

## Adviesmemo hoekwoning Zeeheldenbuurt 1946 - 1964



Opdrachtgever : Gemeente Ede  
Opsteller : A.J. Grubben  
Organisatie : Energiebreed BV  
Status : Concept  
Versie : 1.0 d.d. 20 december 2022

“Wij maken uw energie ambities waar!”



## Inhoudsopgave

Inhoudsopgave .....	2
Samenvatting.....	3
1. Inleiding .....	4
2. Beschrijving referentiewoning.....	5
3. Isolatiemaatregelen.....	7
4. Warmtepompen .....	8
5. Stappenplan aardgasvrije woning (hoekwoning 1946 – 1964).....	11
6. Ontwerp / technische omschrijving warmtepomp systeem referentiewoning.....	13
7. Indicatie investeringen en eenvoudige terugverdientijd .....	16
8. Finaal concluderend advies.....	18



## Samenvatting

- De referentiewoning betreft een hoekwoning uit 1958 met matige isolatie.
- Alleen de begane grond wordt actief verwarmd waardoor het gasverbruik relatief laag is met 1.000 m<sup>3</sup> in 2021.
- Verschillende isolatiemaatregelen kunnen worden toegepast bij de referentiewoning zoals kierdichting, het vervangen van dubbelglas met HR++ glas en/of vloerisolatie.
- Toepassing van een warmtepomp bespaart op energiekosten ten opzichte van een gasketel aangezien de warmtepomp gratis beschikbare omgevingswarmte benut.
- Uitvoer van de 50 graden test (instelling Cv-ketel) wordt aanbevolen deze winter om na te gaan of met een (hybride) warmtepomp de woning voldoende zou kunnen worden verwarmd. Aangezien alleen de begane grond actief wordt verwarmd bestaat een goede kans dat de woning geschikt is voor een (hybride) warmtepomp.
- Kosten-effectiefste (isolatie)maatregelen worden als eerste aanbevolen indien 50 graden test niet wordt behaald. Na uitvoer van de kosteneffectieve maatregelen kan de 50 graden test opnieuw worden uitgevoerd.
- Indien na het opnieuw uitvoeren van de 50 graden test deze niet wordt behaald, is aanbevolen het verwarmingsoppervlak te vergroten en eventueel de vloer te isoleren.
- Eventueel kan ook nog op 55-60 graden worden getest hoewel het rendement van een warmtepomp met deze temperaturen lager is.
- Bij het behalen van de 50 graden test is een (hybride) lucht/water warmtepomp (LWP) of een PVT/warmtepomp (PVT/WP) toepasbaar.
- Indien een LWP wordt geplaatst dient eventuele geluidsoverlast voorkomen te worden.
- Met een PVT-paneel wordt naast warmte ook stroom opgewekt.
- Indien de bewoner van plan is om de gasketel te ontkoppelen, dient de bewoner rekening te houden met het feit dat de eerste- en tweede verdieping wel toereikend verwarmd moeten kunnen worden voor de momenten dat het wel gewenst is. Indien dit nog niet mogelijk is, wordt niet aanbevolen de gasketel compleet te ontkoppelen.
- Aangezien momenteel alleen de begane grond van de woning actief verwarmd wordt is in eerste instantie een warmtepomp vermogen van ongeveer 6,5 kW toereikend.
- De investering in een LWP is ongeveer € 16.500. De investering in een LWP + PV-panelen (zon-PV) is ongeveer € 20.500.
- Met het plaatsen van PV-panelen kan het (extra) elektriciteitsverbruik worden gecompenseerd.
- De investering in PVT/WP met 8 PVT XL panelen is ongeveer € 26.000.
- Er kan over 15 jaar bezien kostenneutraal worden geïnvesteerd in een LWP + zon-PV als dit wordt vergeleken met 15 jaar lang kosten voor het gasverbruik, rekening houdend met een gasprijs van 1,45 €/m<sup>3</sup> en een elektriciteitsprijs van 0,4 €/kWh. Plaatsing van een LWP zonder zonnepanelen is met de huidige energieprijzen financieel gezien niet interessant.
- Met een duurzaamheidslening kan de investering worden gefinancierd tegen een gunstig rentepercentage van ongeveer 1,9%.



## 1. Inleiding

De gemeente Ede heeft de wijk de Zeeheldenbuurt uitgekozen als voorbeeldwijk voor aardgasvrije woningen. In het kader hiervan heeft Energiebreed de opdracht gekregen om voor bepaalde referentiewoningen in de wijk na te gaan wat benodigd is om deze referentiewoningen aardgasvrij te maken. Deze adviesmemo richt zich op een referentiewoning uit de categorie hoekwoningen met bouwjaar vanaf 1946 tot en met 1964. Onderstaande vragen worden in deze memo beantwoord:

- Wat zijn de karakteristieken van de woning?
- Welke (isolatie)maatregelen kunnen worden toegepast?
- Welk type warmtepompen worden aanbevolen voor de referentiewoning?
- Hoe luidt een stappenplan voor een aardgasvrije woning?
- Wat is een specifiek ontwerp / technische omschrijving van een warmtepomp systeem voor de referentiewoning?
- Wat zijn de investeringen en de jaarlijkse kosten voor een warmtepomp systeem?
- Hoe luidt het finaal concluderende advies?

