



Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland

Verkenning tool aardgasvrije bestaande woningen

In opdracht van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat



RAADGEVENDE INGENIEURS

Nieman

Bouwfysica, -techniek en -regelgeving

**VERKENNING TOOL
AARDGASVRIJE
BESTAANDE WONINGEN**

Rapportage onderzoek

TSE1701058 - Verkenning tool aardgasvrije bestaande woningen

Rapportage onderzoek

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland

Croeselaan 15
3521 BJ Utrecht



Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland

Vertegenwoordigd door: de heer ir. J.D. van Rijn

Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.

Vestiging Zwolle
T(038) 467 00 30
www.nieman.nl



Milieu Centraal

Nicolaas Beetsstraat 2a
3511 HE Utrecht
T(030) 230 50 70
www.milieucentraal.nl



Uitgevoerd door:

- De heer ir. H.J.J. Valk (Nieman)
- De heer ing. T.G. Haytink (Nieman)
- De heer ing. J. Kaspers (Nieman)
- De heer dr. P. van Meegeren (Milieu Centraal)
- De heer ir. J. Zijlstra (Milieu Centraal)

Referentie: 20171691 / 10624
Status: definitief
Datum: 30 april 2018

Samenvatting

Nieman Raadgevende Ingenieurs en Milieu Centraal hebben in opdracht van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RvO) een verkennende studie verricht naar het ontwikkelen van een tool voor het aardgasvrij maken van bestaande woningen. De tool richt zich op het inzichtelijk maken van de consequenties voor bewoners als aardgas als energiebron verdwijnt voor verwarming, warmtapwater en koken.

De opgave om voor circa 7,6 miljoen woningen (en circa 1 miljoen overige gebouwen) een alternatief voor aardgas te realiseren is groot. In dit onderzoek is gekeken naar alternatieven van aardgas die nu beschikbaar zijn of op korte termijn marktrijp zijn. Op wijkniveau worden momenteel de eerste analyses en warmteplannen opgesteld om wijken te koppelen aan een alternatief voor aardgas. De volgende vijf alternatieven (infrastructuren) liggen hiervoor op dit moment voor de hand: all-electric, laag-, midden- en hoog temperatuur warmtenet en groengas. Welke keuze ook gemaakt wordt, het heeft consequenties voor de bewoner. In dit onderzoek wordt ingegaan op deze praktische consequenties voor een bewoner: rommel, overlast, ingreep in de woning, esthetica, comfort, onderhoud, energieverbruik en kosten.

Aangezien de woningvoorraad en oplossingsrichtingen zeer divers zijn, is deze verkennende studie afgekaderd naar zes combinaties van infrastructuur en woningtypen. Het betreft een vrijstaande woningen t/m 1964, rijwoningen 1965 – 1975, galerijwoning 1975 – 1991 en rijwoningen 2005 – heden. Voor de hiervoor genoemde woningtypen en energie infrastructuren zijn maatregelenpakketten gedefinieerd met een oplopende energetische ambitie zonder aardgas. Het betreft de volgende maatregelenpakketten:

- een aardgasvrij concept zonder energiebesparing. Een concept dat gekenmerkt wordt door een lage investering waarbij uitsluitend een alternatief voor verwarming, warmtapwater en keuken is uitgewerkt. Dit concept is uitgewerkt om te onderzoeken wat er gebeurt als de energievraag niet beperkt wordt;
- een aardgasvrij concept met goede isolatie;
- een energieneutraal concept (met zeer goede isolatie), dat overeenkomt met de huidige Nul-op-de-Meter (NOM)-woningen;
- een energieneutraal concept waarbij de piekvraag (qua elektriciteit) wordt verminderd.

Met deze keuze voor een referentiesituatie en principe oplossingen is een algemeen overzicht verkregen en is de hoofdopzet van een tool opgesteld. Bij de uiteindelijke uitwerking van de tool moeten vanzelfsprekend alle relevante combinatie van woningtypen, bouwjaarklassen en oplossingsprincipe worden meegenomen.

Met behulp van de ontwikkelde tool kan de gebruiker de effecten van verschillende maatregelenpakketten en energiedragers met elkaar vergelijken. De consequenties zijn voorzien van nadere informatie en waarschuwingpunten. Hierdoor krijgt de gebruiker van de tool inzicht in het effect van de alternatieven voor een gasaansluiting voor de bewoner.

De tool vormt een vingeroefening is en geen compleet instrument. De achtergrondinformatie in dit onderzoeksrapport is door de klankbordgroep als heel waardevol beoordeeld, maar het heeft niet de pretentie om compleet te zijn. De tool en rapportage is vooral bedoeld om gedachtenvorming over het soort van maatregelen die nodig zijn en de impact voor de bewoners/eigenaars inzichtelijk te maken voor enkele woningsegmenten.

