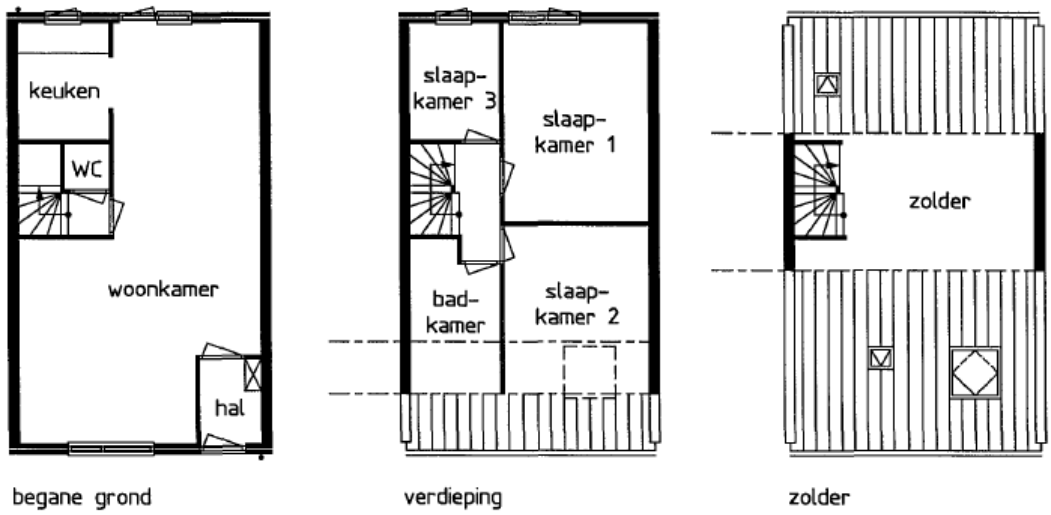
Het Knik naar de Zon gebouw, waarop de EPC berekening is uitgevoerd, is geen doorsnee huis. Het Knik naar de Zon gebouw is een passief huis en derhalve beter geïsoleerd dan het gemiddelde doorsnee woonhuis. . Vandaar dat is besloten om een tweede woning door te rekenen, in dit geval het huis zoals beschreven in de NEN 5128:2004 norm bijlage F.

### 7.3.1. Bouwkundige informatie

In dit verslag zijn ook de EPC berekeningen van een tussenwoning opgenomen. Dit hoofdstuk geeft hier de bouwkundige informatie over.




Het huis is georiënteerd met de kleine gevel naar het zuiden. Dit is ook zo in de berekeningen verwerkt, echter er wordt ook aangegeven wat de consequenties zijn als het gebouw in een andere orriëntatie wordt geplaatst. Ook betreft het hier een tussenwoning. Dit heeft een positief effect voor de warmtebehoefte voor de verwarming. Het gebouw bestaat uit 3 lagen: beganegrond (41,80 $m^2$); eerste verdieping (34,10 $m^2$) en een zolder (13,00 $m^2$). Verder is per bouwlaag bekend hoe groot het raamoppervlakte is, namelijk 5,89 $m^2$ voor de begane grond; 6,68 $m^2$ voor de eerste verdieping en 0,51 $m^2$ voor de zolder. De lengte van de voorgevel bedraagt 5 m. Ook zijn de $R_c$ waardes gegeven voor de wanden, daken en de vloer, daarnaast zijn ook de $U_w$ waardes voor glas en kozijn bekend. Voor het dak en de wanden geld; $R_c$= 4,0 $m^2K/W$ en een $R_c$ waarde van 3,0 $m^2K/W$ voor de vloer. Voor de ramen is gekozen voor een U-waarde van $U_w$= 1,6 $W/(m^2K)$.




### *7.3.1.1. Warmtapwater verbruik*

Het huis heeft een badkamer met 6-8 meter tussen het warmwatertoestel en het aansluitpunt. Ook is er een aanrecht met een mengkraan met 8-10 meter tussen warmwatertoestel en aansluitpunt. Verder is er gekozen voor toepassingsklasse twee wat overeen komt met Comfort Warm Water klasse CW-2 (tabel 8.1). De exacte waardes die hier voor zijn gebruikt bestaan uit een basistappatroon (tabel 8.4) en twee douche beurten (tabel 8.3) zoals hier onder beschreven. Voor de waardes van een douche kop wordt uit gegaan van een douchekop van klasse A of Z zoals gegeven in tabel 8.2.

| CW klasse | Hoe snel is je bad vol? | Warmwater uit de douche | Warmwater uit de kraan | Geschikt voor |
|---|---|---|---|---|
| | *Bad van 100 liter* | *Liters per minuut van 40° Celsius* | *Liters per minuut van 60° Celsius* | |
| CW1 | Niet geschikt voor bad | 4 | 2.5 | Keuken |
| CW2 | Niet geschikt voor bad | 6 | 3.6 | Keuken of douche |
| CW3 | 12 minuten | 10 | 6 | Keuken of douche of bad: niet tegelijk |
| CW4 | 11 minuten | 13 | 8 | Keuken of douche of bad: niet volledig tegelijk |
| CW5 | 6 minuten | 17 | 10 | Keuken of douche of bad: beperkt tegelijk |
| CW6 | 5 minuten | 20 | 12 | Keuken en douche: tegelijk<br>Keuken en bad: tegelijk |

(Tabel 7.1)

| Volumestroomklasse | Volumestroom(warm water, bij gangbare waterdruk) |
|---|---|
| Z (spaardouche) | 4,3 - 6,9 l / min |
| A | 7,0 - 8,7 l / min |
| S (standaard) | 8,8 - 11,5 l / min |
| B | 11,6 - 14,4 l / min |
| C (comfort douche) | 14,5 - 17,3 l / min |
| C | 17,4 - 21,9 l / min |

(Tabel 7.2)

| nr. | Tijd h/min | Tapvolume $dm^3$ bij $\theta_{gewenst}$ [a] | Tapdebiet $dm^3$/min | $\theta_{gewenst}$ °C | $\theta_{nuttig}$ °C | Gebruik |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 7,15 | 47 | 3,5 | 40 | 40 | douche |
| 48 | 23,3 | 47 | 3,5 | 40 | 40 | douche |
| [a] Totaal volume bij 60 °C is 117,2 $dm^3$ | | | | | | |

(Tabel 7.3)

Bovenstaande tabel (8.3) is een toevoeging op tabel 8.4, in tabel 8.4 is het basistappatroon gegeven hierin is de hoeveelheid warmtapwater gegeven, de tijd waarop het gebruikt wordt en waarvoor het gebruikt word. Tabel 8.3 geeft de toepassings-specifieke douche beurten bij nummer 2 en 48.

| Nr. | Tijd | Tapvolume | Tapdebiet | $\theta_{gewenst}$ | $\theta_{nuttig}$ | Gebruik |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | h/min | $dm^3$ bij $\theta_{gewenst}$ [a] | $dm^3$/min | °C | °C | |
| 1 | 7 | 4 | 3,5 | 40 | 25 | wastafel |
| 2 | 7,15 | afhankelijk van de klasse | afhankelijk van de klasse | 40 | 40 | douche |
| 3 | 7,3 | 4 | 3,5 | 40 | 25 | wastafel |
| 4 | 8 | 1 | 3,5 | 55 | 40 | spoelen |
| 5 | 9 | 1 | 3,5 | 40 | 25 | handen wassen |
| 6 | 9,05 | 1 | 3,5 | 40 | 25 | handen wassen |
| 7 | 10 | 1 | 3,5 | 55 | 40 | spoelen |
| 8 | 10,3 | 1 | 3,5 | 40 | 25 | handen wassen |
| 9 | 10,35 | 0,5 | 3,5 | 40 | 25 | korte tap |
| 10 | 10,45 | 1 | 3,5 | 40 | 25 | handen wassen |
| 11 | 11 | 1 | 3,5 | 55 | 40 | spoelen |
| 12 | 11,3 | 1 | 3,5 | 40 | 25 | handen wassen |
| 13 | 11,32 | 1 | 3,5 | 40 | 25 | handen wassen |
| 14 | 11,34 | 1 | 3,5 | 40 | 25 | handen wassen |
| 15 | 13 | 5 | 3,5 | 55 | 40 | spoelen |
| 16 | 13,05 | 5 | 3,5 | 55 | 40 | vaat wassen |
| 17 | 13,25 | 2 | 3,5 | 55 | 40 | spoelen |
| 18 | 13,27 | 2 | 3,5 | 55 | 40 | spoelen |
| 19 | 13,29 | 2 | 3,5 | 55 | 40 | spoelen |
| 20 | 14 | 1 | 3,5 | 40 | 25 | handen wassen |
| 21 | 14,3 | 1 | 3,5 | 40 | 25 | handen wassen |
| 22 | 14,35 | 0,5 | 3,5 | 40 | 25 | korte tap |
| 23 | 14,45 | 1 | 3,5 | 40 | 25 | handen wassen |
| 24 | 14,48 | 1 | 3,5 | 40 | 25 | handen wassen |
| 25 | 14,51 | 0,5 | 3,5 | 40 | .25 | korte tap |
| 26 | 15 | 2 | 3,5 | 40 | 25 | handen wassen |
| 27 | 16 | 1 | 3,5 | 40 | 25 | handen wassen |
| 28 | 16,1 | 0,5 | 3,5 | 40 | 25 | korte tap |
| 29 | 16,2 | 0,5 | 3,5 | 40 | 25 | korte tap |
| 30 | 16,3 | 1 | 3,5 | 55 | 40 | spoelen |
| 31 | 18 | 5 | 3,5 | 55 | 40 | spoelen |
| 32 | 18,05 | 5 | 3,5 | 55 | 40 | vaat wassen |
| 33 | 18,25 | 2 | 3,5 | 55 | 40 | spoelen |
| 34 | 18,27 | 2 | 3,5 | 55 | 40 | spoelen |
| 35 | 18,29 | 2 | 3,5 | 55 | 40 | spoelen |
| 36 | 19,3 | 1 | 3,5 | 40 | 25 | handen wassen |
| 37 | 19,35 | 1 | 3,5 | 40 | 25 | handen wassen |
| 38 | 19,4 | 0,5 | 3,5 | 40 | 25 | korte tap |
| 39 | 19,45 | 1 | 3,5 | 40 | 25 | handen wassen |
| 40 | 19,5 | 1 | 3,5 | 40 | 25 | handen wassen |
| 41 | 20 | 1 | 3,5 | 55 | 40 | spoelen |
| 42 | 20,1 | 2 | 3,5 | 55 | 40 | naspoelen |
| 43 | 21 | 1 | 3,5 | 40 | 25 | handen wassen |
| 44 | 22 | 1 | 3,5 | 55 | 40 | spoelen |
| 45 | 22,3 | 1 | 3,5 | 40 | 25 | handen wassen |
| 46 | 23 | 2 | 3,5 | 55 | 40 | spoelen |
| 47 | 23,15 | 4 | 3,5 | 40 | 25 | wastafel |
| 48 | 23,3 | afhankelijk van de klasse | afhankelijk van de klasse | 40 | 40 | douche |
| 49 | 23,45 | 4 | 3,5 | 40 | 25 | wastafel |

[a] Totaal volume zonder douche bij 60 °C is 61,2 $dm^3$

### 7.3.2. Berekeningen

Voor het berekenen van de verschillende EPC waardes zijn dezelfde combinaties gehanteerd als bij de Knik naar de Zon woning. Er worden berekeningen uitgevoerd met verschillende oriëntaties van de woning. Noord-Zuid en Oost-West. Zo worden bij de orientatie Noord-Zuid PV-panelen en zonnecollectoren op de zuid zijde van het dak geplaatst. Bij de Oost-West oriëntatie kan dat zowel op Oost als op West. In de verschillende EPC berekeningen is gerekend met een verwarmingstemperatuur van 18°C voor traditionele vloerverwarming en 16°C voor de IR-vloerverwarming.

Uit de metingen is immers vastgesteld dat IR-vloerverwarming een gelijk comfort creëert bij een ruimtetemperatuur die twee graden lager is.

De absolute warmteverliezen die voor de EPC gebruikt zijn bij de verschillende verwarmingssystemen zijn weergegeven in bijlage 9.

### 7.3.3. Uitwerkingen EPC berekeningen

Alle EPC berekeningen voor de tussenwoning zijn uitgewerkt in bijlage 8. Daarbij zijn dezelfde systemen gebruikt als bij de berekeningen voor het Knik naar de Zon gebouw (bijlage 7). Er is echter een vijfde variant toegevoegd: IR vloerverwarming in combinatie met een warmwater warmtepomp. Het betreft:

1. De HR-107 combi ketel. Deze wordt zowel gebruikt in de combinatie met als zonder warmtapwater. Deze combinatie is eveneens gebruikt als controle berekening in vergelijking met de berekening in de norm;
2. Variant twee maakt geen gebruik van een zonnecollector van 6,54 $m^2$ en een warmwater toestel voor het warmtapwater;
3. Deze variant gebruikt een E-boiler voor het warmtapwater;
4. Bij deze variant is de E-boiler gecombineerd met een zonnecollector van 6,54 $m^2$;
5. IR vloerverwarming in combinatie met een warmtepomp met en zonder zonnecollectoren en met gebalanceerde ventilatie alsmede natuurlijke ventilatie. Vier alternatieven derhalve.

In bijlage 4 zijn, net als voor Knik naar de Zon weer de verschillende combinaties gevisualiseerd.

## 7.4. Conclusie EPC berekeningen

Naast het warmteverlies is enerzijds het warmwatergebruik en anderzijds de manier waarop energie verkregen wordt (duurzaam of via nutsbedrijf) belangrijk. De mix van deze drie componenten bepalen de EPC. Omdat de IR vloerverwarming een gelijk comfort creëert bij een 2 graden lagere ruimtetemperatuur resulteert dit in een ca. 35% lager energieverbruik hetgeen een uitstekende basis vormt voor de EPC.

Om een zo laag mogelijke EPC te behalen dient dus met de andere twee componenten te worden gecombineerd. In bijlage 8 zijn voor de tussenwoning veel varianten doorgerekend waarbij de combinatie IR-vloerverwarming met een warmtepomp voor warm water en duurzame eigen energieopwekking uiteindelijk de beste score laat zien. Dit kan in de vorm van PV panelen voor elektriciteit en een zonnecollector voor warm water. Uiteraard bieden andere vormen van duurzame energieopwekking met bijvoorbeeld een WKK installatie of energiecertificaten van een coöperatie dezelfde voordelen.

Een optimale mix van deze systemen kan al snel leiden tot een EPC van 0 (zie bijlage 4). Zo kan de combinatie infrarood vloerverwarming met warmtepomp voor de NEN 5128:2004 woning met voorgevel op het Zuiden met een zonnecollector van 6,54 m2 in combinatie met 24 m2 PV panelen volledig energie neutraal worden. Dit is variant [5] van de tussenwoning met voorgevel Zuid in bijlage 8: EPC=0

Samenvattend is de conclusie dat indien men kiest voor de energiezuinige IR vloerverwarming in combinatie met een warmtepomp de NEN 5128:2004 woning al met 6,54 m2 zonnecollector en slechts 8 m2 PV panelen voldoet aan de EPC norm van 0,4 voor 2015.

Plaatst men dat in het perspectief van nieuwbouw, waar het warmteverlies beduidend lager zal zijn dan in de NEN 5128:2004 woning dan zal met beperkte middelen snel aan de EPC eisen van 2015 worden voldaan. De warmwatervoorziening zal in die situatie de grootste uitdaging vormen. Bij de tussenwoning vergt dit maar liefst gemiddeld 12491 MJ. (af te lezen in variant [1], zonder zonnecollectoren).

## 8. Berekening energieverbruik

Tijdens de meetperiode is met de kWh-meter continu het elektriciteitsverbruik van het IR-vloerverwarmingssysteem gemeten.

Aan de hand van deze data kunnen we zowel het gemiddelde opgenomen (en dus ook afgegeven) vermogen van het verwarmingssysteem alsmede het elektriciteitsverbruik op basis van het aantal graaddagen naar een jaarverbruik omrekenen.

In een periode van 11 dagen (= 11 * 24 = 264 uur) is door het systeem in de kerstperiode 31,71 kWh (= 31.710 Wh) verbruikt.