## 2. Beschrijving referentiewoning

Straatnaam	Wilterdinkstraat
Huisnummer	23
Postcode	6712EB
Plaats	Ede
Type	Hoekwoning
Bouwjaar (BAG)	1958
Aantal bewoners	2
Aantal m2 woonoppervlak	160
Aantal woonlagen	3
Energielabel (energielabel.nl)	Geen
Indicatief gasverbruik inschatting DWA (m <sup>3</sup> per jaar)	1.904
Werkelijk gasverbruik 2021 (m <sup>3</sup> )	1.000
Indicatief gasverbruik koken (m <sup>3</sup> per jaar)	37
Energiebehoefte gasketel voor verwarming inschatting DWA (m <sup>3</sup> per jaar)	1.630
Energiebehoefte gasketel voor verwarming obv gasverbruik 2021 (m <sup>3</sup> per jaar)	726
Energiebehoefte gasketel voor tapwaterbereiding (m <sup>3</sup> per jaar)	237
<i>Benodigde energie omgerekend in kWh</i>	
Energiebehoefte gasketel voor verwarming inschatting DWA (kWh per jaar)	14.330
Energiebehoefte gasketel voor verwarming werkelijk (kWh per jaar)	6.383
Energiebehoefte gasketel voor tapwaterbereiding (kWh per jaar)	2.084
Indicatief elektriciteitsverbruik overstap inductiekoken (kWh per jaar)	175
Elektriciteitsverbruik huishoudelijk (kWh per jaar)	2.600

Tabel 1: Basisgegevens referentiewoning

### Algemene omschrijving van woningen met bouwjaar tot 1964

Tot het jaar 1975 werden geen bouwkundige eisen gesteld aan de energieprestaties van woningen. Rond het jaar 1920 werden woningen over het algemeen uitgevoerd met een spouwmuur. Tot het jaar 1966 werd de begane grondvloer uitgevoerd met een houten balklaag. In de kozijnen werd enkel glas toegepast. Vanaf eind jaren '60 is qua warmtevoorziening de overstap gemaakt op een centraal verwarmingssysteem met gasketels i.p.v. een warmtesysteem gebaseerd op gaskachels. Van oorsprong kwam ventilatie via muurroosters, klepraampjes en kieren. Bij de meeste woningen met een bouwjaar van vóór 1975 is inmiddels isolatie aangebracht, bijvoorbeeld een spouwmuurisolatie of dubbel glas. In het algemeen geldt dat hoe recenter de isolatie is toegepast, hoe beter de kwaliteit van de betreffende isolatie is.

### Referentiewoning kenmerken

Karakteristiek bij de betreffende bouwperiode is dat tijdens de bouw van de woning in 1958 geen isolatie is aangebracht bij het dak, de gevel en de vloer. Het energielabel van de woning is niet bekend. Inmiddels is bij de woning spouwmuurisolatie aangebracht en is dubbelglas toegepast. Op de volgende pagina zijn in tabel 2 de specifieke kenmerken van de woning weergegeven.



Ventilatie	Natuurlijke ventilatie
Verwarming	HR107 ketel
Zonnepanelen	Geen
Vloerisolatie	Geen
Dakisolatie	Geen
Spouwmuurisolatie	8 cm
Type Glas	Dubbelglas
Type warmte-afgifte	HT radiatoren
Situatie eerste verdieping	Onverwarmd
Situatie tweede verdieping	Onverwarmd
Thermostaatstand BG	21° Celsius
Werkelijk gasverbruik 2021 (m <sup>3</sup> )	1.000
Elektriciteitsverbruik 2021 (kWh)	2.600

*Tabel 2: Specifieke kenmerken referentiewoning*

Wat in tabel 2 opvalt is dat de woning op de eerste en tweede verdieping onverwarmd is. Dit verklaart het relatief lage gasverbruik van circa 1.000 m<sup>3</sup> in 2021.

### 3. Isolatiemaatregelen

Isolatiemaatregelen hebben als resultaat dat de woning een beperkt warmteverlies heeft én voorkomen dat kou binnentreedt. Dit heeft als resultaat dat minder warmte hoeft worden opgewekt en zo energie wordt bespaard. Hoekwoningen hebben een voordeel t.o.v. vrijstaande woningen. Bij een hoekwoning hoeft namelijk 1 zijkant niet geïsoleerd te worden, aangezien een andere woning direct grenst aan de hoekwoning. Het is bij de hoekwoning dan ook vooral belangrijk om de vrije zijkant en de voor- en achterzijde van de woning goed te isoleren middels kierdichting, gevelisolatie en HR++ glas. Om de woning optimaal te isoleren wordt daarnaast vloerisolatie en dakisolatie aanbevolen.

Bij een hoekwoning is voor de warmtebehoefte de meeste energiebesparing te behalen door de vrije zijkant, voor- en achterkant te isoleren. Spuwmuurisolatie is al toegepast. De volgende isolatiemaatregelen kunnen nog worden gedaan bij de woning:

#### 1. Het dichten van naden en kieren (kierdichting)

Door het plaatsen van tochtstrip of kit kan tocht worden voorkomen en worden naden en kieren gedicht. Plekken met tocht zijn vaak:

- naden en kieren in het metselwerk;
- kozijnen en deuren;
- het dak;
- de meterkast;
- de kruipruimte.

#### 2. Glasisolatie en vervangen van de kozijnen

Dubbelglas dient vervangen te worden door HR++ glas. Het wordt aanbevolen triple glas te plaatsen in nieuwe isolerende kozijnen. Triple glas bestaat uit drie glasplaten met een coating. Nieuwe isolerende kozijnen hebben een dubbele kierdichting. Daarnaast wordt aanbevolen om voor een isolerende deur zonder brievenbusopening te kiezen.

#### 3. Vloerisolatie (begane grond)

Het wordt aanbevolen isolatiemateriaal aan te brengen tegen de onderkant van de vloer. Voorbeelden van mogelijke materialen zijn thermokussens, glas- of steenwol of platen van kurk of schuim. Daarnaast dient het kruipruimte geïsoleerd te worden en dienen openingen kierdicht gemaakt te worden. Aangezien de woning alleen op de begane grond verwarmd is vloerisolatie meer van belang dan dakisolatie.

#### 4. Dakisolatie

Het betreft hier een schuin dak met dakpannen. Dit kan aan de binnenkant worden geïsoleerd. Indien de bewoner(s) handig is kan hij/zij dit zelf doen met een (dikke) laag glaswol of steenwol.