Voor een bewoner zijn de volgende aspecten van belang voor het aardgasvrij maken van een bestaande woning:

- Inzicht in energetische kenmerken
- Indicatie energieverbruik
- Eenmalige kosten
- Ingrep in de woning (tijdens werkzaamheden)
- Gewenning voor de bewoner
- Gebruik (permanente wijziging)
- Ruimtebeslag
- Nog te treffen maatregelen richting CO₂-neutraliteit
- Veiligheid/cybersecurity (onder andere instellingen internet of things)
- Toelichting benodigde onderhoudswerkzaamheden
- Installatietechnische aandachtspunten
- Esthetica
- Comfort/behaaglijkheid
- Overig

Daarnaast kan voor bewoners het vertrouwen in de techniek en het gevoel van keuzevrijheid (of het ontbreken daarvan) een rol spelen, deze zijn niet in de tool opgenomen, omdat deze minder goed te kwalificeren zijn. Deze lijst kan als format gebruikt worden voor de verdere uitwerking van de tool of het delen van kennis over aardgasvrije woningen in de bestaande bouw.

Zwolle, 30 april 2018

Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V. / Milieu Centraal



Nieman: ing. T.G. Haytink / ing. J. Kaspers / ir. H.J.J. Valk

Milieu Centraal: dr. P. van Meegeren / ir. J. Zijlstra

Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1 Inleiding	4
Hoofdstuk 2 Bewonersperspectief	8
Hoofdstuk 3 Alternatieven aardgas	10
3.1 All-electric	10
3.2 Warmtenet	15
3.3 Groengas	17
Hoofdstuk 4 Maatregelenpakketten	19
4.1 Gebouwenmerken per bouwjaar	19
4.2 All-electric - vrijstaande woning < 1964	21
4.3 All-electric - rijwoning 2005-heden	23
4.4 HT-warmtenet – rijwoning 1965-1975	23
4.5 LT/MT-warmtenet – rijwoning 1965-1975 en galerijwoning 1975-1991	25
4.6 Groengas – vrijstaande woning < 1964	26
Hoofdstuk 5 Verkenning tool 'aardgasvrije woningen'	28
5.1 Analyse beschikbare tools energietransitie	28
5.2 'Look and feel' van tool 'aardgasvrije woningen'	31
5.3 Consequenties per maatregelenpakket	32
Hoofdstuk 6 Beschouwing consequenties aardgasvrij	35
6.1 Thermische schil	35
6.2 Ruimtebeslag – all electric	37
6.3 Ruimtebeslag - warmtenet	42
6.4 Van koken op gas naar elektrisch koken	45
6.5 Ventilatiesysteem	47
6.6 PV-panelen	48
6.7 Investering	49
6.8 Comfort	50
6.9 Esthetiek	51
Hoofdstuk 7 Indicatie energieverbruik/opbrengst	53
7.1 Uitgangspunten dynamisch rekenen	53

7.2	Analyse robuustheid maatregelenpakket	57
7.3	Pieken verbruik / opbrengst elektra	61

Hoofdstuk 8 Conclusie en aanbevelingen **68**

8.1	Conclusie	68
8.2	Aanbevelingen	69

Bijlage 1 Analyse bewoners/energiebesparende maatregelen

Bijlage 2 Maatregelenpakketten/energieverbruik

Bijlage 3 Consequentie maatregelenpakketten

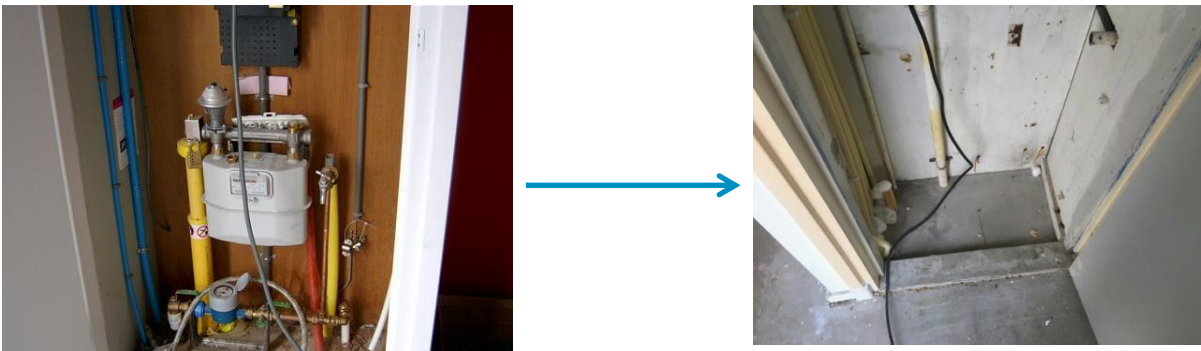
Bijlage 4 Achtergrondinformatie

Hoofdstuk 1 Inleiding

In de Energie-Agenda heeft de rijksoverheid voor de gebouwde omgeving in 2050 'een CO₂-uitstoot van bijna 0' als uitgangspunt van het beleid beschreven. Dat impliceert een transitie van een energievoorziening hoofdzakelijk gebaseerd op fossiele brandstoffen, naar een gebouwde omgeving waarvan de energievraag vergaand is teruggebracht en die wordt voorzien van CO₂-arm opgewekte elektriciteit en warmte. Op dit moment is aardgas in Nederland de voornaamste energiebron voor de verwarming van huizen en warmtapwater.