Omgerekend naar een gemiddeld vermogen komt dit neer op: $P = \frac{E - verbruik}{t} = \frac{31710Wh}{264h} = 120W$ voor de volledige ruimte.

De oppervlakte van de testruimte bedraagt 12,6 $m^2$. Het afgegeven vermogen per $m^2$ bedraagt dus $P_{sp} = \frac{P}{A_{vloer}} = \frac{120\,W}{12{,}6\,m^2} = 9{,}53W/m^2$.

De energieverbruiksberekening op basis van deze metingen levert een geschat jaarverbruik op van 179 à 196 kWh voor de testruimte van 12,6 $m^2$.
Dit komt overeen met 14,2 à 15,6 kWh/$m^2$jr. Hierbij is geen dag/ nacht correctie toegepast.

De norm voor een passiefhuis ligt op 15 kWh/$m^2$jr rekening houdend met interne warmtebronnen, warmtewinst door zoninstraling enz.

## 9. Berekening golflengte infraroodstraling

Naast de EPC berekening is er door de opdrachtgever gevraagd om de golflengte van de uitgezonden straling te bepalen. Zodra de golflengte bekend is kan er gekeken worden in het stralingsspectrum om te bepalen wat het type is van de uitgezonden straling. Om dit te bepalen is de vloertemperatuur gemeten en gelogd.

Volgens de verschuivingswet van Wien geldt dat de golflengte omgekeerd evenredig is met de temperatuur in Kelvin. De frequentie is recht evenredig met de temperatuur.

De formule om de golflengte bij het maximale vermogen te bepalen luidt:

$$\lambda_{max} = \frac{b}{T}$$

met

$\lambda_{max}$ golflengte in meter

$b$ constante van Wien: $2{,}897\ 77 \times 10^{-3}$ K·m [1]

$T$ temperatuur in Kelvin

Wien heeft de formule afgeleid uit proeven en theoretisch bewezen. Daarnaast volgt hij rechtstreeks uit de wet van Planck.

Tijdens de meting in de kerstvakantie is de minimale vloertemperatuur 15,3°C geweest. De maximale vloertemperatuur is 25,1°C geweest. Als hierop de verschuivingswet van Wien wordt toegepast volgt hieruit de golflengte.

**Tabel 1 Golflengte straling**

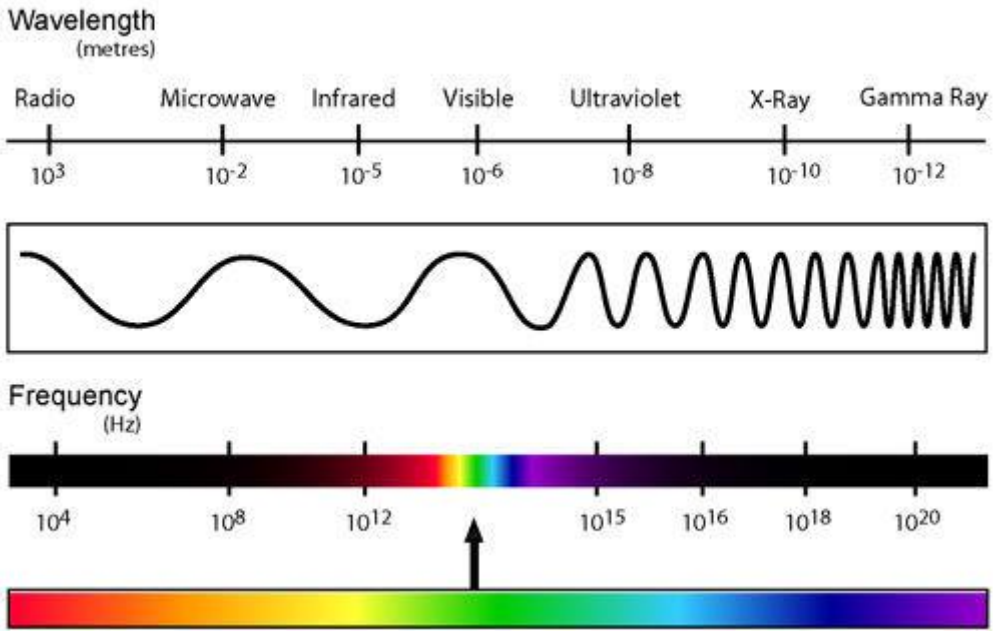
| T in C | T in K | Golflengte in m | Golflengte in um |
|---|---|---|---|
| **15,3** | 288,3 | 1,005E-05 | 10,05 |
| **15,8** | 288,8 | 1,003E-05 | 10,03 |
| **16,3** | 289,3 | 1,001E-05 | 10,01 |
| **16,8** | 289,8 | 9,999E-06 | 09,99 |
| **17,3** | 290,3 | 9,981E-06 | 09,98 |
| **17,8** | 290,8 | 9,964E-06 | 09,96 |
| **18,3** | 291,3 | 9,947E-06 | 09,94 |
| **18,8** | 291,8 | 9,930E-06 | 09,93 |
| **19,3** | 292,3 | 9,913E-06 | 09,91 |
| **19,8** | 292,8 | 9,896E-06 | 09,89 |
| **20,3** | 293,3 | 9,879E-06 | 09,87 |
| **20,8** | 293,8 | 9,863E-06 | 09,86 |
| **21,3** | 294,3 | 9,846E-06 | 09,84 |
| **21,8** | 294,8 | 9,829E-06 | 09,82 |
| **22,3** | 295,3 | 9,812E-06 | 09,81 |
| **22,8** | 295,8 | 9,796E-06 | 09,79 |
| **23,3** | 296,3 | 9,779E-06 | 09,77 |
| **23,8** | 296,8 | 9,763E-06 | 09,76 |
| **24,3** | 297,3 | 9,746E-06 | 09,74 |
| **24,8** | 297,8 | 9,730E-06 | 09,73 |
| **25,1** | 298,1 | 9,720E-06 | 09,72 |

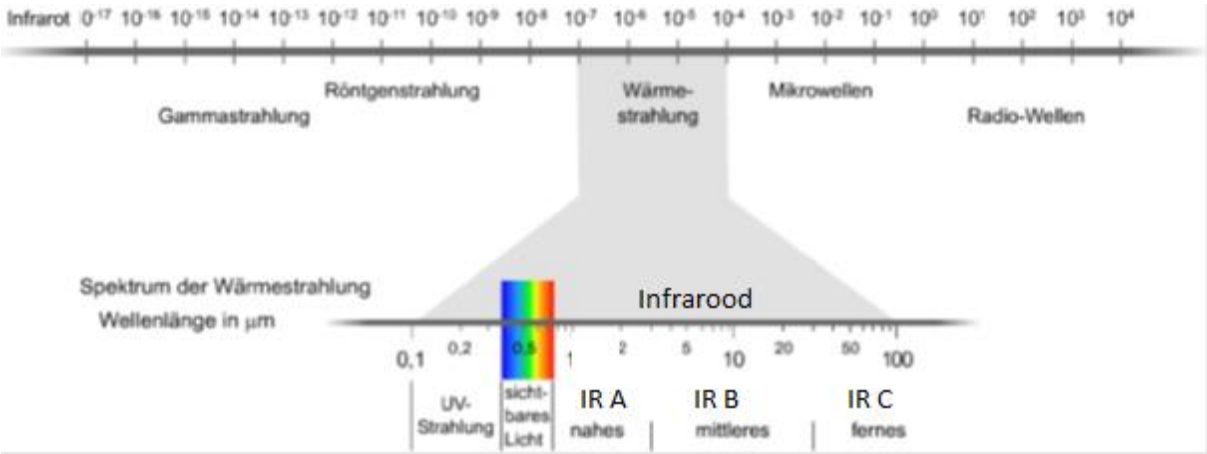
Tijdens de meetperiode is ook de maximaal haalbare vloertemperatuur gemeten. Dit door langdurig de maximale energie toe te voeren. Hierbij is een maximale vloertemperatuur behaald van 56,2°C. In “Tabel 2 Golflengte max. temp.” is de golflengte berekend voor deze maximale temperatuur. Deze valt nog steeds in het IR-B gebied.

**Tabel 2 Golflengte max. temp.**

| T in C | T in K | Golflengte in m | Golflengte in um |
|---|---|---|---|
| **56,2** | 329,2 | 8,802E-06 | 08,80 |

Uit de Figuur 1 Spectrum valt af te lezen dat alle uitgezonden straling binnen het middelste infraroodspectrum valt.




**Figuur 1 Spectrum**

## 10. Conclusie

Het doel van dit onderzoek was om uitsluitsel te geven over de energieprestatie in relatie tot de comfortbeleving van het infrarood vloerverwarmingssysteem van HSI. Hiervoor zijn de volgende onderzoeken uitgevoerd:

1. Het type en de hoeveelheid straling die vrijkomt bij de IR verwarmingslinten
2. Het bepalen van het comfortlevel van de IR vloerverwarming
3. EPC berekeningen in vergelijk met conventionele verwarmingssystemen
4. Combinaties die leiden tot een EPC waarde van 0.

### 1. Het type en de hoeveelheid straling die vrijkomt bij de IR verwarmingslinten

Het type straling is berekend aan de hand van de oppervlaktetemperatuur van de vloer in de testruimte. Voor de golflengte (type straling) geldt dat deze te berekenen is m.b.v. de verschuivingswet van Wien. Uit de berekening is gebleken dat de golflengte van de door de IR vloerverwarming uitgestraalde warmte tussen de 9,72 x $10^{-6}$ en 10,05 x $10^{-6}$ m ligt. Deze golflengte ligt in het golflengtegebied van de IR-B infraroodstraling. De IR- B straling is de middengolf infrarood straling die ook wordt toegepast in medische apparatuur en sauna's.

De hoeveelheid straling is bepaald aan de hand van het door het vloerverwarmingssysteem opgenomen elektrisch vermogen. De hoeveelheid straling is niet constant, maar fluctueert uiteraard naar gelang de warmtebehoefte. Tijdens de meetperiode zijn stralingshoeveelheden op basis van het stroomverbruik (input) gemeten die liggen tussen 0 en 10,6 W/$m^2$.
Op basis van de gemeten vloertemperaturen (output) tussen 15,3 en 25,1°C tijdens de meetperiode ligt de stralingswarmteoverdracht echter tussen 0 en 37,4 W/$m^2$. Dit is berekend op basis van de Wet van Planck.

Er is dus een verschil tussen de hoeveelheid straling die volgt uit het gemeten elektriciteitsverbruik (max 10,6 W/$m^2$) en de hoeveelheid straling als gevolg van de gemeten vloertemperatuur (max 37,4 W/$m^2$). Dit is geen 1 op 1 relatie. De combinatie van HSI besturingstechniek met het specifieke infra rood verwarmingslint lijkt dus op een efficiënte manier piekbelastingen aan de vraagzijde te reguleren. In dit onderzoek is dit niet verder onderzocht.

## 2. Het bepalen van het comfortlevel van de IR vloerverwarming

Het optimale comfortlevel (PMV = 0) van het infrarood vloerverwarmingssysteem wordt bereikt bij een gemiddelde luchttemperatuur van 16°C en een gemiddelde vloertemperatuur van 17°C. Dat is gemiddeld 2 graden lager dan bij een conventioneel vloerverwarmingssysteem. In bijlage 9 zijn op basis van dit resultaat conform de EPC NEN norm 5128-2004 de warmteverliezen voor zowel een conventioneel verwarmingssysteem als de Infra rood vloerverwarming berekend. Hieruit volgt dat eenzelfde comfortniveau wordt bereikt bij een warmteverlies van resp. 63% voor het Knik naar de Zon gebouw (16874 versus 10559 MJ) en 68% (4959 versus 3372) voor de tussenwoning. Dat betekent dat Infra Rood vloerverwarming dus resp. 37% en 32% minder energie verbruikt dan conventionele verwarmingssystemen. Hoe groter het vloeroppervlak hoe groter de procentuele besparing.

## 3. EPC berekeningen in vergelijk met conventionele verwarmingssystemen

Met behulp van het EPC-berekeningsprogramma van de NEN 5128-2004 zijn een groot aantal varianten doorgerekend met als doel een beeld te schetsen met welke installatievarianten voldaan kan worden aan de huidige en toekomstige EPC-eis. Het resultaat van deze varianten studie is als samenvatting terug te vinden in bijlage 4. Belangrijkste conclusie is dat de combinatie IR vloerverwarming met een warmtepomp voor de warmwatervoorziening een betere EPC waarde scoort (EPC=0,66) dan een gas HR 107 combi systeem (EPC = 0,73). In de vergelijking wordt in beide varianten geen gebruik gemaakt van duurzame energieopwekking. Het betreft in deze vergelijking de rijtjeswoning Noord/ Zuid met voorgevel op Noord. Dit resultaat is opvallend omdat zonder duurzame energieopwekking in de EPC berekeningen voor de benodigde (elektrische) energie ten behoeve van de IR vloerverwarming de correctiefactor 0,39 wordt toegepast.

## 4. Combinaties die leiden tot een EPC waarde van 0.

Uit de berekeningen blijkt dat EPC waardes van nul enkel gescoord kunnen worden indien gebruik gemaakt wordt van zonnecollectoren in combinatie met PV panelen. De enige combinaties deel uit makend van dit onderzoek die hiervoor interessant zijn, zijn de combinaties die ook reeds in de vorige paragraaf zijn benoemd. Een HR 107 combiketel of IR vloerverwarming in combinatie met warmtepomp. Het nadeel van de HR combi is echter dat er fossiele brandstoffen worden gebruikt die dan omwille van een lage EPC worden gecompenseerd met duurzame elektriciteit- of warmwateropwekking. Bij de IR verwarming bereikt men onder de streep hetzelfde EPC resultaat, echter zonder CO2 uitstoot. Beide

combinaties scoren met een totaal van ca. 23 $m^2$ PV of zonnecollector panelen energieneutraal.