## 4. Warmtepompen

### Warmtepomp info algemeen

Om de warmtevoorziening te verduurzamen is toepassing van een warmtepomp aanbevolen. Een warmtepomp is duurzaam omdat deze kosteloze, voorradige én duurzame omgevingswarmte onttrekt (bijvoorbeeld van de (buiten)lucht, de bodem of een (PVT) zonnecollector). Door gebruik te maken van deze beschikbare omgevingswarmte kunnen warmtepompen met één eenheid elektriciteit tot wel zes eenheden warmte genereren. Dit is zeer voordelig in vergelijking met een gasketel of een elektrische boiler waar met één eenheid input ook maar circa één eenheid warmte output volgt. Bij het onttrekken van duurzame omgevingswarmte geldt het volgende principe: Hoe hoger de brontemperatuur is, hoe efficiënter de warmtepomp werkt. Daarnaast geldt hoe lager de temperatuur is waarop de warmteafgifte plaatsvindt, hoe efficiënter de warmtepomp werkt. Vandaar dat toepassing van laagtemperatuur warmteafgifte in de vorm van bijvoorbeeld vloerverwarming of LT-convectoren gewenst is.

Naast het verwarmen heeft de warmtepomp ook de mogelijkheid om te koelen. Dit doet de warmtepomp door warmte te onttrekken uit een gebouw en deze af te staan aan de omgevingsbron.

Een indicatie van de jaarlijkse prestatie van een warmtepompsysteem wordt weergegeven met de Seasonal Performance Factor (SPF) of de Seasonal Coefficient of Performance (SCOP). De SPF/SCOP geeft netto aan hoeveel eenheden energie voor verwarming, tapwater of koeling gegenereerd worden met één eenheid elektriciteit input gemiddeld genomen over één volledig jaar. Verschillende type warmtepomp systemen hebben verschillende SPF's voor verwarming, warm tapwater en koeling. Onderstaand staat in tabel 3 een indicatie weergegeven.

	SPF verwarming	SPF tapwater	SPF koeling
Lucht-water warmtepomp (LWP)	4	3	5
PVT met warmtepomp (PVT WP)	4,2	3	5,4
Waterwater warmtepomp bodembron (Bodem-WP)	4,5	2,8	10

*Tabel 3: Vergelijking WP-systemen SPF-indicatie*

Om warm tapwater te maken kan gebruik worden gemaakt van de nieuwe generatie warmtepompen met propaan als koudemiddel. Deze machines kunnen een hogere watertemperatuur produceren met een relatief goed rendement.

### Onderhoud warmtepompen

Warmtepompen vergen weinig onderhoud. Het onderhoud bij een warmtepomp is over het algemeen preventief. Afgezien van de compressor beschikt een warmtepomp namelijk niet over slijtende en bewegende onderdelen. Bij het preventieve onderhoud wordt jaarlijks op zaken gecontroleerd zoals eventuele lekkages, roest, filterverstopping en losse bedrading.



### Lucht-water warmtepomp (LWP)

Een LWP onttrekt warmte uit de buitenlucht en draagt deze over aan het koudemiddel. Na compressie van het koudemiddel wordt de warmte overgedragen aan het warmteafgiftesysteem op een hogere temperatuur. De koelwerking van een LWP is te vergelijken met die van een airco, alleen wordt de koude in dit geval niet aan de lucht afgegeven maar aan water dat bijvoorbeeld door de leidingen in de vloer gaat. De SPF van de LWP voor verwarming is het laagste van alle warmtepompsystemen. Bij de ventilator van de LWP kan geluidsoverlast voorkomen, hoewel de nieuwste modellen steeds stiller worden. Eventuele geluidsoverlast is een belangrijke overweging bij hoekwoningen aangezien er een woning direct naast is aangelegd.

Voordelen:

- Relatief lage investeringskosten
- Relatief snel en eenvoudig te installeren

Nadelen:

- Minder energiezuinig voor verwarming (lagere SPF)
- Kans op geluidsoverlast

### PVT met warmtepomp (PVT-WP)

Een PVT-paneel wekt elektriciteit en warmte op, het bestaat uit twee onderdelen: het PV- (zonne-energie) én het thermische (warmte) deel. Het PV-deel bestaat uit zonnepanelen die elektriciteit opwekken. Het thermische (T) deel haalt warmte uit een plaat onder het paneel en de buitenlucht via een buizenstelsel. De warmte uit het buizenstelsel wordt overgedragen aan het koudemiddel van de warmtepomp om het daarna in warmte voor verwarming en warm tapwater om te kunnen zetten. De warmte wordt overdag én 's nachts opgewekt. Het PVT-paneel kan warmte uit de buitenlucht halen bij  $-7^{\circ}\text{C}$  of hoger. Daarnaast bieden de PVT-panelen ook de mogelijkheid voor verkoeling. In feite wordt dan de functie van de panelen omgedraaid: De warmte wordt uit de woning onttrokken en via de panelen afgegeven aan de buitenlucht, waarna verkoeling voor de woning volgt. De SPF van koeling is bij de PVT-WP vergelijkbaar met die van een LWP. Wel is de SPF van een PVT-WP beter dan die van een LWP voor verwarming.

Het is bij een PVT-toepassing van belang dat voldoende dakoppervlak beschikbaar is. Hierbij moet rekening worden gehouden met de schaduwval op het dakoppervlak. De stroomopwekking van de PV-panelen is optimaal wanneer geen of weinig schaduwval is op de panelen.

De PVT-WP staat doorgaans opgesteld in een technische binnenruimte waardoor van geluidsoverlast voor de omgeving minimaal sprake is. Daarnaast heeft de PVT-WP (water-water warmtepomp) geen ventilator waardoor deze stiller is dan een LWP. De PVT-toepassing vereist tegenwoordig een hoge investering. De verwachting is dat in de toekomst deze investering lager wordt. De PVT-WP is een recent concept waar nog veel verbeteringen en kostenwinsten door standaardisaties in fabricage mogelijk zijn. Verder is een leereffect van installatie mogelijk waardoor de installatiekosten verlaagd kunnen worden.

Bij de huidige stand van zaken is de Total Cost of Ownership (TCO) (totale kosten over levensduur van de installatie) van de PVT-WP al lager of vergelijkbaar met een LWP wegens de additionele opbrengsten van stroomopwekking en de goede SPF (voor verwarming & warm tapwater).