Aanleiding

De gebouwde omgeving ondervindt de komende jaren een energietransitie die te vergelijken is met de overgang van steenkool en stadsgas naar aardgas in de jaren '60. Bewoners maakten destijds een sprong qua comfort en moesten wennen aan het anders verwarmen van de woning met een gashaard of centrale verwarming en koken op een aardgasfornuis. Ruim vijftig jaar later speelt een vergelijkbare vraag en staan we aan de vooravond van een transitie van aardgas naar duurzame bronnen. Het verschil is echter dat de uitgangspositie, verwarming met combiketels op aardgas, makkelijk, relatief goedkoop en comfortabel is. Wat gebeurt er als de woningen niet meer aangesloten zijn op het aardgasnetwerk, wat betekent dat voor de bewoner, de installatieruimte en leidingen in de woning, de energierekening en het verbruik van de woning?



Figuur 1: Woning van aardgas af

Er zijn diverse alternatieven voor aardgas. De keuzemogelijkheden hangen mede af van beslissingen op infrastructuurniveau die onder regie van gemeenten de komende periode worden genomen. Bij het kiezen van een aardgas-vervangende infrastructuur in wijken is het belangrijk dat gemeenten en andere beslissers globaal inzicht krijgen in de consequenties voor bewoners. Binnen het onderzoek worden technieken gebruikt die nu beschikbaar zijn of marktrijp. Het uiteindelijke potentieel voor bijvoorbeeld groen- en biogas hangt mede af van beleidskeuzen.

Doel van onderzoek

Het doel van dit onderzoek is om een concept tool te ontwikkelen die professionals inzicht geeft in de impact voor bewoners en per gebruiksprofiel inzicht geeft in de gevolgen op het gebied van energiegebruik, kosten, comfort en ruimtelijke maatregelen voor de woning.

Scope onderzoek

In dit onderzoek worden voor zes combinaties van energie-infrastructuur en woningtypen verschillende oplossingsrichtingen voor aardgasvrije woningen uitgewerkt. Het betreft de volgende referentie woningtypen:

- vrijstaande woningen t/m 1964,
- rijwoningen 1965 – 1975,
- galerijwoning 1975 – 1991 en
- rijwoningen 2005 – heden.



Figuur 2: Beeld van de vier woningtypen t.b.v. onderzoek

In onderstaande tabel staan de zes combinaties van energie-infrastructuur en woningtype met groen gearceerd.

	All-electric 	HT warmtenet 	MT warmtenet 	LT warmtenet 	Groengas
 Vrijst. woning < 1964	Referentie + vier maatregelen-pakketten				Referentie + vier maatregelen-pakketten
 Rijwoning 1965-1975		Referentie + vier maatregelen-pakketten		Referentie + vier maatregelen-pakketten	
 Galerij 1975 – 1991			Referentie + vier maatregelen-pakketten		
 Rijwoning 2005-heden	Referentie + vier maatregelen-pakketten				

Figuur 3: Zes combinaties van woningtype en energie infrastructuur

Met deze selectie van woningen ontstaat een eerste beeld van de consequenties en structuur van de tool echter nog geen volledig beeld van de gebouwde voorraad in Nederland. De oplossingsrichtingen zijn verkenningsrichtingen en vormen geen waarde oordeel. Er zijn andere concepten denkbaar, waaronder hybride vormen van concepten. De tool vormt daarmee een vingeroefening is en geen compleet

instrument. De achtergrondinformatie in dit onderzoeksrapport is door de klankbordgroep als heel waardevol beoordeeld, maar het heeft niet de pretentie om compleet te zijn. De tool en rapportage is vooral bedoeld om gedachtenvorming over het soort van maatregelen die nodig zijn en de impact voor de bewoners/eigenaars inzichtelijk te maken voor enkele woningsegmenten.

Het onderzoek is geschreven vanuit het perspectief van de bewoner: wat komt er op de bewoner af als de gasmeter uit de woning verdwijnt, maar gericht op professionals.