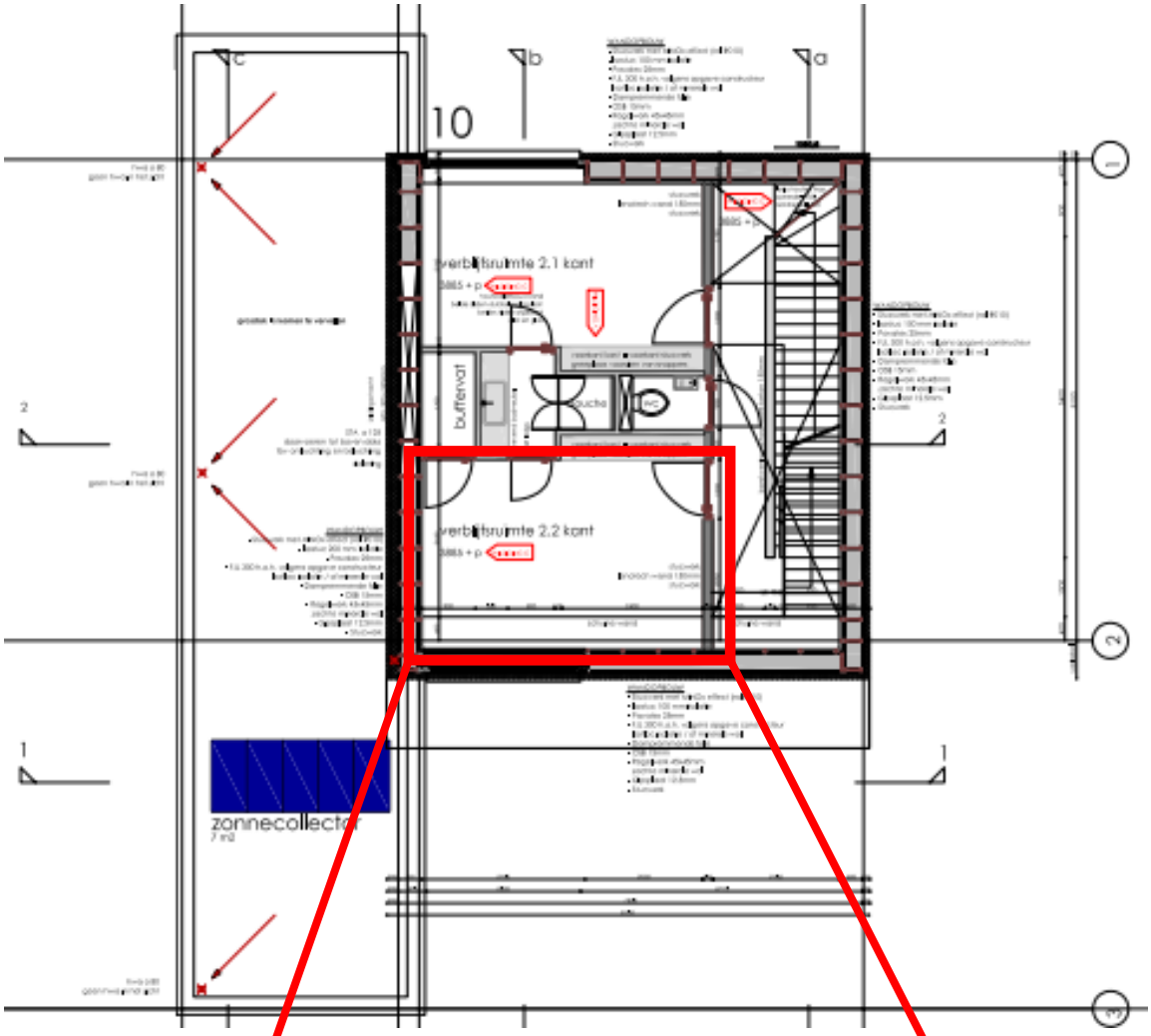
Eindconclusie

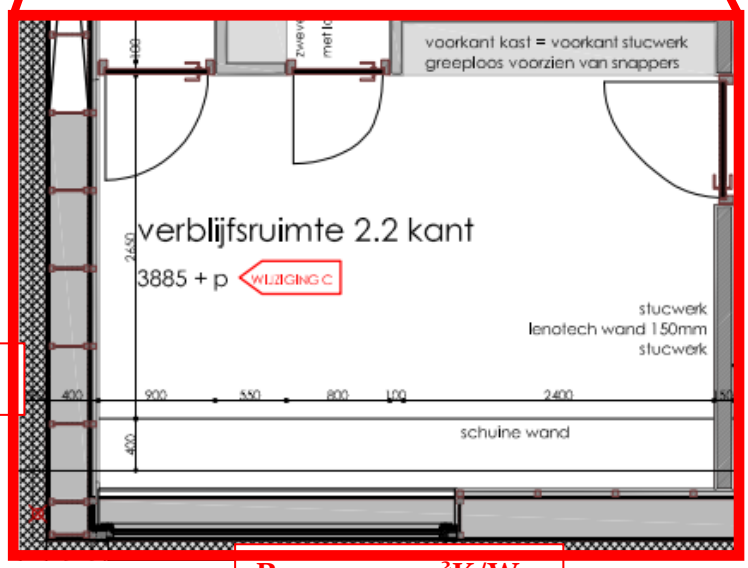
De resultaten van de bovenstaande onderzoeken in ogenschouw nemend kan worden geconcludeerd dat het doel van dit onderzoek: “uitsluitsel geven over de energieprestatie in relatie tot de comfortbeleving van het infrarood vloerverwarmingssysteem van HSI” een uitstekend resultaat levert.

De IR vloerverwarming van HSI levert een gelijk comfortniveau bij een 35% lager energieverbruik. Hiermee wordt, indien men kiest voor een warmtepomp als warmwater voorziening een EPC bereikt die lager is dan de EPC van een combi HR 107 gas systeem.
Door IR vloerverwarming te combineren met duurzame energieopwekking kan een EPC waarde van 0 gehaald worden zonder dat er gebruik wordt gemaakt van fossiele brandstoffen.

## 11. Bijlagen

### 11.1. Bijlage 1: Plattegrond eerste verdieping Knik naar de Zon met testruimte



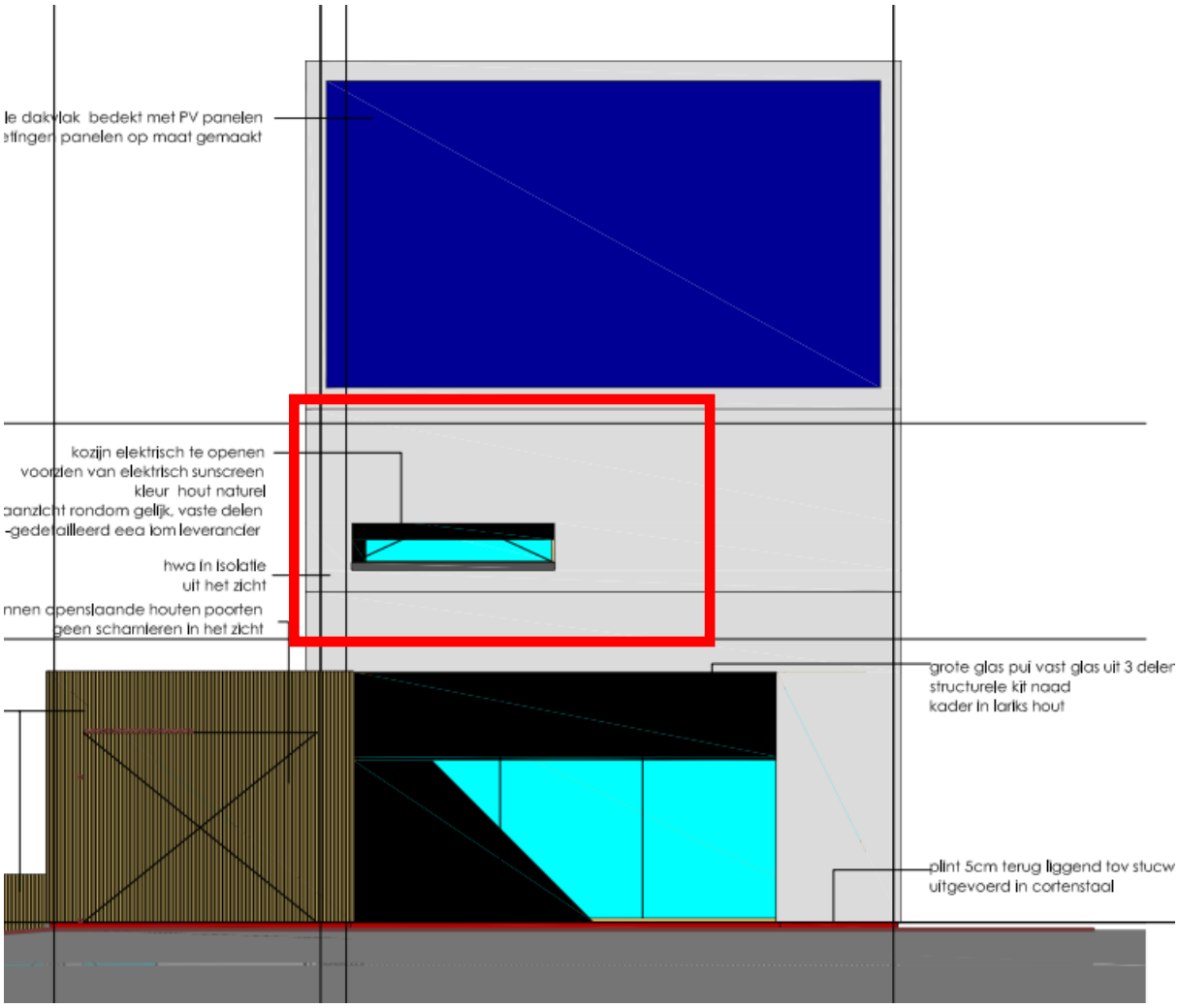




$R_{tot}$ = 16,78 m²K/W

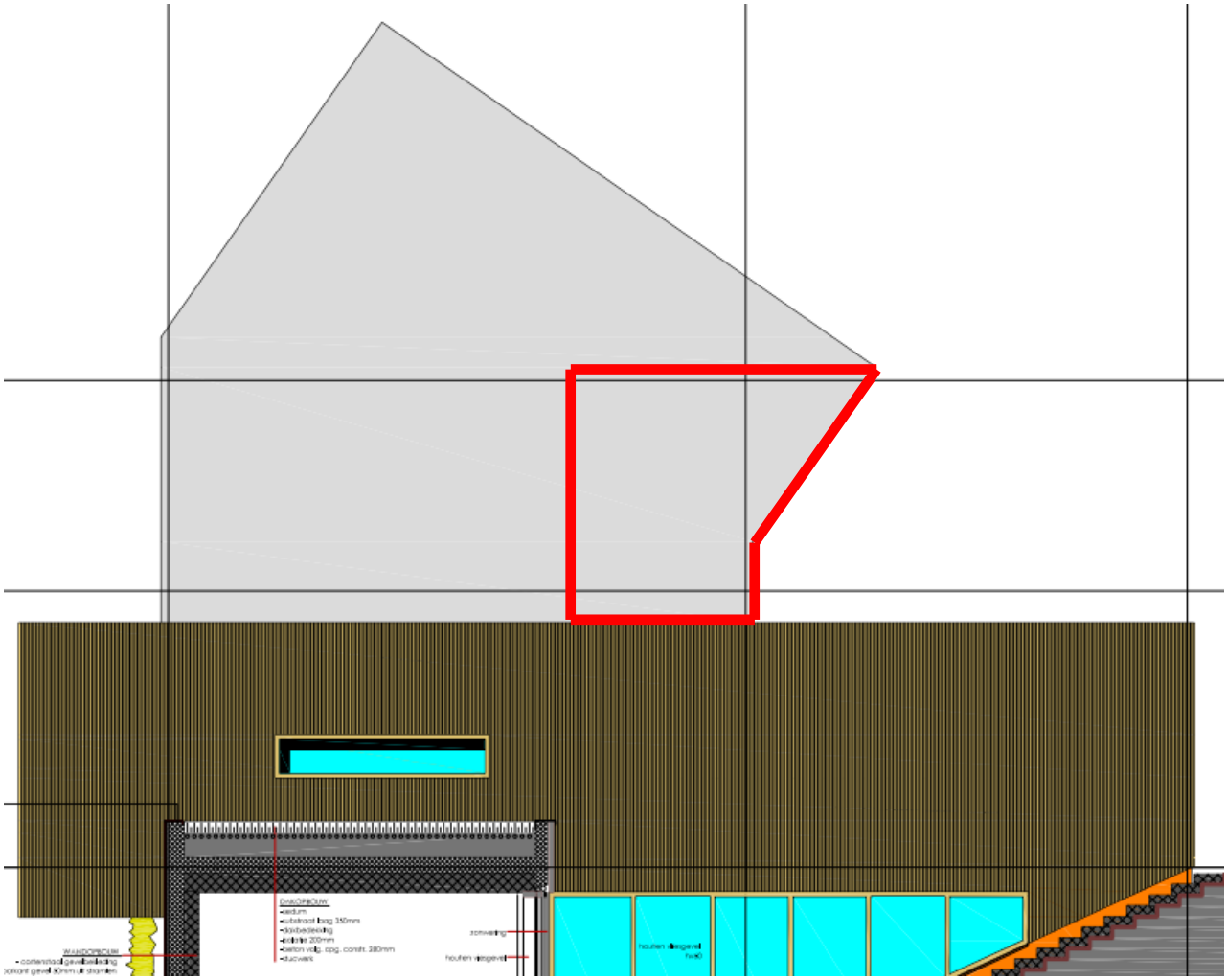
$R_{tot}$ = 13,21 m²K/W

## 11.2. Bijlage 2: Gevelaanzicht Knik naar de Zon gebouw

**Zuidgevel**



**Westgevel**



## 11.3. Bijlage 3: Samenvatting meetresultaten infrarood vloerverwarmingssysteem

| Testperiode | Instelling | Weekend | | | | | | | Week | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $T_{vloer}$; $T_{lucht}$ | Dagen | PMV | PPD | $T_{buiten}$ | E-verbruik [kWh] | Vermogen [W] | vermogen p. m² [W/m²] | Dagen | PMV | PPD | $T_{buiten}$ | E-verbruik [kWh] | Vermogen [W] | vermogen p. m² [W/m²] |
| 13-14 nov | -; 18°C | 0 | - | - | - | - | - | - | 2 | 0.22 | 6.04% | 4.4 | 3.78 | 78.8 | 6.3 |
| 16-17 nov | -; 20°C | 2 | 0.46 | 9.49% | 1.6 | 14.62 | 304.6 | 24.4 | 0 | - | - | - | - | - | - |
| 18-19 nov | -; 18°C | 0 | - | - | - | - | - | - | 1 | 0.22 | 6.03% | 3.5 | 3.36 | 129.2 | 10.3 |
| 20-21 nov | -; 17,5°C | 0 | - | - | - | - | - | - | 2 | 0.14 | 5.39% | 2.5 | 1.83 | 38.1 | 3.1 |
| 25-26 nov | -; 17°C | 0 | - | - | - | - | - | - | 1 | 0.13 | 5.38% | 0.9 | 3.19 | 132.9 | 10.6 |
| 27-28 nov | 16,5/17,5; 17,5°C | 0 | - | - | - | - | - | - | 2 | 0.09 | 5.19% | 4.6 | 0.75 | 15.6 | 1.3 |
| 30 nov-1 dec | 16,5/17,5; 16,5°C | 2 | 0.09 | 5.22% | 4.5 | 0.05 | 1.0 | 0.1 | 0 | - | - | - | - | - | - |
| 4-6 dec | 16,5/17,5; 17°C | 0 | - | - | - | - | - | - | 2 | 0.05 | 5.06% | 3.3 | - | - | - |
| 7-9 dec | 16,5/17,5; 17°C | 2 | 0.12 | 5.36% | 5.2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.2 | 6.10% | 6.1 | 0 | 0 | 0 |
| 11-15 dec | 16,5/17,5; 17°C | 2 | 0.04 | 5.05% | 5.6 | 2.34 | 48.8 | 3.9 | 3 | 0.22 | 6.29% | 2.3 | 0.06 | 0.8 | 0.1 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

| Testperiode | Instelling | Weekend | | | | | | | Week | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $T_{vloer}$; $T_{lucht}$ | Dagen | PMV | PPD | $T_{buiten}$ | E-verbruik | Vermogen [W] | vermogen p. m² [W/m²] | Dagen | PMV | PPD | $T_{buiten}$ | E-verbruik | Vermogen [W] | vermogen p. m² [W/m²] |
| 21-27 dec | 16,5/17,5; 17°C | 11 | -0.08 | 5.28% | 5.3 | 31.16 | 110.5 | 6.6 | 0 | - | - | - | - | - | - |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

## 11.4. Bijlage 4: Overzicht varianten Knik naar de Zon gebouw Zuidoriëntatie

In onderstaande tabellen zijn vlakken rood indien het totaal aantal m² PV en zonnecollector panelen groter is dan het beschikbare dakoppervlak. De combinatie is daarmee niet realiseerbaar.

| Gebouw | Variant | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Basisinstallatie | | | EPC | Aanvullende installatie | |
| | Verwarming | Tapwater | Ventilatie | | Tapwater | pv-panelen |
| Knik naar de Zon gebouw | IR-verwarming | ww-toestel η=0,75 | Gebal. vent. η=0,95 | 0,51 | 6,54 m² zonnecoll. | 0 m² |
| | | | | 0,4 | | 21 m² |
| | | | | 0,6 | | 38 m² |
| | | E-boiler η=0,275 | | 0,4 | | 78 m² |
| | | | | 0,6 | --- | 71 m² |
| | | | | 0,4 | | 111 m² |
| | | | | 0,6 | 10 m² zonnecoll. | 29 m² |
| | | | | 0,4 | | 69 m² |
| | E-verwarming | ww-toestel η=0,75 | Gebal. vent. η=0,95 | 0,59 | 6,54 m² zonnecoll. | 0 m² |
| | | | | 0,4 | | 38 m² |
| | | | | 0,6 | | 55 m² |
| | | E-boiler η=0,275 | | 0,4 | | 95 m² |
| | | | | 0,6 | --- | 88 m² |
| | | | | 0,4 | | 128 m² |
| | | | | 0,6 | 10 m² zonnecoll. | 45 m² |
| | | | | 0,4 | | 85 m² |