Voordelen:

- Naast warmteopwekking ook stroomopwekking
- Goede SPF voor verwarming en bereiding warm tapwater
- Geen/weinig geluidsoverlast

Nadelen:

- Hoge investering, wat in de toekomst (hoogstwaarschijnlijk) zal afnemen
- Voldoende (dak)oppervlak moet beschikbaar zijn om de PVT-panelen te kunnen plaatsen
- Hoge schaduwval op de panelen heeft impact op de stroomopwekking

### Bodem/warmtepomp (Bodem/WP)

De warmtebron bij dit systeem is een open bron of een gesloten bron in de bodem. Bij een open bron wordt grondwater opgepompt om warmte aan te onttrekken; daarna wordt het weer teruggepompt in de grond. Open bronnen worden vaak collectief gebruikt en zijn minder geschikt voor individuele woningen.

Bij een gesloten bron wordt een warmtewisselaar in vorm van een buizensysteem in de grond gebracht. De buizen worden meestal verticaal diep in de grond gebracht om het gebruiksoppervlak van de bron te reduceren. Door het buizensysteem loopt een vloeistof met antivries (glycol/brine) of kraanwater (gedemineraliseerd), die warmte uit de grond wint. Deze bodemwarmte wordt overgedragen aan het koudemiddel van de warmtepomp. Voordeel van dit type warmtepomp is dat de verwarming en koeling zeer efficiënt is. De warmtepomp staat doorgaans opgesteld in een technische binnenruimte waardoor van geluidsoverlast voor de omgeving geen sprake is. Daarnaast heeft de warmtepomp (water-water) geen ventilator waardoor deze stiller is dan een LWP.

Nadelen van een bodem warmtepomp zijn de hoge kosten voor de bronboring en het risico dat de bodembron niet goed functioneert. Daarnaast moet ook genoeg ruimte zijn in de tuin voor een bron en het aanbrengen van de bron. De ruimte hiervoor lijkt beperkt bij de referentiewoning. Om deze redenen wordt een bodem/WP niet aanbevolen voor de referentiewoning.

Voordelen:

- Hoge SPF
- Passieve, energiezuinige koeling mogelijk
- Geen/weinig geluidsoverlast

Nadelen:

- Vaak vergunning traject benodigd voor bronboring
- Hoge investeringskosten voor bronboring
- Risico dat bodembron minder functioneert dan verwacht in verband met bodemkwaliteit

### Samenvatting vergelijking warmtepompsystemen

De vergelijking van de warmtepompsystemen ten opzichte van elkaar staat samengevat in tabel 4.

	LWP	PVT WP	Bodem/WP
Investeringskosten	++	--	--
Gecompliseerdheid ontwerp installatie	++	+/-	-
SPF (efficiëntie) verwarming	+/-	+	++
SPF (efficiëntie) koeling	-	-	++
SPF (efficiëntie) warm tapwater	+/-	+	+/-
Kans op geluidsoverlast	-	+	+
Extra baten stroomopwekking		++	
Risico	++	+	--

Tabel 4: Voor- en nadelen warmtepompsystemen  
 +(+) *voordeel*; +/- *neutraal*; -(-) *nadeel*



## 5. Stappenplan aardgasvrije woning (hoekwoning 1946 – 1964)

Om de referentiewoning aardgasvrij te krijgen worden de volgende stappen aanbevolen:

### 1. Isoleer woning tot minimaal energielabel C

In hoofdstuk 2 staan verschillende voorbeelden beschreven van isolatiemaatregelen die kunnen worden toegepast. De meest kosten efficiënte maatregelen (bijvoorbeeld kierdichting en glisolatie) kunnen hiervoor worden uitgekozen. Experts raden toepassing van een full-electric warmtepomp aan bij woningen met minimaal energielabel B. Echter is bij hoekwoningen additionele isolatie door de naastgelegen bebouwing. Daarnaast verwarmt de bewoner nagenoeg alleen de begane grond. Om deze reden kan een energielabel C al toereikend zijn bij de referentie hoekwoning.

### 2. Test geschiktheid woning voor warmtepomp in praktijk in de winter

Indien de woning is geïsoleerd tot minimaal energielabel C wordt aangeraden een test in de praktijk uit te voeren of de woning geschikt is voor toepassing van een full-electric-warmtepomp. Dit wordt gedaan middels de 50 graden test. Vaak is het water in de Cv-ketel rond de 80° Celsius. Met een warmtepomp wordt de woning doorgaans verwarmd met water van maximaal circa 50° Celsius. De referentiewoning kan deze winter de 50 graden test uitvoeren.

### Stappenplan 50 graden test:

1. Het is van belang om de test uit te voeren in een week waarin het buiten koud is. De gemiddelde buitentemperatuur moet tussen de -10 en 4° Celsius zijn voor minimaal een week. Dan kan door de bewoner(s) worden ervaren of de woning met een lagere temperatuur comfortabel verwarmd kan worden.

2. De Cv-ketel instellen op 50° Celsius

In de handleiding van de Cv-ketel staat beschreven hoe dit kan worden uitgevoerd.

3. Test één week

De bewoner moet deze week bijhouden hoe de binnentemperatuur gedurende de dag wordt ervaren. Blijft het comfortabel warm in alle ruimtes of wordt gedurende de dag tocht gevoeld? De bewoner dient wel rekening te houden met het feit dat bij lage temperatuur verwarming het langer duurt voordat de woning is opgewarmd.

4. Uitslag: Geschikt of niet?

*Ja, want de woning blijft warm.*

Is het in huis gedurende de testweek comfortabel warm gebleven? Dan is de woning geschikt om te verwarmen op lage temperatuur door middel van een warmtepomp.

*Nee, want de woning is niet comfortabel warm.*

Indien de woning niet comfortabel warm blijft, dan zijn in eerste instantie twee betaalbare aanpassingen mogelijk aan het verwarmingssysteem die getest kunnen worden.

Betaalbare aanpassingen indien woning niet geschikt blijkt:

#### 1. Plaats boosters

Boosters zijn kleine ventilatoren die onder of op de radiatoren/convectoren worden geplaatst. De boosters dienen geplaatst te worden in de ruimtes die onvoldoende of te langzaam warm worden. De boosters zorgen voor extra luchtstroming langs het verwarmingselement. Hierdoor wordt de ruimte sneller verwarmd.