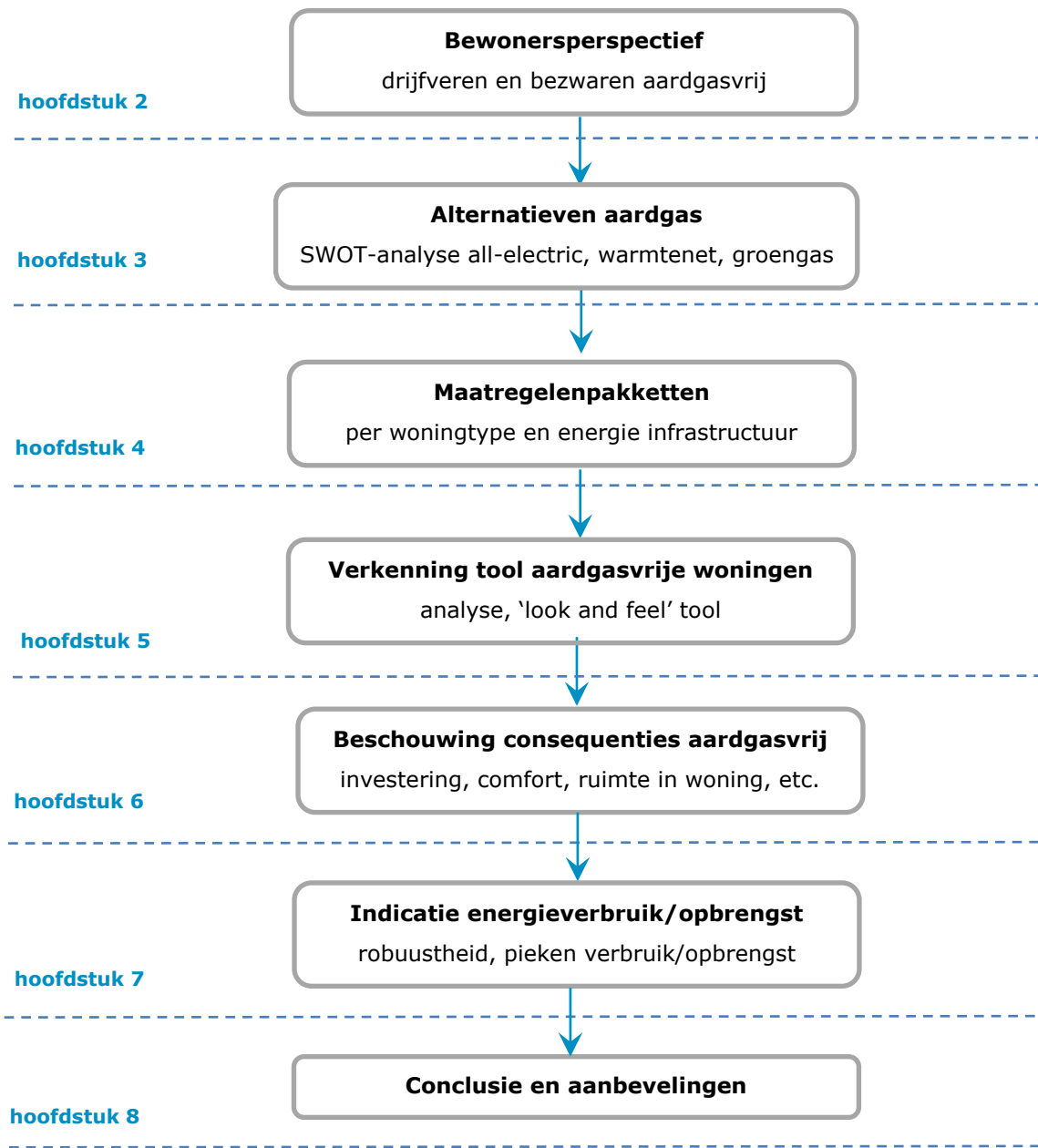
Klankbordgroep

Deze verkennende studie is verricht in samenspraak met de klankbordgroep. De klankbordgroep bestaat uit de volgende personen:

- Pim van Herk - provincie Noord-Holland
- Gerwin Verschuur - Thermobello
- Luiten Plekker – woningcorporatie Portaal
- Hans Schneider- Alliander
- Remco Spoelstra – omgevingsdienst regio Utrecht
- Lianda Sjerps – TKI urban energy
- Leo Brouwer, Daniël van Rijn, Marion Bakker, Menno Brouwer, Lex Bosselaar - RvO

Leeswijzer

De opbouw van deze rapportage is onderstaand weergegeven met daarbij betreffende hoofdstukken.



Hoofdstuk 2 Bewonersperspectief

Het draagvlak voor energiebesparing lijkt aanzienlijk. Ruim drie op de vier Nederlanders zegt het besparen van energie belangrijk te vinden en is van mening dat de opwekking van energie duurzamer moet (ECN, PBL & CBS, 2015; Motivaction, 2016; De Nationale denktank, 2009; Kantar Public, 2017).

Een groot draagvlak vertaalt zich niet automatisch in een grote bereidheid om zelf ook in actie te komen om de eigen woning te verbeteren. De bereidheid (de intentie) van bewoners om bepaalde energiemaatregelen (zoals gevelisolatie, warmtepomp of zonnepanelen) te nemen hangt af van:

- hun houding ten opzichte van de maatregel, gebaseerd op de afweging van voordelen en nadelen die ze ervaren.
- de sociale norm die ze ervaren;
- de mogelijkheden die ze ervaren.

Feitelijke consequenties en percepties ervan

Dit rapport beschrijft van verschillende maatregelpakketten de technische gevolgen: wat verandert er in een woning, hoeveel werk neemt het in beslag, hoe verandert het afgiftesysteem, wat betekent het voor het energieverbruik, et cetera.

Om te kunnen begrijpen hoe bewoners hier tegen aan kijken zijn niet alleen de feitelijke gevolgen bepalend maar ook hun percepties hiervan:

- wat weten bewoners over de gevolgen (wat is hier hun kennis over, is er sprake van overschatting of onderschatting van bepaalde gevolgen);
- welke gevolgen vinden bewoners belangrijke, en welke niet (wat is hun waardering van bepaalde gevolgen).



Figuur 4: links: voorbeeld NOM-woning, rechts: vervangen CV-ketel

Wat vinden bewoners belangrijk?

Drijfveren van consumenten om energiebesparende maatregelen te nemen zijn verwachtingen over geldbesparing, verbetering van comfort in huis, een beter milieu, of een combinatie hiervan (RVO, 2016; Lindeberg & Steg, 2007). Wat zeker ook mee speelt is wat mensen zien dat anderen doen.

Belemmeringen om maatregelen te nemen zijn verwachtingen over hoge investeringen, geringe besparingen, minder gemak, verlies van comfort, en gedoe van een verbouwing (keuzes moeten maken, mensen over de vloer en troep in huis).

Wat is de kennis van bewoners?