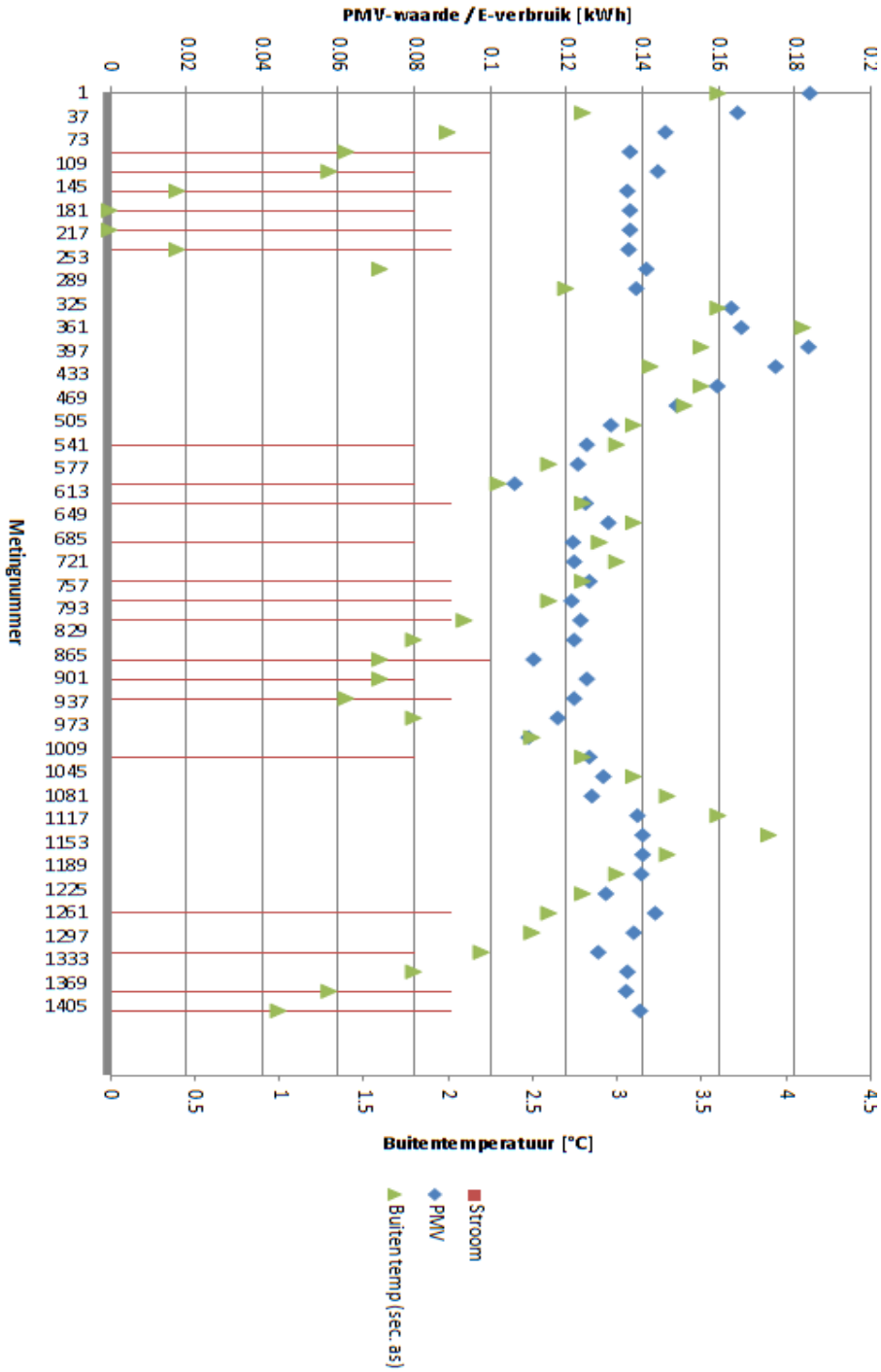
| Gebouw | Variant | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Basisinstallatie | | | | Aanvullende installatie | |
| | Verwarming | Tapwater | Ventilatie | EPC | Tapwater | PV-panelen [$m^2$] |
| Rijtjeswoning Noord/Zuid (voorgevel op Noord) | HR 107 **met $\eta_{opw}$=0,652 en $\eta_{syst}$=0,742** | | Gebalanceerd **met η=0,95** | 0,73 | - | 0 |
| | | | | 0,60 | | 6 |
| | | | | 0,40 | | 14 |
| | | | | 0,00 | | 23 |
| | IR | ww-toestel **met $\eta_{opw}$=0,604 en $\eta_{syst}$=0,742** | | 0,62 | ZC 6,54 | 0 |
| | | | | 0,60 | | 1 |
| | | | | 0,40 | | 9 |
| | | | | 0,25 | | 16 |
| | | E-boiler **met $\eta_{opw}$=0,266 en $\eta_{syst}$=0,742** | | 1,21 | - | 0 |
| | | | | 0,60 | | 26,5 |
| | | | | 0,40 | | 35 |
| | | | | 0,73 | ZC 6,54 | 0 |
| | | | | 0,60 | | 7 |
| | | | | 0,40 | | 16 |
| | | Warmtepomp **met $\eta_{opw}$=0,979 en $\eta_{syst}$=0,739 COP=2,72** | | 0,54 | | 0 |
| | | | | 0,60 | | 0 |
| | | | | 0,40 | | 6 |
| | | | | 0,00 | | 16 |
| | | | | 0,66 | - | 0 |
| | | | | 0,60 | | 3 |
| | | | | 0,40 | | 11 |
| | | | | 0,00 | | 23 |
| | | | Natuurlijk | 1,57 | | 0 |
| | | | | 0,60 | | 42 |
| | | | | 0,40 | | 51 |
| | Elektrisch | ww-toestel **met $\eta_{opw}$=0,604 en $\eta_{syst}$=0,742** | Gebalanceerd **met η=0,95** | 0,62 | ZC 6,54 | 0 |
| | | | | 0,60 | | 3 |
| | | | | 0,40 | | 12 |
| | | | | 0,30 | | 16 |
| | | E-boiler **met $\eta_{opw}$=0,266 en $\eta_{syst}$=0,742** | | 1,26 | - | 0 |
| | | | | 0,60 | | 29 |
| | | | | 0,40 | | 38 |
| | | | | 0,77 | ZC 6,54 | 0 |
| | | | | 0,60 | | 10 |
| | | | | 0,40 | | 19 |
| | | | | 0,46 | | 16 |

| Gebouw | Variant | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Basisinstallatie | | | | Aanvullende installatie | |
| | Verwarming | Tapwater | Ventilatie | EPC | Tapwater | PV-panelen [$m^2$] |
| Rijtjeswoning Oost/West (voorgevel op West) | HR 107 **met $\eta_{opw}$=0,652 en $\eta_{syst}$=0,742** | | Gebalanceerd **met η=0,95** | 0,74 | - | 0 |
| | | | | 0,60 | | 7 |
| | | | | 0,40 | | 18 |
| | IR | ww-toestel **met $\eta_{opw}$=0,604 en $\eta_{syst}$=0,742** | | 0,61 | ZC 6,54 | 0 |
| | | | | 0,60 | | 1 |
| | | | | 0,40 | | 11 |
| | | | | 0,00 | | 32 |
| | | E-boiler **met $\eta_{opw}$=0,266 en $\eta_{syst}$=0,742** | | 1,20 | - | 0 |
| | | | | 0,60 | | 31 |
| | | | | 0,40 | | 41 |
| | | | | 0,00 | | 62 |
| | | | | 0,78 | ZC 6,54 | 0 |
| | | | | 0,60 | | 9 |
| | | | | 0,40 | | 20 |
| | | Warmtepomp **met $\eta_{opw}$=0,979 en $\eta_{syst}$=0,742 COP=2,72** | | 0,57 | | 0 |
| | | | | 0,40 | | 9 |
| | | | | 0,00 | | 29 |
| | | | | 0,68 | - | 0 |
| | | | | 0,60 | | 4 |
| | | | | 0,40 | | 15 |
| | | | | 0,00 | | 35 |
| | Elektrisch | ww-toestel **met $\eta_{opw}$=0,604 en $\eta_{syst}$=0,742** | Gebalanceerd **met η=0,95** | 0,71 | ZC 6,54 | 0 |
| | | | | 0,60 | | 6 |
| | | | | 0,40 | | 16 |
| | | | | 0,00 | | 37 |
| | | E-boiler **met $\eta_{opw}$=0,266 en $\eta_{syst}$=0,742** | | 1,29 | - | 0 |
| | | | | 0,60 | | 36 |
| | | | | 0,40 | | 46 |
| | | | | 0,00 | | 67 |
| | | | | 0,87 | ZC 6,54 | 0 |
| | | | | 0,60 | | 14 |
| | | | | 0,40 | | 24 |
| | | | | 0,00 | | 45 |

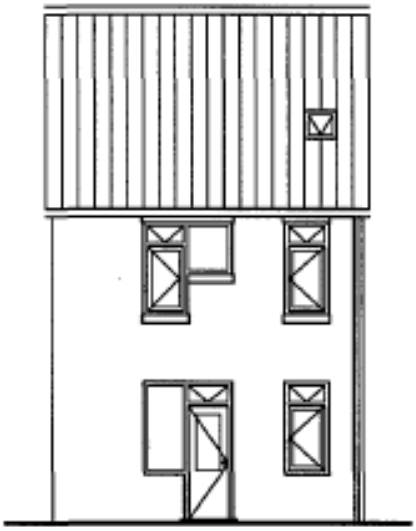
| Gebouw | Variant | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Basisinstallatie | | | | Aanvullende installatie | |
| | Verwarming | Tapwater | Ventilatie | EPC | Tapwater | PV-panelen[$m^2$] |
| Rijtjeswoning Noord/Zuid voorgevel op Zuid | HR 107 **met $\eta_{opw}$=0,607 en $\eta_{syst}$=0,742** | | Gebalanceerd **met η=0,95** | 0,72 | - | 0 |
| | | | | 0,60 | | 5 |
| | | | | 0,40 | | 14 |
| | | | | 0,00 | | 31 |
| | IR | ww-toestel **met $\eta_{opw}$=0,604 en $\eta_{syst}$=0,742** | | 0,58 | ZC 6,54 | 0 |
| | | | | 0,40 | | 8 |
| | | | | 0,00 | | 25 |
| | | E-boiler **met $\eta_{opw}$=0,266 en $\eta_{syst}$=0,742** | | 1,26 | - | 0 |
| | | | | 0,60 | | 25 |
| | | | | 0,40 | | 34 |
| | | | | 0,00 | | 51 |
| | | | | 0,73 | ZC 6,54 | 0 |
| | | | | 0,60 | | 6 |
| | | | | 0,40 | | 14,5 |
| | | | | 0,00 | | 32 |
| | | Warmtepomp **met $\eta_{opw}$=0,979 en $\eta_{syst}$=0,742 COP=2,72** | | 0,55 | | 0 |
| | | | | 0,40 | | 8 |
| | | | | 0,00 | | 24 |
| | | | | 0,66 | - | 0 |
| | | | | 0,60 | | 4 |
| | | | | 0,40 | | 14 |
| | | | | 0,00 | | 33 |
| | | | Natuurlijk | 1,31 | - | 0 |
| | | | | 0,60 | | 31 |
| | | | | 0,40 | | 40 |
| | | | | 0,00 | | 57 |
| | Elektrisch | ww-toestel **met $\eta_{opw}$=0,604 en $\eta_{syst}$=0,742** | Gebalanceerd **met η=0,95** | 0,67 | ZC 6,54 | 0 |
| | | | | 0,60 | | 3 |
| | | | | 0,40 | | 12 |
| | | | | 0,00 | | 29 |
| | | E-boiler **met $\eta_{opw}$=0,266 en $\eta_{syst}$=0,739** | | 1,26 | - | 0 |
| | | | | 0,60 | | 29 |
| | | | | 0,40 | | 37 |
| | | | | 0,00 | | 55 |
| | | | | 0,81 | ZC 6,54 | 0 |
| | | | | 0,60 | | 10 |
| | | | | 0,40 | | 18 |
| | | | | 0,00 | | 35 |

| Gebouw | Variant | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Basisinstallatie | | | | Aanvullende installatie | |
| | Verwarming | Tapwater | Ventilatie | EPC | Tapwater | PV-panelen [$m^2$] |
| Rijtjeswoning Oost/West (voorgevel op Oost) | HR 107 **met $\eta_{opw}$=0,607 en $\eta_{syst}$=0,742** | | Gebalanceerd | 0,74 | - | 0 |
| | | | | 0,60 | | 7 |
| | | | | 0,40 | | 17 |
| | | | | 0,40 | | 38 |
| | IR | ww-toestel **met $\eta_{opw}$=0,604 en $\eta_{syst}$=0,742** | | 0,58 | ZC 6,54 | 0 |
| | | | | 0,60 | | 0 |
| | | | | 0,40 | | 11 |
| | | | | 0,00 | | 31,5 |
| | | E-boiler **met $\eta_{opw}$=0,266 en $\eta_{syst}$=0,742** | | 1,20 | - | 0 |
| | | | | 0,60 | | 31 |
| | | | | 0,40 | | 41 |
| | | | | 0,00 | | 62 |
| | | | | 0,78 | ZC 6,54 | 0 |
| | | | | 0,60 | | 9 |
| | | | | 0,40 | | 19 |
| | | | | 0,00 | | 40 |
| | | Warmtepomp **met $\eta_{opw}$=0,979en $\eta_{syst}$=0,742 COP=2,72** | **met η=0,95** | 0,57 | | 0 |
| | | | | 0,60 | | 0 |
| | | | | 0,40 | | 8 |
| | | | | 0,00 | | 29 |
| | | | | 0,68 | - | 0 |
| | | | | 0,60 | | 4 |
| | | | | 0,40 | | 14 |
| | | | | 0,40 | | 35 |
| | Elektrisch | ww-toestel **met $\eta_{opw}$=0,604 en $\eta_{syst}$=0,742** | Gebalanceerd | 0,71 | ZC 6,54 | 0 |
| | | | | 0,60 | | 6 |
| | | | | 0,40 | | 16 |
| | | | | 0,00 | | 36 |
| | | E-boiler | | 1,29 | - | 0 |
| | | | | 0,60 | | 36 |
| | | | | 0,40 | | 46 |
| | | | | 0,00 | | 66 |
| | | **met $\eta_{opw}$=0,266 en $\eta_{syst}$=0,742** | **met η=0,95** | 0,87 | ZC 6,54 | 0 |
| | | | | 0,60 | | 14 |
| | | | | 0,40 | | 24,5 |
| | | | | 0,00 | | 44,6 |

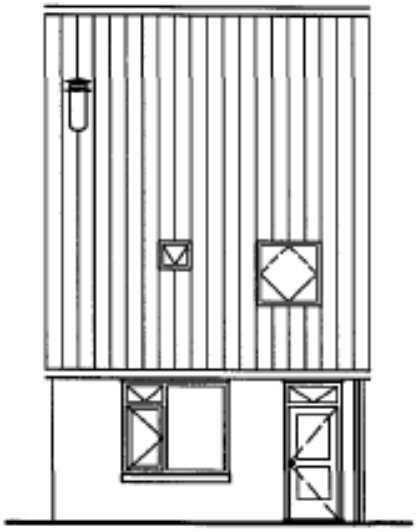
## 11.5. Bijlage 5: PMV waarde uitgezet tegen de buitentemperatuur Overzicht



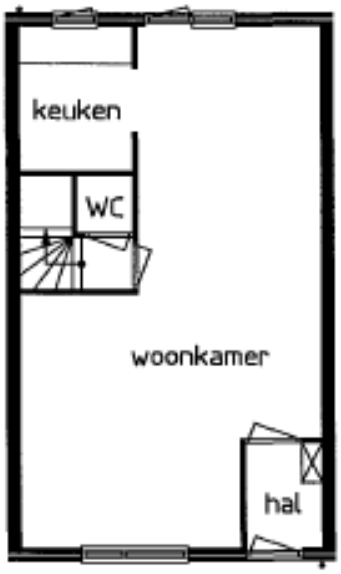
## 11.6. Bijlage 6: Tekeningen tussenwoning