#### 2. Laat het verwarmingssysteem waterzijdig inregelen

Bij slechte inregeling van het verwarmingssysteem worden de radiatoren die nabij de Cv-ketel staan als eerste warm. De verwarmingselementen verderop in het Cv-systeem worden dan op een later moment warm om de betreffende ruimte op temperatuur te brengen. Soms worden deze radiatoren zelfs onvoldoende warm. Nadat het verwarmingssysteem waterzijdig goed is ingeregeld worden alle verwarmingselementen even snel warm en staat de Cv-ketel goed afgesteld.

Indien de woning na deze aanpassingen niet comfortabel warm te krijgen is, wordt aangeraden nog te testen op 55-60 graden als alternatief. Wel moet dan opgemerkt worden dat de (propan) warmtepomp minder efficiënt zal werken op hogere temperaturen. Een maximale watertemperatuur van 50° Celsius heeft daarom in eerste instantie de voorkeur.

Indien de woning ook niet de 55-60 graden test doorstaat, wordt aanbevolen het verwarmingsoppervlak te vergroten op de begane grond. Dit kan door het plaatsen van LT-convectoren. Deze maatregel wordt voorgesteld aangezien het gasverbruik bij de referentiewoning al relatief laag is en alleen de begane grond wordt verwarmd. Het heeft de voorkeur in de eerste plaats de meest kosten efficiënte maatregelen toe passen. Hierna kan de 50-55-60 graden test opnieuw worden uitgevoerd. Indien de woning dan nog steeds niet de 55-60 graden test doorstaat, wordt aanbevolen de vloer te isoleren. Indien een full-electric WP in eerste instantie niet toepasbaar is, is een hybride warmtepomp ook een mogelijkheid voor de woning.

*Disclaimer:*

*Voor een hybride warmtepomp is het niet vereist om bij een lage buitentemperatuur van onder de 4° Celsius te testen, omdat de hybride warmtepomp bij deze lage temperaturen meestal is uitgeschakeld en de warmtevoorziening via de Cv-ketel plaatsvindt. Om te bepalen of de woning geschikt is voor de hybride warmtepomp wordt geadviseerd de 50 graden test te doen met een gemiddelde buitentemperatuur van tussen de 4- en de 10° Celsius. De hybride warmtepomp kan beschouwd worden als een tussenoplossing in het proces naar een aardgasvrije woning. De gasketel blijft in dit geval echter voorlopig behouden voor de pieklast.*

3. Ga na of de elektrische aansluiting toereikend is voor toepassing van een warmtepomp en elektrisch koken. Verzwaar zo nodig.

Uitgangspunt is dat minimaal een elektrische aansluiting van 3x25 Ampère benodigd is. De warmtepompinstallateur kan aangeven welke elektrische aanpassingen (eventueel) vereist zijn in de groepenkast.

4. Kies een geschikt warmtepomptype (LWP, PVT/WP of bodem/WP)

Van belang is om met meerdere factoren rekening te houden: investering, geluidsoverlast, rendement, maximale benutting (dak)oppervlak, totale kosten op de lange termijn, risico.

5. Vraag offertes op bij installateurs, maak een keuze en laat de warmtepomp installeren.

De installateur verzorgt het definitieve ontwerp van het systeem en geeft ook advies betreffende selectie van warmtepomp modellen en de mogelijke subsidies.

6. Stap over op elektrisch koken indien dit nog niet is gebeurd

7. Ontkoppel de gasketel en ontmantel de gasaansluiting via de netbeheerder

Let op: indien de eerste verdieping en de tweede verdieping wel (sporadisch) verwarmd dienen te worden, moet dit toereikend kunnen gebeuren zonder gasketel. Indien dit nog niet kan is het niet verstandig de gasketel te ontkoppelen.



## 6. Ontwerp / technische omschrijving warmtepomp systeem referentiewoning

### Vermogen warmtepomp algemeen

Om het vereiste vermogen te bepalen van een warmtepomp kan als vuistregel worden uitgegaan van het volgende: 100 Watt per m<sup>2</sup> gebruikersoppervlak voor hoekwoningen met bouwjaar 1946-1964<sup>1</sup>. Het betreft een woning met een woonoppervlak van 160 m<sup>2</sup>. Effectief wordt er echter maar circa 65 m<sup>2</sup> van de begane grond verwarmd. Dit betekent dat een warmtepomp vermogen van 6,5 kW toereikend is (onder assumptie van een bèta factor van 1) voor de begane grond. Indien wordt gekozen voor een hybride warmtepomp als tussenoplossing kan 50% van het berekende vermogen (bèta factor van 0,5) toereikend zijn. De investeringskosten zijn dan lager terwijl het gasverbruik met circa 60-80% daalt.<sup>2</sup> Indien de bovenruimtes sporadisch verwarmd dienen te worden kan de gasketel bijspringen.

Indien men de bovenruimtes constant wil verwarmen gedurende het stookseizoen is een hoger warmtepomp vermogen vereist tot wel 16 kW.

*Disclaimer: bovenstaande alinea is een indicatie. Op basis van de (bouw)tekeningen kan een warmteverliesberekening worden opgesteld waarna de specifieke vermogensvraag nader kan worden uitgewerkt. Daadwerkelijke ontwerpen van de warmtevoorziening zijn pas mogelijk wanneer meer details worden verstrekt. In deze fase zijn alleen vermogensindicaties en algemene technische omschrijvingen mogelijk.*

Aangezien een individuele bodem/WP niet goed toepasbaar is voor een hoekwoning wegens de hoge investeringskosten, complexiteit en het ruimtegebrek in de tuin worden twee warmtepomp types voorgesteld: LWP of PVT/WP.

### LWP

Een voorbeeld van een LWP die kan worden toegepast indien alleen de begane grond wordt verwarmd is de Alpha innotec LWDV 91-1/3 8,2 kW. Een dergelijke warmtepomp met propaan als koudemiddel is een serieuze optie voor de referentiewoning. De fabrikant claimt dat voor de installatie van deze warmtepomp geen grote verbouwingen nodig zijn en dat de bestaande afgiftesystemen zoals radiatoren kunnen blijven staan.