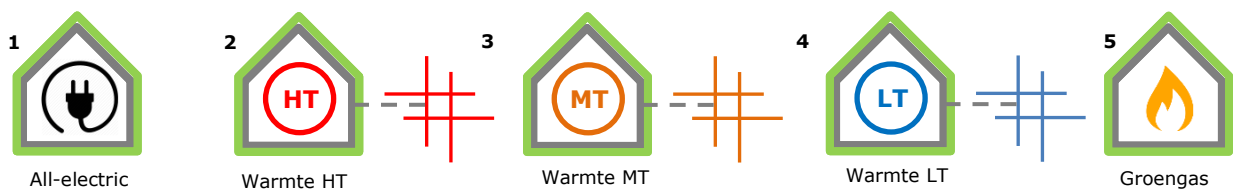
Veel bewoners hebben geen idee wat de kosten en besparingen zijn van energiemaatregelen. Kosten worden vaak overschat en besparingen onderschat (Kantar Public, 2017). Deze percepties werken belemmerend. Ook weten ze lang niet altijd hoe het aanbrengen van een maatregel in z'n werk gaat, en wat daarbij komt kijken. De onzekerheden die hierdoor ontstaan, vormen ook een belemmering.

Dit rapport schetst de technische gevolgen van de overgang van aardgas naar een andere energiedrager. Een overzicht en beschrijving van drijfveren en belemmeringen om energiebesparende maatregelen te nemen, is te vinden in bijlage 1.

Hoofdstuk 3 Alternatieven aardgas

Er zijn diverse alternatieven voor aardgas. De keuzemogelijkheden hangen mede af van beslissingen op infrastructuurniveau die, onder regie van gemeenten, de komende periode worden genomen. Als alternatief voor aardgas worden er in dit onderzoek vijf mogelijkheden onderzocht:

1. All-electric (lucht/water warmtepomp, water/water warmtepomp, infrarood panelen met boiler)
2. Hoog temperatuur warmtenet > 70°C
3. Midden temperatuur warmtenet 40°C – 70°C
4. Laag temperatuur warmtenet < 40°C
5. Aansluiting op groengas



Figuur 5: Vijf voorkomende alternatieve energiedragers voor aardgas

Om inzicht te krijgen in de mogelijkheden is per energiedrager een SWOT-analyse opgesteld waarin gekeken wordt naar de sterkte, zwakte, kansen en bedreigingen. Achtereenvolgens zijn voor de volgende energiedragers een SWOT-analyse opgesteld.

1. All-electric
2. Warmtenetten (hoog, midden en laag temperatuur)
3. Groengas

Een nadere toelichting over de verschillende technieken is opgenomen in hoofdstuk 6.

3.1 All-electric

All-electric verwarmen

Onder een all-electric woning wordt een woning verstaan die voor verwarmen, koken en warmtapwater uitsluitend een aansluiting heeft op de elektriciteitsinfrastructuur. Dit betekent dat de woning niet zelf hoeft op te wekken, de woning hoeft niet NOM te zijn en hoeft niet te leiden tot CO₂-beperking.



All-electric kent verschillende variaties, bijvoorbeeld een warmtepomp en al dan niet met warmteopslag in de bodem (WKO) of in een warmtebatterij, inpandig of de buurt.

Voor de variant all-electric is een SWOT-analyse opgesteld, waarin gekeken is naar de technieken die nu beschikbaar of marktrijp zijn. All-electric biedt kansen en levert tegelijkertijd vragen op. Allereerst is er schone stroom nodig – vooral in het stookseizoen, wanneer er slechts een beperkte hoeveelheid duurzame energie opgewekt wordt. Waar halen we die vandaan? Wind op zee? Zon PV, Kolencentrales met CO₂-afvang en -opslag? En veel stroom op één moment, betekent ook netverzwaring.

Om de hoeveelheid benodigde elektrische energie te verkleinen zijn verschillende oplossingen voor handen met een relatief grote ingreep: sterke verbetering van de thermische schil, warmte terugwinnen uit ventilatielucht en douchewater, warmte bufferen, een zonneboiler plaatsen en 's zomer warmte oogsten die je bewaart voor de winter, al dan niet uitwisseling van elektra met de elektrische auto. Deze opsomming geeft aan dat er aandacht moet komen voor installaties, opslag en bouwkundige maatregelen.



Figuur 6: All-electric woningen

Een all-electric concept kent verschillende varianten. Voor dit onderzoek wordt gekeken naar beschikbare technieken of technieken die nu marktrijp zijn en zich op het 'eigen perceel' bevinden. Achtereenvolgens komen de volgende drie meest voorkomende technieken aan bod:

- elektrische verwarming (IR-panelen/elektrische radiatoren),
- lucht/water warmtepomp en
- bodem/water warmtepomp.

Technieken zoals PCM buffer, thermo-akoestische warmtepomp, energie uit potentiaal verschil zoet en zout water vallen daarbij buiten beschouwing. Bij alle all-electric varianten is aandacht voor vraagbeperking voor een comfortabele woning noodzakelijk.

Elektrische verwarming (Infrarood-panelen/elektrische radiatoren)

Elektrische (weerstand)verwarming kent verschillende uitvoeringen: elektrische verwarming of infrarood-panelen. Een infraroodpaneel zet elektriciteit via een halfgeleider om in onzichtbare infrarode warmtestralen. Deze infraroodstralen verwarmen de objecten eronder of ervoor, in plaats van de ruimte (de lucht).