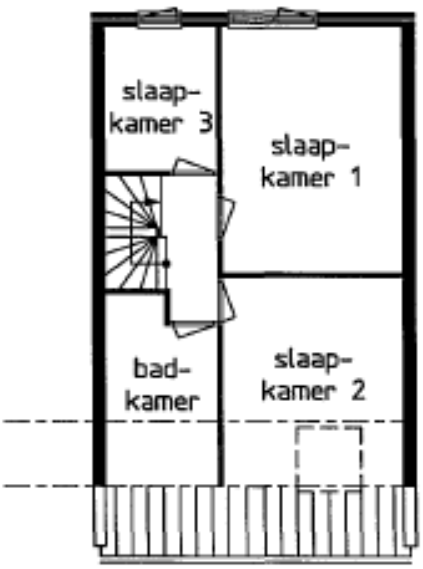
achtergevel



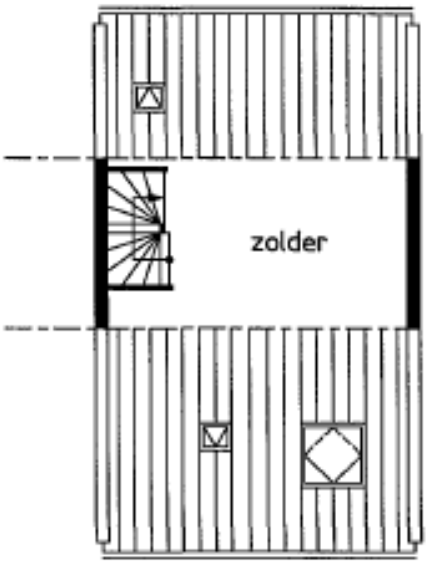
voorgevel




begane grond




verdieping




zolder

**Bron: NEN 5128-2004**

## 11.7. Bijlage 7: EPC Reken Resultaten Knik naar de Zon gebouw (allen gebaseerd op gebalanceerde ventilatie)

| **[1] IR-verwarming**<br>**Tapwater ZC6,54 + ww toestel**<br>**met $\eta_{opw}$=0,604 en $\eta_{syst}$=0,742** | | **[1] E-verwarming**<br>**Tapwater ZC6,54 + ww toestel**<br>**met $\eta_{opw}$=0,604 en $\eta_{syst}$=0,742** | | **[2]IR-verwarming**<br>**Tapwater E-boiler**<br>**met $\eta_{opw}$=0,275 en $\eta_{syst}$=0,739** | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** |
| Verwarming | 27074 | Verwarming | 43330 | Verwarming | 27074 |
| Hulpenergie | 0 | Hulpenergie | 0 | Hulpenergie | 0 |
| Warmtapwater | 33525 | Warmtapwater | 33525 | Warmtapwater | 123544 |
| Ventilatoren | 14306 | Ventilatoren | 14306 | Ventilatoren | 14306 |
| Verlichting | 20815 | Verlichting | 20815 | Verlichting | 20815 |
| Zomercomfort | 4436 | Zomercomfort | 4436 | Zomercomfort | 4436 |
| Koeling | 0 | Koeling | 0 | Koeling | 0 |
| Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 |
| Comp. PV-cellen | -59000 | Comp. PV-cellen | -38000 | Comp. PV-cellen | -66000 |
| Comp. WK | 0 | Comp. WK | 0 | Comp. WK | |
| | | | | | |
| Totaal | 41156 | Totaal | 78412 | Totaal | 124175 |
| EPC | 0,21 | EPC | 0,40 | EPC | 0,63 |
| 21 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 38 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 111 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | |
| 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,51 | | 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,59 | | 71 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | |

| **[2] E-verwarming**<br>**Tapwater E-boiler**<br>**met ηopw=0,275 en ηsyst=0,739** | | **[3] IR-verwarming**<br>**Tapwater ZC6,54 + E-boiler**<br>**met $\eta_{opw}$=0,275 en $\eta_{syst}$=0,739** | | **[3] E-verwarming**<br>**Tapwater ZC6,54 + E-boiler**<br>**met $\eta_{opw}$=0,275 en $\eta_{syst}$=0,739** | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** |
| Verwarming | 43330 | Verwarming | 27074 | Verwarming | 43330 |
| Hulpenergie | 0 | Hulpenergie | 0 | Hulpenergie | 0 |
| Warmtapwater | 123544 | Warmtapwater | 90418 | Warmtapwater | 90418 |
| Ventilatoren | 14306 | Ventilatoren | 14306 | Ventilatoren | 14306 |
| Verlichting | 20815 | Verlichting | 20815 | Verlichting | 20815 |
| Zomercomfort | 4436 | Zomercomfort | 4436 | Zomercomfort | 4436 |
| Koeling | 0 | Koeling | 0 | Koeling | 0 |
| Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 |
| Comp. PV-cellen | -66000 | Comp. PV-cellen | -59000 | Comp. PV-cellen | -59000 |
| Comp. WK | 0 | Comp. WK | | Comp. WK | 0 |
| | | | | | |
| Totaal | 140431 | Totaal | 98049 | Totaal | 114305 |
| EPC | 0,71 | EPC | | EPC | |
| 128 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 78 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 95 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | |
| 88 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | | 38 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | | 55 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | |

| **[4] IR-verwarming**<br>**Tapwater ZC10 + E-boiler**<br>**met ηopw=0,275 en ηsyst=0,739** | | **[4] E-verwarming**<br>**Tapwater ZC10 + E-boiler**<br>**met $\eta_{opw}$=0,275 en $\eta_{syst}$=0,739** | |
|---|---|---|---|
| **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** |
| Verwarming | 27074 | Verwarming | 43330 |
| Hulpenergie | 0 | Hulpenergie | 0 |
| Warmtapwater | 81334 | Warmtapwater | 81334 |
| Ventilatoren | 14306 | Ventilatoren | 14306 |
| Verlichting | 20815 | Verlichting | 20815 |
| Zomercomfort | 4436 | Zomercomfort | 4436 |
| Koeling | 0 | Koeling | 0 |
| Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 |
| Comp. PV-cellen | -56000 | Comp. PV-cellen | -56000 |
| Comp. WK | | Comp. WK | 43330 |
| | | | 0 |
| Totaal | 91965 | Totaal | 108221 |
| EPC | 0,46 | EPC | 0,548 |
| 69 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 85 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | |
| 29 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | | 45 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | |

## 11.8. Bijlage 8: Rekenresultaten tussenwoning Oriëntatie N/Z Voorgevel is Noord

| **[1]HR 107 combiketel met $\eta_{opw}$=0,975 en $\eta_{syst}$=1,0 verwarming met $\eta_{opw}$=0,652 en $\eta_{syst}$=0,742 warmtapwater. Gebalanceerde ventilatie** | | **[2] IR-verwarming Tapwater ZC6,54 + WW toestel met $\eta_{opw}$=0,604 en $\eta_{syst}$=0,742 Gebalanceerde ventilatie** | | **[2] E-verwarming Tapwater ZC6,54 + WW toestel met $\eta_{opw}$=0,604 en $\eta_{syst}$=0,742 Gebalanceerde ventilatie** | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** |
| Verwarming | 4636 | Verwarming | 9074 | Verwarming | 11590 |
| Hulpenergie | 2068 | Hulpenergie | 0 | Hulpenergie | 0 |
| Warmtapwater | 12491 | Warmtapwater | 5128 | Warmtapwater | 5128 |
| Ventilatoren | 5416 | Ventilatoren | 5416 | Ventilatoren | 5416 |
| Verlichting | 5015 | Verlichting | 5015 | Verlichting | 5015 |
| Zomercomfort | 1971 | Zomercomfort | 1971 | Zomercomfort | 1971 |
| Koeling | 0 | Koeling | 0 | Koeling | 0 |
| Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 |
| Comp. PV-cellen | -23000 | Comp. PV-cellen | -16000 | Comp. PV-cellen | -16000 |
| Comp. WK | 0 | Comp. WK | 0 | Comp. WK | 0 |
| | | | | | |
| Totaal | 8597 | Totaal | 10604 | Totaal | 13120 |
| EPC | 0,20 | EPC | 0,25 | EPC | 0,30 |
| 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,73 | | 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,58 | | 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,62 | |
| 6 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | | 1 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | | 3 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | |
| 14 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 9 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 12 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | |

| **[3] IR-verwarming**<br>**Tapwater E-boiler**<br>**met $\eta_{opw}$=0,266 en $\eta_{syst}$=0,742**<br>**gebalanceerde ventilatie** | | **[3] E-verwarming**<br>**Tapwater E-boiler**<br>**met $\eta_{opw}$=0,266 en $\eta_{syst}$=0,742**<br>**gebalanceerde ventilatie** | | **[4] IR-verwarming**<br>**Tapwater ZC6,54 + E-boiler**<br>**met $\eta_{opw}$=0,266 en $\eta_{syst}$=0,742**<br>**gebalanceerde ventilatie** | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** |
| Verwarming | 9074 | Verwarming | 11590 | Verwarming | 9074 |
| Hulpenergie | 0 | Hulpenergie | 0 | Hulpenergie | 0 |
| Warmtapwater | 30660 | Warmtapwater | 30660 | Warmtapwater | 11654 |
| Ventilatoren | 5416 | Ventilatoren | 5416 | Ventilatoren | 5416 |
| Verlichting | 5015 | Verlichting | 5015 | Verlichting | 5015 |
| Zomercomfort | 1971 | Zomercomfort | 1971 | Zomercomfort | 1971 |
| Koeling | 0 | Koeling | 0 | Koeling | 0 |
| Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 |
| Comp. PV-cellen | -23000 | Comp. PV-cellen | -23000 | Comp. PV-cellen | -16000 |
| Comp. WK | 0 | Comp. WK | 0 | Comp. WK | 0 |
| | | | | | |
| Totaal | 29136 | Totaal | 31652 | Totaal | 17130 |
| EPC | 0,67 | EPC | 0,73 | EPC | 0,40 |
| 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 1,21 | | 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 1,26 | | 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,73 | |
| 26 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | | 29 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | | 7 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | |
| 35 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 38 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 16 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | |
| 23 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,67 | | 23 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,73 | | 16 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | |

| **[4] E-verwarming**<br>**Tapwater ZC6,54 + E-boiler**<br>**met $\eta_{opw}$=0,266 en $\eta_{syst}$=0,742**<br>**gebalanceerde ventilatie** | | **[5] IR-Verwarming**<br>**ZC6,54 + Warmtepomp**<br>**met $\eta_{opw}$=0,979 en $\eta_{syst}$=0,742**<br>**COP = 2,72**<br>**gebalanceerde ventilatie** | | **[5] IR-Verwarming**<br>**Warmtepomp**<br>**met $\eta_{opw}$=0,979 en $\eta_{syst}$=0,742**<br>**COP = 2,72**<br>**gebalanceerde ventilatie** | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** |
| Verwarming | 11590 | Verwarming | 7841 | Verwarming | 7841 |
| Hulpenergie | 0 | Hulpenergie | 0 | Hulpenergie | 0 |
| Warmtapwater | 11654 | Warmtapwater | 3174 | Warmtapwater | 8351 |
| Ventilatoren | 5416 | Ventilatoren | 5416 | Ventilatoren | 5416 |
| Verlichting | 5015 | Verlichting | 5015 | Verlichting | 5015 |
| Zomercomfort | 1971 | Zomercomfort | 1971 | Zomercomfort | 1971 |
| Koeling | 0 | Koeling | 0 | Koeling | 0 |
| Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 |
| Comp. PV-cellen | -16000 | Comp. PV-cellen | -16000 | Comp. PV-cellen | -23000 |
| Comp. WK | 0 | Comp. WK | 0 | Comp. WK | 0 |
| | | | | | |
| Totaal | 19646 | Totaal | 7417 | Totaal | 5594 |
| EPC | 0,46 | EPC | 0,17 | EPC | 0,13 |
| 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,77 | | 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,54 | | 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,66 | |
| 10 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | | 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | | 3 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | |
| 16 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 6 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 11 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | |

| **[5] IR-Verwarming<br>Warmtepomp<br>met $\eta_{opw}$= 0,525 en $\eta_{syst}$= 0,742<br>Natuurlijke ventilatie** | |
|---|---|
| **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** |
| Verwarming | 40015 |
| Hulpenergie | 0 |
| Warmtapwater | 15509 |
| Ventilatoren | 5416 |
| Verlichting | 5015 |
| Zomercomfort | 1971 |
| Koeling | 0 |
| Bevochtiging | 0 |
| Comp. PV-cellen | -23000 |
| Comp. WK | 0 |
| | |
| Totaal | 29625 |
| EPC | 0,69 |
| 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 1,57 | |
| 42 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | |
| 51 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | |

**Tussenwoning oriëntatie Noord/Zuid voorgevel op zuid**

| **[1]HR 107 combiketel met $\eta_{opw}$=0,975 en $\eta_{syst}$=1,0 verwarming met $\eta_{opw}$=0,652 en $\eta_{syst}$=0,742 warmtapwater. Gebalanceerde ventilatie** | | **[2] IR-verwarming Tapwater ZC6,54 + WW toestel met $\eta_{opw}$=0,604 en $\eta_{syst}$=0,742 Gebalanceerde ventilatie** | | **[2] E-verwarming Tapwater ZC6,54 + WW toestel met $\eta_{opw}$=0,604 en $\eta_{syst}$=0,742 Gebalanceerde ventilatie** | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** |
| Verwarming | 4845 | Verwarming | 8646 | Verwarming | 12113 |
| Hulpenergie | 2068 | Hulpenergie | 0 | Hulpenergie | 0 |
| Warmtapwater | 12491 | Warmtapwater | 5128 | Warmtapwater | 5128 |
| Ventilatoren | 5416 | Ventilatoren | 5416 | Ventilatoren | 5416 |
| Verlichting | 5015 | Verlichting | 5015 | Verlichting | 5015 |
| Zomercomfort | 1218 | Zomercomfort | 1218 | Zomercomfort | 1218 |
| Koeling | 0 | Koeling | 0 | Koeling | 0 |
| Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 |
| Comp. PV-cellen | -31000 | Comp. PV-cellen | -25000 | Comp. PV-cellen | -29000 |
| Comp. WK | 0 | Comp. WK | 0 | Comp. WK | 0 |
| | | | | | |
| Totaal | 53 | Totaal | 423 | Totaal | -110 |
| EPC | 0,00 | EPC | 0,01 | EPC | 0,00 |
| 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,72 | | 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | | 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,67 | |
| 5 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | | 8 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 3 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | |
| 14 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 25 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,00 | | 12 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | |

| **[3] IR-verwarming**<br>**Tapwater E-boiler**<br>**met $\eta_{opw}$=0,266 en $\eta_{syst}$=0,742**<br>**gebalanceerde ventilatie** | | **[3] E-verwarming**<br>**Tapwater E-boiler**<br>**met $\eta_{opw}$=0,266 en $\eta_{syst}$=0,742**<br>**gebalanceerde ventilatie** | | **[4] IR-verwarming**<br>**Tapwater ZC6,54 + E-boiler**<br>**met $\eta_{opw}$=0,266 en $\eta_{syst}$=0,742**<br>**gebalanceerde ventilatie** | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** |
| Verwarming | 8646 | Verwarming | 12113 | Verwarming | 8646 |
| Hulpenergie | 0 | Hulpenergie | 0 | Hulpenergie | 0 |
| Warmtapwater | 30660 | Warmtapwater | 30660 | Warmtapwater | 11377 |
| Ventilatoren | 5416 | Ventilatoren | 5416 | Ventilatoren | 5416 |
| Verlichting | 5015 | Verlichting | 5015 | Verlichting | 5015 |
| Zomercomfort | 1218 | Zomercomfort | 1218 | Zomercomfort | 1218 |
| Koeling | 0 | Koeling | 0 | Koeling | 0 |
| Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 |
| Comp. PV-cellen | -51000 | Comp. PV-cellen | -55000 | Comp. PV-cellen | -32000 |
| Comp. WK | 0 | Comp. WK | 0 | Comp. WK | 0 |
| | | | | | |
| Totaal | -45 | Totaal | -578 | Totaal | -328 |
| EPC | 0,00 | EPC | -0,01 | EPC | -0,01 |
| 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 1,26 | | 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 1,26 | | 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,73 | |
| 25 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | | 29 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | | 5,5 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | |
| 34 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 37 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 14,5 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | |
| 23 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,67 | | 23 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,73 | | 16 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | |

| **[4] E-verwarming**<br>**Tapwater ZC6,54 + E-boiler**<br>**met $\eta_{opw}$=0,266 en $\eta_{syst}$=0,742**<br>**gebalanceerde ventilatie** | | **[5] IR-Verwarming**<br>**ZC6,54 + Warmtepomp**<br>**met $\eta_{opw}$=0,979 en $\eta_{syst}$=0,742**<br>**COP = 2,72**<br>**gebalanceerde ventilatie** | | **[5] IR-Verwarming**<br>**Warmtepomp**<br>**met $\eta_{opw}$=0,979 en $\eta_{syst}$=0,742**<br>**COP = 2,72**<br>**gebalanceerde ventilatie** | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** |
| Verwarming | 12113 | Verwarming | 8646 | Verwarming | 8646 |
| Hulpenergie | 0 | Hulpenergie | 0 | Hulpenergie | 0 |
| Warmtapwater | 11377 | Warmtapwater | 3174 | Warmtapwater | 8351 |
| Ventilatoren | 5416 | Ventilatoren | 5416 | Ventilatoren | 5416 |
| Verlichting | 5015 | Verlichting | 5015 | Verlichting | 5015 |
| Zomercomfort | 1218 | Zomercomfort | 1218 | Zomercomfort | 1218 |
| Koeling | 0 | Koeling | 0 | Koeling | 0 |
| Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 |
| Comp. PV-cellen | -35000 | Comp. PV-cellen | -24000 | Comp. PV-cellen | -28000 |
| Comp. WK | 0 | Comp. WK | 0 | Comp. WK | 0 |
| | | | | | |
| Totaal | 139 | Totaal | -531 | Totaal | 646 |
| EPC | 0,00 | EPC | -0,01 | EPC | 0,01 |
| 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,81 | | 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,55 | | 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,66 | |
| 10 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | | 8 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 4 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | |
| 18 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 24 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,0 | | 14 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | |

| **[5] IR-Verwarming<br>Warmtepomp<br>met $\eta_{opw}$= 0,525 en $\eta_{syst}$= 0,742<br>Natuurlijke ventilatie** | |
|---|---|
| **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** |
| Verwarming | 31358 |
| Hulpenergie | 0 |
| Warmtapwater | 15509 |
| Ventilatoren | 5416 |
| Verlichting | 5015 |
| Zomercomfort | 1971 |
| Koeling | 0 |
| Bevochtiging | 0 |
| Comp. PV-cellen | -57000 |
| Comp. WK | 0 |
| | |
| Totaal | -275 |
| EPC | -0,01 |
| 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 1,31 | |
| 31 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | |
| 40 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | |

**Tussenwoning oriëntatie Oost/west voorgevel op Oost**

| **[1]HR 107 combiketel met $\eta_{opw}$=0,975 en $\eta_{syst}$=1,0 verwarming met $\eta_{opw}$=0,652 en $\eta_{syst}$=0,742 warmtapwater. Gebalanceerde ventilatie** | | **[2] IR-verwarming Tapwater ZC6,54 + WW toestel met $\eta_{opw}$=0,604 en $\eta_{syst}$=0,742 Gebalanceerde ventilatie** | | **[2] E-verwarming Tapwater ZC6,54 + WW toestel met $\eta_{opw}$=0,604 en $\eta_{syst}$=0,742 Gebalanceerde ventilatie** | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** |
| Verwarming | 5073 | Verwarming | 8646 | Verwarming | 12683 |
| Hulpenergie | 2068 | Hulpenergie | 0 | Hulpenergie | 0 |
| Warmtapwater | 12491 | Warmtapwater | 5524 | Warmtapwater | 5524 |
| Ventilatoren | 5416 | Ventilatoren | 5416 | Ventilatoren | 5416 |
| Verlichting | 5015 | Verlichting | 5015 | Verlichting | 5015 |
| Zomercomfort | 1913 | Zomercomfort | 1913 | Zomercomfort | 1913 |
| Koeling | 0 | Koeling | 0 | Koeling | 0 |
| Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 |
| Comp. PV-cellen | -32000 | Comp. PV-cellen | -26500 | Comp. PV-cellen | -30000 |
| Comp. WK | 0 | Comp. WK | 0 | Comp. WK | 0 |
| | | | | | |
| Totaal | -24 | Totaal | 14 | Totaal | 28626 |
| EPC | 0,00 | EPC | 0,00 | EPC | 0,66 |
| 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,74 | | 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,58 | | 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,71 | |
| 7,5 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | | 11 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 6 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | |
| 18 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 31,5 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,0 | | 16 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | |

| **[3] IR-verwarming**<br>**Tapwater E-boiler**<br>**met $\eta_{opw}$=0,275 en $\eta_{syst}$=0,742**<br>**gebalanceerde ventilatie** | | **[3] E-verwarming**<br>**Tapwater E-boiler**<br>**met $\eta_{opw}$=0,275 en $\eta_{syst}$=0,742**<br>**gebalanceerde ventilatie** | | **[4] IR-verwarming**<br>**Tapwater ZC6,54 + E-boiler**<br>**met $\eta_{opw}$=0,275 en $\eta_{syst}$=0,742**<br>**gebalanceerde ventilatie** | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** |
| Verwarming | 8646 | Verwarming | 12683 | Verwarming | 8646 |
| Hulpenergie | 0 | Hulpenergie | 0 | Hulpenergie | 0 |
| Warmtapwater | 30660 | Warmtapwater | 30660 | Warmtapwater | 12554 |
| Ventilatoren | 5416 | Ventilatoren | 5416 | Ventilatoren | 5416 |
| Verlichting | 5015 | Verlichting | 5015 | Verlichting | 5015 |
| Zomercomfort | 1913 | Zomercomfort | 1913 | Zomercomfort | 1913 |
| Koeling | 0 | Koeling | 0 | Koeling | 0 |
| Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 |
| Comp. PV-cellen | -52000 | Comp. PV-cellen | -55500 | Comp. PV-cellen | -35500 |
| Comp. WK | 0 | Comp. WK | 0 | Comp. WK | 0 |
| | | | | | |
| Totaal | -350 | Totaal | 187 | Totaal | 44 |
| EPC | -0,01 | EPC | 0,00 | EPC | 0,00 |
| 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 1,2 | | 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 1,29 | | 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,78 | |
| 31 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | | 36 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | | 9 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | |
| 41 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 46 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 19 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | |

| **[4] E-verwarming**<br>**Tapwater ZC6,54 + E-boiler**<br>**met $\eta_{opw}$=0,275 en $\eta_{syst}$=0,742**<br>**gebalanceerde ventilatie** | | **[5] IR-Verwarming**<br>**ZC6,54 + Warmtepomp**<br>**met $\eta_{opw}$= 0,979 en $\eta_{syst}$= 0,742**<br>**COP = 2,72**<br>**gebalanceerde ventilatie** | | **[5] IR-Verwarming**<br>**Warmtepomp**<br>**met $\eta_{opw}$= 0,979 en $\eta_{syst}$= 0,742**<br>**COP = 2,72**<br>**gebalanceerde ventilatie** | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** |
| Verwarming | 12683 | Verwarming | 8646 | Verwarming | 8646 |
| Hulpenergie | 0 | Hulpenergie | 0 | Hulpenergie | 0 |
| Warmtapwater | 12554 | Warmtapwater | 3419 | Warmtapwater | 8351 |
| Ventilatoren | 5416 | Ventilatoren | 5416 | Ventilatoren | 5416 |
| Verlichting | 5015 | Verlichting | 5015 | Verlichting | 5015 |
| Zomercomfort | 1913 | Zomercomfort | 1913 | Zomercomfort | 1913 |
| Koeling | 0 | Koeling | 0 | Koeling | 0 |
| Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 |
| Comp. PV-cellen | -37500 | Comp. PV-cellen | -24360 | Comp. PV-cellen | -29400 |
| Comp. WK | 0 | Comp. WK | 0 | Comp. WK | 0 |
| | | | | | |
| Totaal | 81 | Totaal | 49 | Totaal | -59 |
| EPC | 0,0 | EPC | 0,00 | EPC | 0,00 |
| 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,87 | | 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,57 | | 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,68 | |
| 14 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | | 8 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 4 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | |
| 24,5 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 29 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,0 | | 14 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | |

**Tussen woning Oost/West Voor gevel op West**

| **[1]HR 107 combiketel met $\eta_{opw}$=0,975 en $\eta_{syst}$=1,0 verwarming met $\eta_{opw}$=0,652 en $\eta_{syst}$=0,742 warmtapwater. Gebalanceerde ventilatie** | | **[2] IR-verwarming Tapwater ZC6,54 + WW toestel met $\eta_{opw}$=0,604 en $\eta_{syst}$=0,742 Gebalanceerde ventilatie** | | **[2] E-verwarming Tapwater ZC6,54 + WW toestel met $\eta_{opw}$=0,604 en $\eta_{syst}$=0,742 Gebalanceerde ventilatie** | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** |
| Verwarming | 5064 | Verwarming | 8635 | Verwarming | 12659 |
| Hulpenergie | 2086 | Hulpenergie | 0 | Hulpenergie | 0 |
| Warmtapwater | 12491 | Warmtapwater | 5524 | Warmtapwater | 5524 |
| Ventilatoren | 5416 | Ventilatoren | 5416 | Ventilatoren | 5416 |
| Verlichting | 5015 | Verlichting | 5015 | Verlichting | 5015 |
| Zomercomfort | 1913 | Zomercomfort | 1913 | Zomercomfort | 1913 |
| Koeling | 0 | Koeling | 0 | Koeling | 0 |
| Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 |
| Comp. PV-cellen | -31920 | Comp. PV-cellen | -26880 | Comp. PV-cellen | -31080 |
| Comp. WK | 0 | Comp. WK | 0 | Comp. WK | 0 |
| | | | | | |
| Totaal | 65 | Totaal | -377 | Totaal | -553 |
| EPC | 0,00 | EPC | -0,01 | EPC | -0,01 |
| 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,74 | | 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,61 | | 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,71 | |
| 7 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | | 1 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | | 6 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | |
| 18 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 11 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 16 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | |

| **[3] IR-verwarming**<br>**Tapwater E-boiler**<br>**met $\eta_{opw}$=0,275 en $\eta_{syst}$=0,742**<br>**gebalanceerde ventilatie** | | **[3] E-verwarming**<br>**Tapwater E-boiler**<br>**met $\eta_{opw}$=0,275 en $\eta_{syst}$=0,742**<br>**gebalanceerde ventilatie** | | **[4] IR-verwarming**<br>**Tapwater ZC6,54 + E-boiler**<br>**met $\eta_{opw}$=0,275 en $\eta_{syst}$=0,742**<br>**gebalanceerde ventilatie** | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** |
| Verwarming | 8635 | Verwarming | 12659 | Verwarming | 8635 |
| Hulpenergie | 0 | Hulpenergie | 0 | Hulpenergie | 0 |
| Warmtapwater | 30660 | Warmtapwater | 30660 | Warmtapwater | 12554 |
| Ventilatoren | 5416 | Ventilatoren | 5416 | Ventilatoren | 5416 |
| Verlichting | 5015 | Verlichting | 5015 | Verlichting | 5015 |
| Zomercomfort | 1971 | Zomercomfort | 1913 | Zomercomfort | 1913 |
| Koeling | 0 | Koeling | 0 | Koeling | 0 |
| Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 |
| Comp. PV-cellen | -52080 | Comp. PV-cellen | -56280 | Comp. PV-cellen | -33600 |
| Comp. WK | 0 | Comp. WK | 0 | Comp. WK | 0 |
| | | | | | |
| Totaal | -441 | Totaal | -617 | Totaal | -67 |
| EPC | -0,01 | EPC | -0,01 | EPC | 0,0 |
| 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 1,2 | | 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 1,29 | | 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,78 | |
| 31 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | | 36 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | | 9 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | |
| 41 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 46 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 20 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | |

| **[4] E-verwarming**<br>**Tapwater ZC6,54 + E-boiler**<br>**met $\eta_{opw}$=0,275 en $\eta_{syst}$=0,742**<br>**gebalanceerde ventilatie** | | **[5] IR-Verwarming**<br>**ZC6,54 + Warmtepomp**<br>**met $\eta_{opw}$= 0,979 en $\eta_{syst}$= 0,742**<br>**COP = 2,72**<br>**gebalanceerde ventilatie** | | **[5] IR-Verwarming**<br>**Warmtepomp**<br>**met $\eta_{opw}$= 0,979 en $\eta_{syst}$= 0,742**<br>**COP = 2,72**<br>**gebalanceerde ventilatie** | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** | **Rekenresultaten EPC** | **Energie in Mega Joule** |
| Verwarming | 12659 | Verwarming | 8635 | Verwarming | 8635 |
| Hulpenergie | 0 | Hulpenergie | 0 | Hulpenergie | 0 |
| Warmtapwater | 12554 | Warmtapwater | 3419 | Warmtapwater | 8351 |
| Ventilatoren | 5416 | Ventilatoren | 5416 | Ventilatoren | 5416 |
| Verlichting | 5015 | Verlichting | 5015 | Verlichting | 5015 |
| Zomercomfort | 1913 | Zomercomfort | 1913 | Zomercomfort | 1913 |
| Koeling | 0 | Koeling | 0 | Koeling | 0 |
| Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 | Bevochtiging | 0 |
| Comp. PV-cellen | -37800 | Comp. PV-cellen | -24360 | Comp. PV-cellen | -29400 |
| Comp. WK | 0 | Comp. WK | 0 | Comp. WK | 0 |
| | | | | | |
| Totaal | -243 | Totaal | 3 | Totaal | -70 |
| EPC | -0,01 | EPC | 0,00 | EPC | 0,00 |
| 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,87 | | 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,57 | | 0 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,68 | |
| 14 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | | 9 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 4 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,6 | |
| 24 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | | 29 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0 | | 15 $m^2$ pv oppervlak nodig voor EPC 0,4 | |

## 11.9. Bijlage 9 Absolute warmteverliezen van standaard conventionele verwarming versus HSI's infrarood vloerverwarming (in Megajoules per jaar)