Het gemiddelde jaarlijkse elektriciteitsverbruik van de LWP wordt na het delen van de energiebehoefte in kWh door de SPF van de warmtepomp:

1.596	kWh voor verwarming
695	kWh voor bereiden van warm tapwater
2.290	kWh voor verwarming en warm tapwater samen

Het extra elektriciteitsverbruik kan gecompenseerd worden door PV-panelen (ook wel zonnepanelen genoemd) te plaatsen. Een PV-vermogen van circa 2,6 kWp is benodigd om genoeg elektriciteit op te wekken. Dit zijn effectief circa 7 PV-panelen van 410 Wp per stuk. Indien voldoende dakruimte beschikbaar is kunnen nog eens 8 extra PV-panelen worden geplaatst om tevens de elektriciteitsafname voor regulier huishoudelijk verbruik verder te compenseren. Het financiële voordeel van PV-panelen is wel afhankelijk van de salderingsregeling. Deze regeling wordt in de periode 2025 t/m 2033 stapsgewijs afgebouwd.

De LWP wordt aangesloten op een vrije (drie)fase E-groep in de meterkast van de woning.

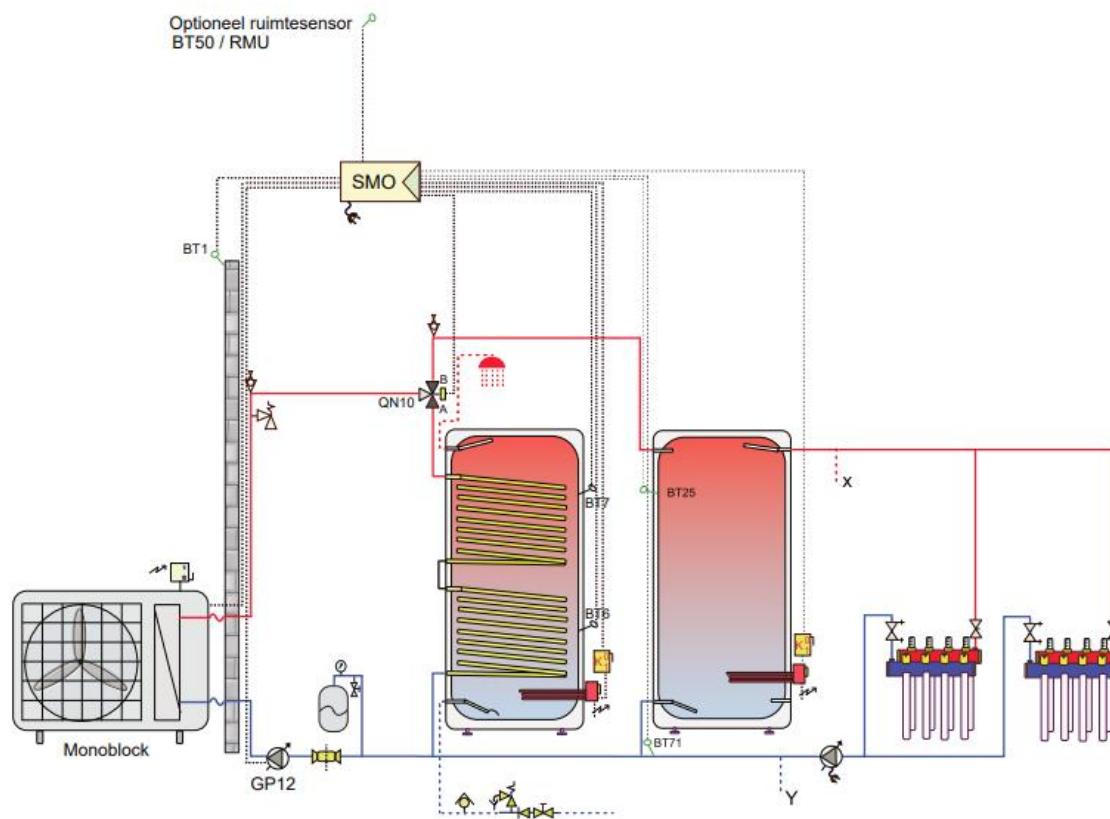
<sup>1</sup> Warmtepomp indicatietabel (2019). De indicatie tabel warmtepomp vollast draaiuren per jaar. Zie: <https://warmtepomp-weetjes.nl/uitleg/warmtepomp-indicatietabel/>

<sup>2</sup> Installati&Bouw (2020). Vuistregels voor het kiezen van de juiste warmtepomp. Zie: <https://www.installatiebouw.nl/artikel/vuistregels-voor-het-kiezen-van-de-juiste-warmtepomp/>

Zoals eerder gesteld is het belangrijk om geluidsoverlast te voorkomen. Naast dat de selectie van een stille LWP conform fabrieksopgave belangrijk is, kunnen de volgende richtlijnen/aanbevelingen worden aangehouden ter beperking van de geluidsoverlast:

- Plaats de buitenunit niet aan muren van verblijfsruimten.
- Voorkom weerkaatsing van geluid. Plaats de buitenunit niet in nissen met aan drie zijden een muur.
- Plaats de buitenunit niet te dicht bij de burens.
- Richt de buitenunit niet op terrassen of balkons.
- Plaats de buitenunit niet te dicht bij openslaande ramen en ventilatieroosters van verblijfsruimten.
- Plaats de buitenunit richting de openbare weg en blinde muren.
- Gebruik voor de installatie van de buitenunit flexibele leidingen en (rubberen) trillingsdempers.
- Bij plaatsing van buitenunit op het dak/muur: Let op dat een dak of een muur van steen voldoende massa heeft om trillingen te voorkomen.
- Bij plaatsing van de buitenunit op de grond: Let op dat de ondergrond stabiel is.

Een voorbeeld hydraulisch schema van een LWP staat weergegeven in figuur 1.