Ten opzichte van opwekking met een bodem/water warmtepomp is de investering aanzienlijk lager. De techniek is simpel, het ruimtebeslag gering. Een nadeel van dit type systemen is het lage rendement (COP¹: 1) ten opzichte van het rendement van warmtepompen (COP: 4 á 5). Dit maakt het concept minder robuust en meer afhankelijk van een bewust gebruik van de bewoner. Het elektriciteitsverbruik wordt daardoor hoger met financiële risico's voor de eindgebruiker als resultaat. Houd bij IR-panelen ook rekening met een andere vorm van behaaglijkheid (plaatselijk warm) en in de praktijk een lagere ruimtetemperatuur en/of zeer lokaal verwarmen. In de verdere berekening van dit concept is uitgegaan van een gelijkmatige hoge binnentemperatuur in de woning van 20°C. De resultaten van IR-panelen kunnen gunstiger uitvallen als een lagere ruimtetemperatuur in ogenschouw wordt genomen.



Figuur 7: rechts: IR-panelen voor verwarming en links: boiler voor warmtapwater

¹ COP: coëfficiënt of performance: De COP is de verhouding tussen de geleverde energie (afgegeven warmte) en de gebruikte energie.

SWOT analyse all-electric: IR-panels in combinatie met boiler

Strengths

- All-electric in principe geschikt voor alle woningen (individueel concept)
- IR-panels en elektrische boiler hebben en lage investering t.o.v. warmtepompen
- All-electric is een bekende energiedrager voor een bewoner, veel apparaten in huis maken al gebruik van elektriciteit

Weaknesses

- IR-panels hebben een lagere COP dan een warmtepomp
- Hoge energielasten en hoge afhankelijkheid van elektranet/saldering
- Meer PV-panels nodig om op jaarbasis meergebruik te compenseren ten opzichte van een warmtepomp
- Zwaardere elektra aansluiting nodig
- Aanschaf inductie kookplaat + pannen

Opportunities

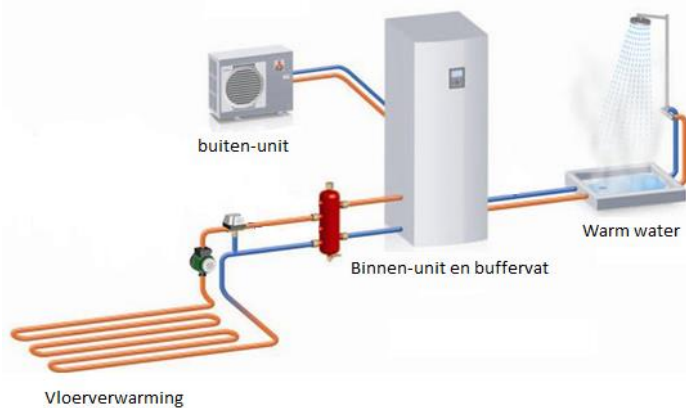
- Bij opslag van elektra betere afstemming tussen opbrengst en verbruik mogelijk (thuisaccu/opslag waterstof)
- Bij toepassing van PV-panels is er elektra uitwisseling mogelijk met elektrische voertuigen/fietsen (opladen tijdens middaguren zomers)

Threats

- Door plaatselijke warmte (IR-panels) zijn verschillen in stralings- en ruimtetemperatuur mogelijk
- Ongelijktijdigheid opbrengst en verbruik elektra heeft consequentie voor netbelasting en afhankelijk van aantal PV-panels voor de bewoner van invloed op salderingsregels

Lucht/water warmtepomp

Een lucht-water warmtepomp haalt energie uit de buitenlucht die vervolgens kan worden gebruikt om ruimtes in de woning en warmtapwater te verwarmen. Een lucht/water warmtepomp is door het ontbreken van een grondboring qua investering goedkoper dan een bodemwarmtepomp. Een lucht/water warmtepomp is doorgaans een bivalent systeem aangezien de warmtepomp circa 80% van de warmtevraag dekt, de rest wordt gerealiseerd door een elektrische bijverwarming. Het verbruik aan elektriciteit is op piekmomenten mogelijk nog hoger dan bij IR-panels, aangezien het bij IR-panels aannemelijk is dat zij met een lagere ruimtetemperatuur toe kunnen. Een lucht/water warmtepomp vergt een opstelplaats zowel binnen (buffervat) als buiten of een geïntegreerde unit buiten de woning. Voor het beperken van de geluidsproductie van de buitenunit is in het ontwerp aandacht nodig (afstand/afscherming).



Figuur 8: Principe lucht/water warmtepomp

Bodem/water warmtepomp

Een bodem/water warmtepomp heeft een hoger en stabielere rendement dan een lucht-water warmtepomp, omdat de bodemtemperatuur constanter is dan de buitenlucht temperatuur. Belangrijk bij een bodem/water warmtepomp is het in stand houden van de bron (door middel van regeneratie), de uitvoerende partij gecertificeerd dient te zijn en bij toepassing van een bodem/water warmtepomp (gesloten/open bron) is onderzoek naar de bodemgesteldheid noodzakelijk. Tevens mogen dicht bij elkaar gelegen bronnen elkaar niet beïnvloeden, bij dichtgebouwde omgeving speelt dit een rol. Een bodem/water warmtepomp vergt ten aanzien van grondboring, engineering en aanleg meer aandacht dan een lucht/water warmtepomp.