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Knikgebouw: passieve woning | | | | | | | | | | | | | |
| Warmteverlies willekeurige conventionele verwarming | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| **Kelder** | Januari | Februari | Maart | April | Mei | Juni | Juli | Augustus | September | Oktober | November | December | |
| $H_{T;Verw}$ | 95,07 | 95,07 | 95,07 | 95,07 | 95,07 | 95,07 | 95,07 | 95,07 | 95,07 | 95,07 | 95,07 | 95,07 | |
| $Q_{T;verw}$ | 3947 | 3519 | 3157 | 2464 | 1528 | 616 | 255 | 407 | 1035 | 1732 | 2982 | 3718 | |
| $H_{V;verw}$ | 35,88 | 35,88 | 35,88 | 35,88 | 35,88 | 35,88 | 35,88 | 35,88 | 35,88 | 35,88 | 35,88 | 35,88 | |
| $Q_{V;verw}$ | 1490 | 1328 | 1192 | 930 | 577 | 233 | 96 | 154 | 391 | 653 | 1125 | 1403 | |
| $\theta_{i;verw}$ | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | |
| $\theta_e$ | 2,5 | 2,7 | 5,6 | 8,0 | 12,0 | 15,5 | 17,0 | 16,4 | 13,8 | 11,2 | 5,9 | 3,4 | |
| t | 2,6784 | 2,419 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | |
| $Q_{winst,verw,i,m}$ | 3435 | 3507 | 4867 | 5369 | 6135 | 6337 | 6067 | 6187 | 4978 | 4325 | 3489 | 3317 | |
| $Q_{verlies,verw,i,m}$ | 5436 | 4847 | 4349 | 3394 | 2104 | 849 | 351 | 561 | 1426 | 2385 | 4107 | 5121 | |
| $\gamma$ | 0,6319 | 0,7236 | 1,1191 | 1,5818 | 2,9153 | 7,4680 | 17,2979 | 11,0250 | 3,4919 | 1,8134 | 0,8495 | 0,6478 | |
| $\eta_{b,verw,i,m}$ | 0,9925 | 0,9815 | 0,8379 | 0,6274 | 0,3430 | 0,1339 | 0,0578 | 0,0907 | 0,2864 | 0,5499 | 0,9522 | 0,9911 | |
| $Q_{beh,verw,i,m}$ | 2027 | 1405 | 271 | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 785 | 1833 | 6353 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| **Begane grond** | Januari | Februari | Maart | April | Mei | Juni | Juli | Augustus | September | Oktober | November | December | |
| $H_{T;Verw}$ | 80,28 | 80,28 | 80,28 | 80,28 | 80,28 | 80,28 | 80,28 | 80,28 | 80,28 | 80,28 | 80,28 | 80,28 | |
| $Q_{T;verw}$ | 3333 | 2971 | 2666 | 2081 | 1290 | 520 | 215 | 344 | 874 | 1462 | 2518 | 3139 | |
| $H_{V;verw}$ | 22,43 | 22,43 | 22,43 | 22,43 | 22,43 | 22,43 | 22,43 | 22,43 | 22,43 | 22,43 | 22,43 | 22,43 | |
| $Q_{V;verw}$ | 931 | 830 | 745 | 581 | 360 | 145 | 60 | 96 | 244 | 409 | 703 | 877 | |
| $\theta_{i;verw}$ | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | |
| $\theta_e$ | 2,5 | 2,7 | 5,6 | 8,0 | 12,0 | 15,5 | 17,0 | 16,4 | 13,8 | 11,2 | 5,9 | 3,4 | |
| t | 2,6784 | 2,419 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | |
| $Q_{winst,verw,i,m}$ | 2910 | 3207 | 4972 | 5497 | 6041 | 6161 | 5891 | 6428 | 5054 | 4271 | 3114 | 2727 | |
| $Q_{verlies,verw,i,m}$ | 4264 | 3801 | 3411 | 2662 | 1651 | 666 | 275 | 440 | 1118 | 1871 | 3221 | 4016 | |
| $\gamma$ | 0,6825 | 0,8436 | 1,4575 | 2,0648 | 3,6599 | 9,2569 | 21,4142 | 14,6039 | 4,5200 | 2,2831 | 0,9667 | 0,6790 | |
| $\eta_{b,verw,i,m}$ | 0,9873 | 0,9540 | 0,6771 | 0,4838 | 0,2732 | 0,1080 | 0,0467 | 0,0685 | 0,2212 | 0,4378 | 0,9092 | 0,9877 | |
| $Q_{beh,verw,i,m}$ | 1391 | 742 | 45 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 390 | 1323 | 3894 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| **Verdieping** | Januari | Februari | Maart | April | Mei | Juni | Juli | Augustus | September | Oktober | November | December | |
| $H_{T;Verw}$ | 22,68 | 22,68 | 22,68 | 22,68 | 22,68 | 22,68 | 22,68 | 22,68 | 22,68 | 22,68 | 22,68 | 22,68 | |
| $Q_{T;verw}$ | 942 | 839 | 753 | 588 | 364 | 147 | 61 | 97 | 247 | 413 | 711 | 887 | |
| $H_{V;verw}$ | 11,96 | 11,96 | 11,96 | 11,96 | 11,96 | 11,96 | 11,96 | 11,96 | 11,96 | 11,96 | 11,96 | 11,96 | |
| $Q_{V;verw}$ | 497 | 443 | 397 | 310 | 192 | 78 | 32 | 51 | 130 | 218 | 375 | 468 | |
| $\theta_{i;verw}$ | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | |
| $\theta_e$ | 2,5 | 2,7 | 5,6 | 8,0 | 12,0 | 15,5 | 17,0 | 16,4 | 13,8 | 11,2 | 5,9 | 3,4 | |
| t | 2,6784 | 2,419 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | |
| $Q_{winst,verw,i,m}$ | 1002 | 955 | 1176 | 1197 | 1281 | 1276 | 1274 | 1300 | 1160 | 1115 | 994 | 986 | |
| $Q_{verlies,verw,i,m}$ | 1438 | 1282 | 1150 | 898 | 557 | 224 | 93 | 148 | 377 | 631 | 1086 | 1355 | |
| $\gamma$ | 0,6968 | 0,7449 | 1,0222 | 1,3332 | 2,3011 | 5,6846 | 13,7314 | 8,7573 | 3,0761 | 1,7673 | 0,9149 | 0,7279 | |
| $\eta_{b,verw,i,m}$ | 0,9855 | 0,9778 | 0,8847 | 0,7327 | 0,4344 | 0,1759 | 0,0728 | 0,1142 | 0,3251 | 0,5639 | 0,9299 | 0,9808 | |
| $Q_{beh,verw,i,m}$ | 451 | 348 | 110 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 162 | 388 | 1482 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| **Zolder** | Januari | Februari | Maart | April | Mei | Juni | Juli | Augustus | September | Oktober | November | December | |
| $H_{T;Verw}$ | 33,02 | 33,02 | 33,02 | 33,02 | 33,02 | 33,02 | 33,02 | 33,02 | 33,02 | 33,02 | 33,02 | 33,02 | |
| $Q_{T;verw}$ | 1371 | 1222 | 1097 | 856 | 531 | 214 | 88 | 142 | 359 | 601 | 1036 | 1291 | |
| $H_{V;verw}$ | 8,54 | 8,54 | 8,54 | 8,54 | 8,54 | 8,54 | 8,54 | 8,54 | 8,54 | 8,54 | 8,54 | 8,54 | |
| $Q_{V;verw}$ | 355 | 316 | 284 | 221 | 137 | 55 | 23 | 37 | 93 | 156 | 268 | 334 | |
| $\theta_{i;verw}$ | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | |
| $\theta_e$ | 2,5 | 2,7 | 5,6 | 8,0 | 12,0 | 15,5 | 17,0 | 16,4 | 13,8 | 11,2 | 5,9 | 3,4 | |
| t | 2,6784 | 2,419 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | |
| $Q_{winst,verw,i,m}$ | 643 | 581 | 643 | 622 | 643 | 622 | 643 | 643 | 622 | 643 | 622 | 634 | |
| $Q_{verlies,verw,i,m}$ | 1725 | 1538 | 1380 | 1077 | 668 | 269 | 111 | 178 | 452 | 757 | 1303 | 1625 | |
| $\gamma$ | 0,3727 | 0,3777 | 0,4658 | 0,5774 | 0,9627 | 2,3096 | 5,7764 | 3,6103 | 1,3748 | 0,8495 | 0,4772 | 0,3901 | |
| $\eta_{b,verw,i,m}$ | 0,9999 | 0,9998 | 0,9992 | 0,9960 | 0,9109 | 0,4328 | 0,1731 | 0,2770 | 0,7135 | 0,9522 | 0,9990 | 0,9998 | |
| $Q_{beh,verw,i,m}$ | 1082 | 957 | 738 | 458 | 82 | 0 | 0 | 0 | 9 | 145 | 682 | 991 | 5144 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | = gegeven | | | | | | | | | | | | |
| | = opnieuw berekend | | | | | | | | | | | Totaal | 16873,86 |
| | = Overgenomen waarde uit EPC berekening | | | | | | | | | | | | |

Knikgebouw: passieve woning
Warmteverlies Infrarood vloerverwarming

| **Kelder** | Januari | Februari | Maart | April | Mei | Juni | Juli | Augustus | Septembe | Oktober | Novembe | December | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $H_{T;Verw}$ | 95,07 | 95,07 | 95,07 | 95,07 | 95,07 | 95,07 | 95,07 | 95,07 | 95,07 | 95,07 | 95,07 | 95,07 | |
| $Q_{T;verw}$ | 3438 | 3059 | 2648 | 1971 | 1019 | 123 | -255 | -102 | 542 | 1222 | 2489 | 3208 | |
| $H_{V;verw}$ | 35,88 | 35,88 | 35,88 | 35,88 | 35,88 | 35,88 | 35,88 | 35,88 | 35,88 | 35,88 | 35,88 | 35,88 | |
| $Q_{V;verw}$ | 1297 | 1154 | 999 | 744 | 384 | 47 | -96 | -38 | 205 | 461 | 939 | 1211 | |
| $\theta_{i;verw}$ | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | |
| $\theta_e$ | 2,5 | 2,7 | 5,6 | 8,0 | 12,0 | 15,5 | 17,0 | 16,4 | 13,8 | 11,2 | 5,9 | 3,4 | |
| t | 2,6784 | 2,419 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | |
| $Q_{winst,verw,i,m}$ | 3435 | 3507 | 4867 | 5369 | 6135 | 6337 | 6067 | 6187 | 4978 | 4325 | 3489 | 3317 | |
| $Q_{verlies,verw,i,m}$ | 4735 | 4213 | 3648 | 2715 | 1403 | 170 | -351 | -140 | 747 | 1684 | 3428 | 4419 | |
| $\gamma$ | 0,7255 | 0,8324 | 1,3343 | 1,9773 | 4,3729 | 37,3399 | -17,2979 | -44,1001 | 6,6664 | 2,5690 | 1,0177 | 0,7506 | |
| $\eta_{b,verw,i,m}$ | 0,9812 | 0,9573 | 0,7322 | 0,5050 | 0,2287 | 0,0268 | #GETAL! | #GETAL! | 0,1500 | 0,3892 | 0,8867 | 0,9767 | |
| $Q_{beh,verw,i,m}$ | 1365 | 856 | 84 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 334 | 1180 | 3823 |

| **Begane grond** | Januari | Februari | Maart | April | Mei | Juni | Juli | Augustus | Septembe | Oktober | Novembe | December | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $H_{T;Verw}$ | 80,28 | 80,28 | 80,28 | 80,28 | 80,28 | 80,28 | 80,28 | 80,28 | 80,28 | 80,28 | 80,28 | 80,28 | |
| $Q_{T;verw}$ | 2903 | 2583 | 2236 | 1665 | 860 | 104 | -215 | -86 | 458 | 1032 | 2102 | 2709 | |
| $H_{V;verw}$ | 22,43 | 22,43 | 22,43 | 22,43 | 22,43 | 22,43 | 22,43 | 22,43 | 22,43 | 22,43 | 22,43 | 22,43 | |
| $Q_{V;verw}$ | 811 | 722 | 625 | 465 | 240 | 29 | -60 | -24 | 128 | 288 | 587 | 757 | |
| $\theta_{i;verw}$ | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | |
| $\theta_e$ | 2,5 | 2,7 | 5,6 | 8,0 | 12,0 | 15,5 | 17,0 | 16,4 | 13,8 | 11,2 | 5,9 | 3,4 | |
| t | 2,6784 | 2,419 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | |
| $Q_{winst,verw,i,m}$ | 2910 | 3207 | 4972 | 5497 | 6041 | 6161 | 5891 | 6428 | 5054 | 4271 | 3114 | 2727 | |
| $Q_{verlies,verw,i,m}$ | 3714 | 3304 | 2861 | 2130 | 1100 | 133 | -275 | -110 | 586 | 1320 | 2689 | 3466 | |
| $\gamma$ | 0,7836 | 0,9705 | 1,7378 | 2,5810 | 5,4899 | 46,2843 | -21,4142 | -58,4154 | 8,6291 | 3,2344 | 1,1581 | 0,7867 | |
| $\eta_{b,verw,i,m}$ | 0,9698 | 0,9076 | 0,5732 | 0,3874 | 0,1822 | 0,0216 | #GETAL! | #GETAL! | 0,1159 | 0,3092 | 0,8185 | 0,9691 | |
| $Q_{beh,verw,i,m}$ | 892 | 394 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 140 | 824 | 2261 |

| **Verdieping** | Januari | Februari | Maart | April | Mei | Juni | Juli | Augustus | Septembe | Oktober | Novembe | December | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $H_{T;Verw}$ | 22,68 | 22,68 | 22,68 | 22,68 | 22,68 | 22,68 | 22,68 | 22,68 | 22,68 | 22,68 | 22,68 | 22,68 | |
| $Q_{T;verw}$ | 820 | 730 | 632 | 470 | 243 | 29 | -61 | -24 | 129 | 292 | 594 | 765 | |
| $H_{V;verw}$ | 11,96 | 11,96 | 11,96 | 11,96 | 11,96 | 11,96 | 11,96 | 11,96 | 11,96 | 11,96 | 11,96 | 11,96 | |
| $Q_{V;verw}$ | 432 | 385 | 333 | 248 | 128 | 16 | -32 | -13 | 68 | 154 | 313 | 404 | |
| $\theta_{i;verw}$ | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | |
| $\theta_e$ | 2,5 | 2,7 | 5,6 | 8,0 | 12,0 | 15,5 | 17,0 | 16,4 | 13,8 | 11,2 | 5,9 | 3,4 | |
| t | 2,6784 | 2,419 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | |
| $Q_{winst,verw,i,m}$ | 1002 | 955 | 1176 | 1197 | 1281 | 1276 | 1274 | 1300 | 1160 | 1115 | 994 | 986 | |
| $Q_{verlies,verw,i,m}$ | 1253 | 1114 | 965 | 718 | 371 | 45 | -93 | -37 | 198 | 445 | 907 | 1169 | |
| $\gamma$ | 0,8000 | 0,8569 | 1,2188 | 1,6664 | 3,4517 | 28,4229 | -13,7314 | -35,0292 | 5,8725 | 2,5037 | 1,0961 | 0,8434 | |
| $\eta_{b,verw,i,m}$ | 0,9659 | 0,9499 | 0,7882 | 0,5969 | 0,2897 | 0,0352 | #GETAL! | #GETAL! | 0,1703 | 0,3993 | 0,8493 | 0,9541 | |
| $Q_{beh,verw,i,m}$ | 285 | 207 | 38 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63 | 228 | 825 |

| **Zolder** | Januari | Februari | Maart | April | Mei | Juni | Juli | Augustus | Septembe | Oktober | Novembe | December | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $H_{T;Verw}$ | 33,02 | 33,02 | 33,02 | 33,02 | 33,02 | 33,02 | 33,02 | 33,02 | 33,02 | 33,02 | 33,02 | 33,02 | |
| $Q_{T;verw}$ | 1194 | 1062 | 920 | 685 | 354 | 43 | -88 | -35 | 188 | 425 | 864 | 1114 | |
| $H_{V;verw}$ | 8,54 | 8,54 | 8,54 | 8,54 | 8,54 | 8,54 | 8,54 | 8,54 | 8,54 | 8,54 | 8,54 | 8,54 | |
| $Q_{V;verw}$ | 309 | 275 | 238 | 177 | 91 | 11 | -23 | -9 | 49 | 110 | 224 | 288 | |
| $\theta_{i;verw}$ | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | |
| $\theta_e$ | 2,5 | 2,7 | 5,6 | 8,0 | 12,0 | 15,5 | 17,0 | 16,4 | 13,8 | 11,2 | 5,9 | 3,4 | |
| t | 2,6784 | 2,419 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | |
| $Q_{winst,verw,i,m}$ | 643 | 581 | 643 | 622 | 643 | 622 | 643 | 643 | 622 | 643 | 622 | 634 | |
| $Q_{verlies,verw,i,m}$ | 1503 | 1337 | 1158 | 862 | 445 | 54 | -111 | -45 | 237 | 534 | 1088 | 1403 | |
| $\gamma$ | 0,4279 | 0,4345 | 0,5554 | 0,7218 | 1,4441 | 11,5481 | -5,7764 | -14,4411 | 2,6246 | 1,2034 | 0,5717 | 0,4520 | |
| $\eta_{b,verw,i,m}$ | 0,9996 | 0,9995 | 0,9970 | 0,9818 | 0,6828 | 0,0866 | #GETAL! | #GETAL! | 0,3810 | 0,7958 | 0,9963 | 0,9994 | |
| $Q_{beh,verw,i,m}$ | 860 | 756 | 517 | 251 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 | 468 | 769 | 3650 |

| | |
|---|---|
| Totaal | 10559,04 |

Standaard tussenwoning conform NEN 5128-2004 — Oriëntatie Oost/west voorgevel op Oost