*Figuur 1: Voorbeeld hydraulisch schema LWP monoblock*



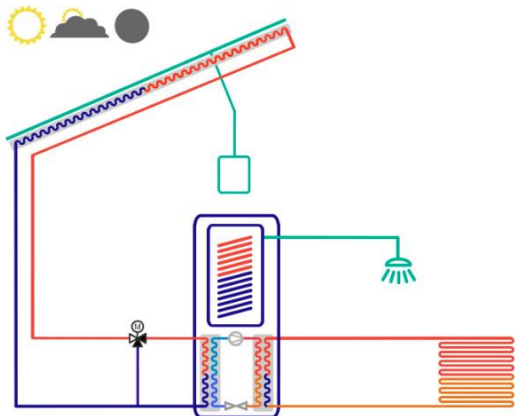
### PVT-WP

Het bepaalde warmtepompvermogen was ongeveer 6,5 kW indien alleen de begane grond verwarmd dient te worden. Volgens opgave van PVT-fabrikant Triple Solar is circa 2,7 m<sup>2</sup> PVT benodigd per kW warmtepompvermogen. Dit betekent dat 17,55 m<sup>2</sup> PVT per woning benodigd is. Elk PVT-paneel heeft een formaat van 2,131 meter x 1,055 meter en een elektrisch vermogen van 450 Wp, Voor de referentiewoning zijn daarom circa 8 PVT-panelen benodigd.

Het gemiddelde jaarlijkse elektriciteitsverbruik per woning wordt na het delen van de energiebehoefte in kWh door de SPF van de warmtepomp:

1.520 kWh voor verwarming  
695 kWh voor bereiden van warm tapwater  
2.214 kWh per woning voor verwarming, warm tapwater

Indien 8 XL PVT-panelen worden geplaatst wekken deze naast warmte ook circa 3.060 kWh per jaar aan stroom op. Hiermee wordt het elektriciteitsverbruik van de warmtepomp ruimschoots gecompenseerd en blijft zelfs nog stroom over. Daarnaast kunnen bij de referentiewoning nog circa 4 reguliere PV-panelen worden bijgeplaatst om de elektriciteitsafname voor het reguliere huishoudelijk verbruik volledig te compenseren.



Figuur 2: Schema PVT-WP



Figuur 3: Voorbeeld legplan 8 PVT-panelen



## 7. Indicatie investeringen en eenvoudige terugverdientijd

### Investeringsramingen

In tabel 5 staan de investeringsramingen weergegeven voor diverse maatregelen. Bij het niet doorstaan van de 50-60 graden test wordt aangeraden boosters te plaatsen en/of het verwarmingssysteem waterzijdig in te regelen. Indien verder aanpassingen vereist zijn voor isolatie en/of warmteafgifte wordt aanbevolen de kosten effectiefste maatregelen eerst toe te passen. Verder staat in tabel 5 een investeringsraming voor elektrisch koken en een kostenindicatie voor demontage van de gasketel weergegeven.

Maatregel	Netto investering indicatie (€) incl BTW en subsidie
Boosters (3x)	€ 450 <sup>3</sup>
Waterzijdig inregelen verwarming	€ 500 <sup>4</sup>
Spouwmuurisolatie	€ 1.500 <sup>5</sup>
Het dichtn van naden en kieren	€ 100 <sup>5</sup>
HR++ glas	€ 2.550 <sup>5</sup>
Vloerisolatie	€ 1.800 <sup>5</sup>
Dakisolatie	€ 3.000 <sup>6</sup>
LT radiatoren	€ 3.000 <sup>7</sup>
Elektrisch koken	€ 1.500 <sup>5</sup>
Demontage bestaande gasketel	€ 750

Tabel 5: Investeringskosten raming maatregelen

Met betrekking tot het overgaan op warmtepompplaatsing staan in tabel 6 de investeringsramingen weergegeven.

	LWP	PVT-WP (8x 450 Wp PVT)	zon-PV 2,87 kWp
Investering incl BTW	€ 18.518	€ 29.747	€ 4.259
BTW teruggave	€ 0	€ 1.910	€ 241
(ISDE) subsidie	€ 2.000	€ 2.000	€ 0
Netto investering	€ 16.518	€ 25.837	€ 4.018

Tabel 6: Investeringsraming duurzame energie

<sup>3</sup> Prijsopgave product SpeedComfort Trio set

<sup>4</sup> Vereniging EigenHuis, (2021). Waterzijdig inregelen: 5 vragen. Zie <https://www.eigenhuis.nl/energie/maatregelen/duurzaam-verwarmen/waterzijdig-inregelen-veelgestelde-vragen/>

<sup>5</sup> Milieucentraal (2022). Website. [www.milieucentraal.nl](http://www.milieucentraal.nl)

<sup>6</sup> Milieucentraal (2022). Zelf dak isoleren. <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/isoleren-en-besparen/zelf-dak-isoleren/>

<sup>7</sup> Milieuadviesbureau JMA (2019). Van het gas af: zo doe je dat (en dit kost het). Zie: <https://www.rtlnieuws.nl/economie/life/artikel/4806176/verduurzamen-woning-van-gas-af-warmtepomp-aanleggen-kosten>



### Jaarlijkse kosten duurzame energie systemen

De aanname is dat het huidige gasverbruik voor CV en tapwater circa 1.000 m<sup>3</sup> per jaar is. Bij aanname van de gegevens uit tabel 7 zijn de jaarlijkse kosten voor het verbruik van gas voor CV en tapwater ongeveer € 1.450 per jaar in de referentie situatie.