SWOT analyse all-electric: lucht/water warmtepomp of bodem/water warmtepomp

Strengths

- All-electric in principe geschikt voor alle woningen (individueel concept)
- All-electric is een bekende energiedrager voor een bewoner, veel apparaten in huis maken al gebruik van elektriciteit
- All-electric heeft "schoon" imago

Weaknesses

- Warmtepomp vergt opstelruimte en meer kennis/engineering bij installateur
- Energie uit bodem is niet overal mogelijk
- Niet altijd voldoende dakvlak voor PV om te komen tot energieneutraal
- Zwaardere elektra aansluiting nodig
- Aanschaf inductie kookplaat + pannen

Opportunities

- Bij opslag van elektra betere afstemming tussen opbrengst en verbruik mogelijk (thuisaccu/opslag waterstof)
- Bij toepassing van PV-panelen is er elektra uitwisseling mogelijk met elektrische voertuigen/fietsen (opladen tijdens middaguren zomers)

Threats

- LT-systeem zonder maatregelen thermische schil levert comfortproblemen op (specifiek voor woningen < 1992)
- Bodem/water warmtepomp vergt hogere investering als gevolg van benodigde boring
- Ongelijktijdigheid opbrengst en verbruik elektra (consequentie salderingsregels)

3.2 Warmtenet

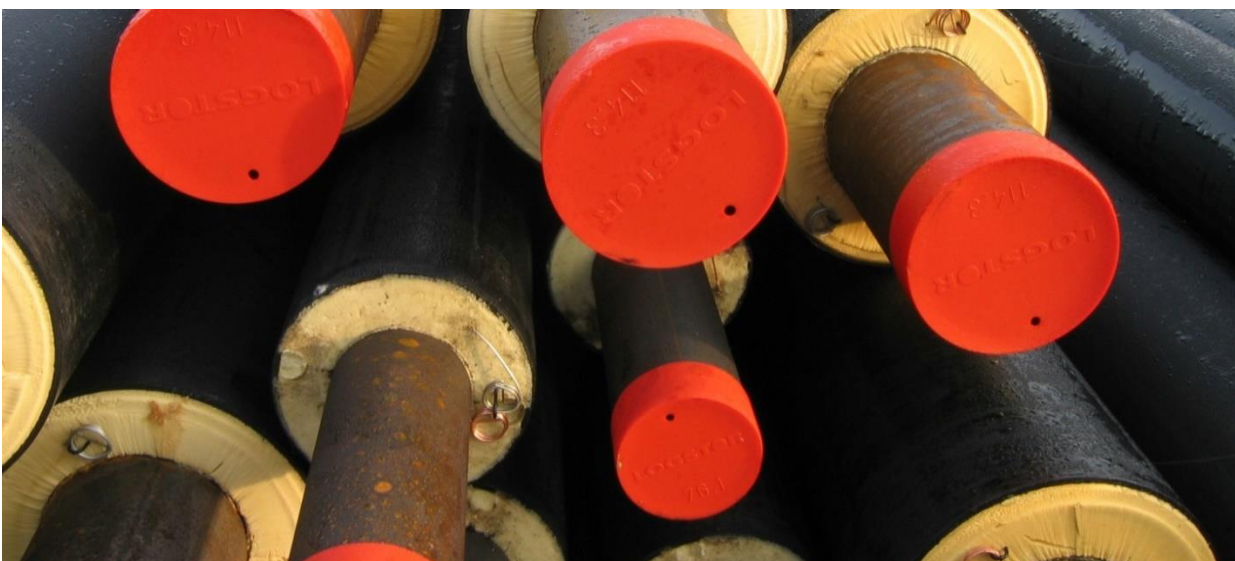
Bij warmtenetten kan onderscheid worden gemaakt in hoog-, midden- en laag temperatuur warmtenetten.

- Hoog temperatuur warmtenetten (>70°C)** met restwarmte uit de industrie, energiecentrales of warmte uit de diepe ondergrond (geothermie) vormen een oplossing in dichtbebouwde steden. Geothermie is gebaseerd op mijnbouwtechnologie, met alle bijbehorende randvoorwaarden. Een geothermie-project vraagt om aanzienlijke investeringen en intensief beheer en om die reden een schaalgrootte van enkele duizenden woningen en is daarom bijna per definitie een gemeentelijke of regionale keuze.


- Midden temperatuur warmtenetten (40-70°C)** en **Laag temperatuur warmtenetten (< 40°C)** vormen alleen bij matig tot goed geïsoleerde woningen bij voorkeur met een energiezuinig ventilatiesysteem een goede oplossing. Voor de nieuwbouw een optie, voor de bestaande bouw vraagt het isolatiewaarden op nieuwbouwniveau en dus een grootschalige ingreep aan de gebouwschil. Wanneer die uitblijft, dan kunnen de gebruikskosten (woonlasten) onevenredig hoog worden vanwege de onverminderd hoge energiebehoefte en kan het wooncomfort afnemen door tocht, te traag opwarmen en temperatuurverschillen.