Warmteverlies willekeurige verwarming

Orrientatie voorgevel Noord

| **Begane grond** | Januari | Februari | Maart | April | Mei | Juni | Juli | Augustus | September | Oktober | November | December | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $H_{T;Verw}$ | 34,27 | 34,27 | 34,27 | 34,27 | 34,27 | 34,27 | 34,27 | 34,27 | 34,27 | 34,27 | 34,27 | 34,27 | |
| $Q_{T;verw}$ | 1423 | 1268 | 1138 | 888 | 551 | 222 | 92 | 147 | 373 | 624 | 1075 | 1340 | |
| $H_{V;verw}$ | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | |
| $Q_{V;verw}$ | 39 | 34 | 31 | 24 | 15 | 6 | 2 | 4 | 10 | 17 | 29 | 36 | |
| $\theta_{i;verw}$ | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | |
| $\theta_e$ | 2,5 | 2,7 | 5,6 | 8,0 | 12,0 | 15,5 | 17,0 | 16,4 | 13,8 | 11,2 | 5,9 | 3,4 | |
| t | 2,6784 | 2,419 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | |
| $Q_{winst,verw,i,m}$ | 778 | 776 | 1054 | 1203 | 1415 | 1467 | 1394 | 1408 | 1099 | 935 | 775 | 762 | |
| $Q_{verlies,verw,i,m}$ | 1461 | 1303 | 1169 | 912 | 566 | 228 | 94 | 151 | 383 | 641 | 1104 | 1376 | |
| $\gamma$ | 0,5324 | 0,5957 | 0,9016 | 1,3185 | 2,5014 | 6,4315 | 14,7858 | 9,3339 | 2,8679 | 1,4584 | 0,7020 | 0,5536 | |
| $\eta_{b,verw,i,m}$ | 0,9978 | 0,9950 | 0,9349 | 0,7396 | 0,3997 | 0,1555 | 0,0676 | 0,1071 | 0,3487 | 0,6767 | 0,9847 | 0,9971 | |
| $Q_{beh,verw,i,m}$ | 685 | 531 | 184 | 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 341 | 617 | 2388 |

| **Verdieping** | Januari | Februari | Maart | April | Mei | Juni | Juli | Augustus | September | Oktober | November | December | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $H_{T;Verw}$ | 16,92 | 16,92 | 16,92 | 16,92 | 16,92 | 16,92 | 16,92 | 16,92 | 16,92 | 16,92 | 16,92 | 16,92 | |
| $Q_{T;verw}$ | 702 | 626 | 562 | 439 | 272 | 110 | 45 | 73 | 184 | 308 | 531 | 662 | |
| $H_{V;verw}$ | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | |
| $Q_{V;verw}$ | 32 | 28 | 25 | 20 | 12 | 5 | 2 | 3 | 8 | 14 | 24 | 30 | |
| $\theta_{i;verw}$ | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | |
| $\theta_e$ | 2,5 | 2,7 | 5,6 | 8,0 | 12,0 | 15,5 | 17,0 | 16,4 | 13,8 | 11,2 | 5,9 | 3,4 | |
| t | 2,6784 | 2,419 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | |
| $Q_{winst,verw,i,m}$ | 698 | 744 | 1119 | 1355 | 1670 | 1770 | 1659 | 1642 | 1188 | 934 | 708 | 670 | |
| $Q_{verlies,verw,i,m}$ | 734 | 654 | 587 | 458 | 284 | 115 | 47 | 76 | 192 | 322 | 555 | 691 | |
| $\gamma$ | 0,9510 | 1,1370 | 1,9057 | 2,9568 | 5,8777 | 15,4496 | 35,0339 | 21,6718 | 6,1723 | 2,9005 | 1,2768 | 0,9691 | |
| $\eta_{b,verw,i,m}$ | 0,9158 | 0,8290 | 0,5237 | 0,3382 | 0,1701 | 0,0647 | 0,0285 | 0,0461 | 0,1620 | 0,3447 | 0,7596 | 0,9082 | |
| $Q_{beh,verw,i,m}$ | 95 | 38 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 83 | 233 |

| **Zolder** | Januari | Februari | Maart | April | Mei | Juni | Juli | Augustus | September | Oktober | November | December | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $H_{T;Verw}$ | 17,36 | 17,36 | 17,36 | 17,36 | 17,36 | 17,36 | 17,36 | 17,36 | 17,36 | 17,36 | 17,36 | 17,36 | |
| $Q_{T;verw}$ | 721 | 643 | 577 | 450 | 279 | 112 | 46 | 74 | 189 | 316 | 544 | 679 | |
| $H_{V;verw}$ | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | |
| $Q_{V;verw}$ | 12 | 11 | 10 | 8 | 5 | 2 | 1 | 1 | 3 | 5 | 9 | 11 | |
| $\theta_{i;verw}$ | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | |
| $\theta_e$ | 2,5 | 2,7 | 5,6 | 8,0 | 12,0 | 15,5 | 17,0 | 16,4 | 13,8 | 11,2 | 5,9 | 3,4 | |
| t | 2,6784 | 2,419 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | |
| $Q_{winst,verw,i,m}$ | 224 | 214 | 269 | 288 | 327 | 333 | 328 | 323 | 270 | 249 | 220 | 221 | |
| $Q_{verlies,verw,i,m}$ | 733 | 653 | 586 | 457 | 284 | 114 | 47 | 76 | 192 | 321 | 554 | 690 | |
| $\gamma$ | 0,3057 | 0,3276 | 0,4589 | 0,6295 | 1,1529 | 2,9116 | 6,9383 | 4,2703 | 1,4052 | 0,7746 | 0,3974 | 0,3202 | |
| $\eta_{b,verw,i,m}$ | 1,0000 | 0,9999 | 0,9993 | 0,9927 | 0,8211 | 0,3434 | 0,1441 | 0,2342 | 0,6998 | 0,9718 | 0,9998 | 1,0000 | |
| $Q_{beh,verw,i,m}$ | 509 | 439 | 317 | 172 | 15 | 0 | 0 | 0 | 3 | 79 | 334 | 469 | 2338 |

Totaal 4959

Standaard tussenwoning conform NEN 5128-2004 — Oriëntatie Oost/west voorgevel op Oost

Warmteverlies Infrarood vloerverwarming

| **Begane grond** | Januari | Februari | Maart | April | Mei | Juni | Juli | Augustus | September | Oktober | November | December | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $H_{T;Verw}$ | 34,27 | 34,27 | 34,27 | 34,27 | 34,27 | 34,27 | 34,27 | 34,27 | 34,27 | 34,27 | 34,27 | 34,27 | |
| $Q_{T;verw}$ | 1239 | 1103 | 955 | 711 | 367 | 44 | -92 | -37 | 195 | 441 | 897 | 1157 | |
| $H_{V;verw}$ | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | |
| $Q_{V;verw}$ | 34 | 30 | 26 | 19 | 10 | 1 | -2 | -1 | 5 | 12 | 24 | 31 | |
| $\theta_{i;verw}$ | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | |
| $\theta_e$ | 2,5 | 2,7 | 5,6 | 8,0 | 12,0 | 15,5 | 17,0 | 16,4 | 13,8 | 11,2 | 5,9 | 3,4 | |
| t | 2,6784 | 2,419 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | |
| $Q_{winst,verw,i,m}$ | 778 | 776 | 1054 | 1203 | 1415 | 1467 | 1394 | 1408 | 1099 | 935 | 775 | 762 | |
| $Q_{verlies,verw,i,m}$ | 1273 | 1132 | 981 | 730 | 377 | 46 | -94 | -38 | 201 | 453 | 922 | 1188 | |
| $\gamma$ | 0,6113 | 0,6852 | 1,0750 | 1,6482 | 3,7521 | 32,1575 | -14,7858 | -37,3357 | 5,4752 | 2,0661 | 0,8410 | 0,6415 | |
| $\eta_{b,verw,i,m}$ | 0,9940 | 0,9870 | 0,8596 | 0,6033 | 0,2665 | 0,0311 | #GETAL! | #GETAL! | 0,1826 | 0,4835 | 0,9548 | 0,9916 | |
| $Q_{beh,verw,i,m}$ | 499 | 367 | 74 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 182 | 432 | 1559 |

| **Verdieping** | Januari | Februari | Maart | April | Mei | Juni | Juli | Augustus | September | Oktober | November | December | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $H_{T;Verw}$ | 16,92 | 16,92 | 16,92 | 16,92 | 16,92 | 16,92 | 16,92 | 16,92 | 16,92 | 16,92 | 16,92 | 16,92 | |
| $Q_{T;verw}$ | 612 | 544 | 471 | 351 | 181 | 22 | -45 | -18 | 96 | 218 | 443 | 571 | |
| $H_{V;verw}$ | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | |
| $Q_{V;verw}$ | 27 | 24 | 21 | 16 | 8 | 1 | -2 | -1 | 4 | 10 | 20 | 26 | |
| $\theta_{i;verw}$ | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | |
| $\theta_e$ | 2,5 | 2,7 | 5,6 | 8,0 | 12,0 | 15,5 | 17,0 | 16,4 | 13,8 | 11,2 | 5,9 | 3,4 | |
| t | 2,6784 | 2,419 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | |
| $Q_{winst,verw,i,m}$ | 698 | 744 | 1119 | 1355 | 1670 | 1770 | 1659 | 1642 | 1188 | 934 | 708 | 670 | |
| $Q_{verlies,verw,i,m}$ | 639 | 569 | 492 | 367 | 189 | 23 | -47 | -19 | 101 | 227 | 463 | 597 | |
| $\gamma$ | 1,0919 | 1,3080 | 2,2722 | 3,6960 | 8,8166 | 77,2478 | -35,0339 | -86,6873 | 11,7836 | 4,1091 | 1,5297 | 1,1229 | |
| $\eta_{b,verw,i,m}$ | 0,8514 | 0,7446 | 0,4399 | 0,2706 | 0,1134 | 0,0129 | #GETAL! | #GETAL! | 0,0849 | 0,2434 | 0,6475 | 0,8360 | |
| $Q_{beh,verw,i,m}$ | 45 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 37 | 101 |

| **Zolder** | Januari | Februari | Maart | April | Mei | Juni | Juli | Augustus | September | Oktober | November | December | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $H_{T;Verw}$ | 17,36 | 17,36 | 17,36 | 17,36 | 17,36 | 17,36 | 17,36 | 17,36 | 17,36 | 17,36 | 17,36 | 17,36 | |
| $Q_{T;verw}$ | 628 | 559 | 484 | 360 | 186 | 22 | -46 | -19 | 99 | 223 | 454 | 586 | |
| $H_{V;verw}$ | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | |
| $Q_{V;verw}$ | 10 | 9 | 8 | 6 | 3 | 0 | -1 | 0 | 2 | 4 | 8 | 10 | |
| $\theta_{i;verw}$ | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | |
| $\theta_e$ | 2,5 | 2,7 | 5,6 | 8,0 | 12,0 | 15,5 | 17,0 | 16,4 | 13,8 | 11,2 | 5,9 | 3,4 | |
| t | 2,6784 | 2,419 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | 2,592 | 2,6784 | |
| $Q_{winst,verw,i,m}$ | 224 | 214 | 269 | 288 | 327 | 333 | 328 | 323 | 270 | 249 | 220 | 221 | |
| $Q_{verlies,verw,i,m}$ | 638 | 568 | 492 | 366 | 189 | 23 | -47 | -19 | 101 | 227 | 462 | 596 | |
| $\gamma$ | 0,3510 | 0,3769 | 0,5471 | 0,7869 | 1,7293 | 14,5578 | -6,9383 | -17,0814 | 2,6826 | 1,0973 | 0,4761 | 0,3710 | |
| $\eta_{b,verw,i,m}$ | 0,9999 | 0,9998 | 0,9973 | 0,9690 | 0,5759 | 0,0687 | #GETAL! | #GETAL! | 0,3727 | 0,8487 | 0,9990 | 0,9999 | |
| $Q_{beh,verw,i,m}$ | 414 | 354 | 223 | 87 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 242 | 375 | 1712 |
| | | | | | | | | | | | | Totaal | 3372 |

Conclusie bovenstaande tabellen.

In de bovenstaande tabellen worden de warmteverliezen bij de verschillende typen verwarming berekend. Op de eerste twee pagina's voor de passieve woning "Knik naar de Zon" en op de derde en vierde pagina voor de tussenwoning conform NEN 5128-2004.

Voor de standaard tussenwoning conform NEN 5128-2004 geldt een energieverbruik van 63% ten opzichte van conventionele verwarming op basis van fossiele brandstoffen. Een reductie van 37%.
Voor de passieve woning geldt een energieverbruik van 68% ten opzichte van conventionele verwarming op basis van fossiele brandstoffen. Een reductie van 32%.

| | | |
|---|---|---|
| **Warmteverlies per jaar passieve woning "Knik naar de zon"** | | |
| Jaarverbruik aan energie HR 107 combiketel conform EPC | 16874 | MJ |
| Jaarverbruik aan energie Infrarood vloerverwarming conform EPC | 10559 | Mj |
| | | |
| Pecentage verbruik IR tov HR 107 | 63% | |

| | | |
|---|---|---|
| **Warmteverlies standaard rijtjeswoning conform NEN 5128-2004** | | |
| Jaarverbruik aan energie HR 107 combiketel conform EPC | 4959 | MJ |
| Jaarverbruik aan energie Infrarood vloerverwarming conform EPC | 3372 | Mj |
| | | |
| Pecentage verbruik IR tov HR 107 | 68% | |

## 11.10. Bijlage 10: BWP 307S

**70% gratis omgevingsenergie**
De warm tapwater warmtepomp BWP kan onafhankelijk van het bestaande verwarmingssysteem worden ingezet voor de centrale bereiding van warm tapwater. De compacte toestellen passen zonder problemen door iedere standaard deur en kunnen snel, eenvoudig en voordelig worden geïnstalleerd. De warm tapwater warmtepomp BWP onttrekt haar warmte uit de omgevingslucht. Voor de opwekking van warm tapwater, gebruikt de warmtepomp 70% gratis energie uit de omgeving en 30% elektriciteit om de pomp aan te drijven.

**Een toestel met een meervoudig nuttig gebruik**
Tijdens bedrijf onttrekt de warm tapwater warmtepomp BWP vocht en warmte aan de opstellingsruimte, waardoor de omgeving ontvochtigt en afkoelt. Dat voorkomt vochtschade, stankvorming en verlaagt de bedrijfskosten. De afgegeven warmte van bijvoorbeeld een diepvries, wasmachine of wasdroger kan via warmteterugwinning worden ingezet door de warmtepomp. Hoe hoger de temperatuur van de luchtaanzuiger, des te zuiniger werkt de warm tapwater warmtepomp.

**Optimaal verzorgd**
De warm tapwater warmtepompen BWP beschikken over een warm tapwater buffervat met een inhoud van 285 liter evenals over een kleine warmtepomp, die in de kop van het systeem is geïntegreerd. Met een ingeschakeld elektrisch verwarmingselement worden temperaturen tot wel 65 °C bereikt. Met een uitgeschakeld elektrisch verwarmingselement worden temperaturen tot 55 °C bereikt (niet geschikt voor Nederland). Een automatische thermische desinfectie is eenmaal per week mogelijk.

BWP 307 | BWP 307S

| Warm tapwater warmtepomp BWP | | | |
|---|---|---|---|
| Beknopte beschrijving | | BWP 307 | BWP 307S |
| Artikelnummer | | 15637601 | 15637801 |
| Verwarmingscapaciteit warmtepomp | kW | 1,1 | 1,1 |
| Geïntegreerd verwarmingselement | kW | 1,5 | 1,5 |
| Koudemiddel | | R134a | R134a |
| Min./max. luchtaanzuigtemperatuur | °C | - 5 tot 35 | - 5 tot 35 |
| COP (10 °C – 52,5 °C bij 250 m³/h, vlgs. EN 255-3) | | 2,72 | 2,72 |
| COP (15 °C – 45 °C bij 250 m³/h, vlgs. EN 255-3) | | 3,50 | 3,50 |
| Ventilatortrappen | | 3 | 3 |
| Warmteterugwinning via luchtkanaalaansluitstomp | DN | 160 | 160 |
| Toestelafmetingen (Ø x H) | mm | 660 x 1837 | 660 x 1837 |
| Extra warmtewisselaar voor zonne-energie (S-versie) | m² | – | 0,95 |

## 12. Bronvermelding


- NEN 5128:2004 ; berekening EPC, tabellen 8.3 en 8.4
- www.milieucentraal.nl ; tabel 8.2
- http://www.hoe-koop-ik.nl/cv-ketel/over-cv-ketels/termen-en-begrippen/artikel/183/cw-klasse ; tabel 8.3 CW-klasses
- www.knmi.nl ; gemiddelde temperatuur