Gasprijs (€/m <sup>3</sup> )	€ 1,45
Elektriciteitsprijs (€/kWh)	€ 0,4
Elektriciteitsprijs zon-PV door afbouw salderen (€/kWh)	€ 0,30
Gasverbruik (CV en tapwater) (m <sup>3</sup> per jaar)	963
Kosten gasverbruik (CV en tapwater) (€ per jaar)	€ 1.396

Tabel 7: Aannames referentiesituatie

De drie investeringsopties zijn doorberekend en vergeleken met de referentiesituatie. Bij de berekening wordt rekening gehouden met de afbouw van de huidige salderingsregeling per 1 januari 2025. In tabel 8 volgt het resultaat:

	0. Gasketel Referentie	1. LWP	2. LWP + zon-PV	3. PVT/WP
<b>Netto investering (€ inclusief BTW)</b>	<b>€ 2.000</b>	<b>€ 16.518</b>	<b>€ 20.536</b>	<b>€ 25.837</b>
Gasverbruik referentiesituatie (m <sup>3</sup> per jaar)	963			
Extra elektriciteitsverbruik (kWh per jaar)	0	2.290	2.290	2.214
Elektriciteitsopwek zon-PV (kWh per jaar)	0	0	2.440	3.060
Kosten gas referentiesituatie (€ per jaar)	€ 1.396			
Kosten ketelonderhoud referentie (€ per jaar)	€ 70			
Kosten netbeheer gas (€ per jaar)	€ 191			
Baten elektriciteit zon-PV (€ per jaar)	€ 0	€ 0	€ 732	€ 918
Kosten elektriciteitsverbruik (€ per jaar)	€ 0	€ 916	€ 916	€ 886
Onderhoudskosten nieuw systeem (€ per jaar)	€ 0	€ 108	€ 148	€ 148
Netto besparing tov referentie (€ per jaar)	€ 0	€ 633	€ 1.325	€ 1.541
Total Cost of Ownership 15 jaar (€)	€ 26.860	€ 31.880	€ 25.523	€ 27.575

Tabel 8: Indicatie terugverdientijden investeringsopties

De variant LWP + zonnepanelen heeft de laagste totale kosten van eigendom over 15 jaar bezien. De investeringen blijven aanzienlijk om de woning aardgasvrij te krijgen. Eventueel kan de bewoner hiervoor een duurzaamheidslening met een gunstig rentepercentage van ongeveer 1,9% aanvragen bij de gemeente Ede.



## 8. Finaal concluderend advies

Energiebreed heeft inzichtelijk gemaakt wat voor de referentiewoning nodig is om de woning aardgasvrij te krijgen. Omdat het een hoekwoning betreft is het warmteverlies beperkt aan 1 zijkant van de woning. De hoekwoning heeft verder alleen een warmtevraag op de begane grond waardoor een grote kans bestaat dat de woning al direct geschikt is voor een hybride of full-electric warmtepomp. Om de geschiktheid van de woning te bepalen voor toepassing van een full-electric warmtepomp wordt de uitvoer van de 50 graden test aanbevolen bij een gemiddelde buitentemperatuur van onder de 4° Celsius. Om de geschiktheid van de woning te bepalen voor toepassing van een hybride warmtepomp wordt de uitvoer van de 50 graden test aanbevolen bij een gemiddelde buitentemperatuur van tussen de 10- en 4° Celsius. Een hybride warmtepomp kan beschouwd worden als een tussenoplossing naar een aardgasvrije woning toe.

Indien de bewoner direct een aardgasvrije woning wil realiseren, wordt aangeraden de 50 graden test voor een full-electric warmtepomp te doen. Indien deze test in eerste instantie niet wordt gehaald, wordt aanbevolen om onderstaande acties stapsgewijs te doorlopen. Tussen elke actie kan de 50 graden test worden doorlopen, start de volgende actie(s) indien de 50 graden test niet wordt behaald.

- Aanbevolen wordt om kosteneffectieve (aanvullende) maatregelen uit te voeren zoals kierdichting, het plaatsen van boosters op de radiatoren en het waterzijdig inregelen van het verwarmingssysteem.
- Vergroot het verwarmingsoppervlak op de begane grond.
- Aanbevolen wordt om vloerisolatie toe te passen.
- Voer de 50 graden test uit op 55-60 graden Celsius, hoewel bij deze temperaturen een (propan) warmtepomp minder efficiënt zal werken. Een maximale watertemperatuur van 50 graden heeft daarom in eerste instantie de voorkeur.

Als de 55-60 graden test ook niet wordt behaald zijn verdere aanpassingen vereist qua isolatie en aan het warmteafgiftesysteem. Indien (eventueel na het uitvoeren van aanpassingen) de woning geschikt blijkt om een warmtepomp te plaatsen wordt toepassing van een warmtepomp met propaan als koudemiddel aanbevolen. De reden hiervoor is dat deze type warmtepompen milieuvriendelijker zijn en dat deze warmtepompen relatief efficiënt hogere temperaturen kunnen genereren waarmee warm tapwater gemaakt kan worden.

Betreffende toepasbare warmtepomp types zijn er 2 opties: een lucht/water warmtepomp (LWP) of zon-thermische (PVT) panelen met warmtepomp (PVT/WP). Een warmtepomp met bodemenergie (bodem/WP) wordt niet aanbevolen gezien de hoge investeringskosten, complexiteit en het gebrek aan ruimte in de tuin. De LWP heeft een relatief lage investering, echter is bij dit type warmtepomp een kans op geluidsoverlast. In een dichtbebouwde omgeving is dit een factor van belang. Daarom wordt bij keuze voor een LWP aanbevolen een goede selectie van een stille LWP te maken en maatregelen te treffen om eventuele geluidshinder te voorkomen. Een warmtepomp zorgt voor een stijging van het elektriciteitsverbruik. Het wordt aanbevolen dit extra elektriciteitsverbruik te compenseren door het plaatsen van zonnepanelen zodat er ook elektriciteitsopwekking plaatsvindt. Het financiële voordeel hiervan is wel afhankelijk van de salderingsregeling. Deze regeling wordt in de periode 2025 t/m 2033 stapsgewijs afgebouwd. Bij de PVT/WP wordt al automatisch extra elektriciteit gegenereerd aangezien de PVT-panelen ook stroom opwekken. De referentiewoning heeft eventueel dakruimte beschikbaar om extra PV-panelen te plaatsen om eventueel ook nog het reguliere huishoudelijke elektriciteitsverbruik te compenseren.

Qua kosten van eigendom scoort de LWP in combinatie met zonnepanelen het beste. Qua kosten van eigendom scoort de LWP zonder zonnepanelen als laagste aangezien de extra kosten voor elektriciteitsafname dan niet gecompenseerd worden. De investeringen blijven hoe dan ook aanzienlijk om de woning aardgasvrij te krijgen. Eventueel kan de bewoner hiervoor een duurzaamheidslening met een gunstig rentepercentage van ongeveer 1,9% aanvragen bij de gemeente Ede.