Bij zowel een laag temperatuur als midden temperatuur warmtenet is een secundaire opwekker voor warmtapwater benodigd, denk aan een boiler of warmtepompbooster (minimaal 55°C op het tappunt en circa 58°C in het buffervat in verband met legionella).



Figuur 9: leidingen warmtenet

SWOT analyse warmtenet

Strengths

- Ruimtebeslag in grondgebonden woning bij HT-warmtenet beperkt (alleen afleverset)
- Hoge mate van betrouwbaarheid van levering warmte als gevolg van grote aantallen woningen
- Bewoner hoeft niet zelf te investeren in installaties
- Aanpassingen in de woning zijn beperkt

Weaknesses

- Is de bron wel zo duurzaam (afval/biomassa)
- 'Monopolie' positie beheerder warmtenet
- Valt deels buiten invloed van corporatie/bewoner/gebouweigenaar
- Aanbrengen leidingwerk in straat tussen warmtewisselaar en leidingnet
- Afhankelijk van maatregelen vraagreductie vergroten capaciteit radiatoren bij MT/LT nodig
- Aanschaf inductie kookplaat + pannen
- Leidingwerk tussen afleverset en opstelplaats CV-ketel
- Bij LT/MT-warmtenet secundaire opwekker warmtapwater nodig (ruimtebeslag)
- Bij hoogbouw is een extra aparte meterkast nodig van 770x350 mm, ook inpandige distributie vergt ruimte

Opportunities

- Bij een echt duurzame bron zijn grote aantallen woningen te voorzien van duurzame warmte
- Belangrijke oplossing voor duurzame warmte in binnenstedelijk dichtbebouwd gebied

Threats

- LT warmtenet alleen in combinatie met goede thermische schil en afgiftesysteem
- Weinig invloed op investerings- en aansluitkosten, prijs per GJ
- Grote aantallen woningen nodig bij aanleg nieuw warmtenet
- HT warmtenet heeft veel energieverlies in distributiesysteem
- Rentabiliteit warmtenet is gebaat bij aanzienlijke afname warmte en eventueel koude. Dit vormt in de bestaande bouw een tegenstrijdigheid met de noodzakelijke vraagbeperking.

3.3 Groengas

Bij groengas wordt onderscheid gemaakt in biogas en synthetisch gas:

- **Biogas** wordt gemaakt door mest, GFT en ander organisch afval in een vat te laten vergisten. Dit gebeurt vanzelf: tijdens dit vergistingsproces komt methaan vrij, ook wel biogas genoemd. Biogas heeft niet precies dezelfde samenstelling en kwaliteit als aardgas, het is dus niet zomaar toe te voegen aan het gasnet. Eerst moet het opgewaardeerd worden tot dezelfde kwaliteit als aardgas nu heeft. Het mag dan ook "groen gas" genoemd worden. Dit opgewaardeerde groengas kan worden toegevoegd aan het aardgas, zodat we het in onze huizen kunnen gebruiken. Er is in Nederland echter hooguit voor 10% van de gebouwen groen gas, mogelijk is dit percentage te verhogen door internationale productie en handel in duurzame gasvormige brandstoffen. Bijvoorbeeld groengas gewonnen uit zeewier of waterstof uit duurzame elektriciteitsoverschotten. De vraag is wie krijgt dat? En is het niet raadzaam dat kleine beetje biogas niet sowieso voor hoogwaardige toepassingen gebruiken in plaats van de woningvoorraad? Als groengas dezelfde eigenschappen/samenstelling krijgt als aardgas kunnen de huidige CV-ketels gebruikt worden en de gaskookplaat gehandhaafd blijven. In dit onderzoek wordt voor biogas uitgegaan van gas met dezelfde kwaliteit (laag calorisch) als aardgas ofwel groen gas.



Figuur 10: Opslag van groengas

- **Synthetisch gas**
Een alternatief voor groengas vormt synthetisch gas. Synthetisch gas ontstaat uit de omzetting van energie in een gasvormige drager, zoals waterstof, ammoniak of methaan. Gedacht wordt om beschikbare duurzame energie (met name wind in de nachtelijke uren, in minder mate zon overdag) in de daluren van de elektriciteitsvraag te gebruiken. Dit wordt power-to-gas (P2G) genoemd. Bij P2G is in feite sprake van energie-opslag in veel grotere hoeveelheden dan met accu's bij de huidige stand van de techniek praktisch mogelijk is. Alleen als er sprake is van omzetting in methaan, kan dit gas via het huidige netwerk worden ingezet. Waterstof kan in kleine hoeveelheden worden bijgemengd, maar toepassing in de industrie en het wegtransport liggen meer voor de hand. Voor een landelijke uitrol van een waterstofnet voor de gebouwde omgeving zou nieuwe infrastructuur noodzakelijk zijn. Ammoniak wordt uitsluitend gezien als tussenopslag voor de elektriciteitsproductie, waarbij het grote voordeel is dat het een koolstofvrij (en dus CO₂-vrij) proces is. Per saldo kan verwacht worden dat de betekenis van synthetisch gas voor de gebouwde omgeving gering zal zijn.

SWOT analyse groengas

Strengths

- Huidige (gas)infrastructuur kan grotendeels worden gebruikt
- Gas is als chemische opslag handig omdat het bewaard kan worden en in de tijd niet weglekt zoals bij warmte
- Waterstof is een optie voor opslaan tijdelijke overschotten aan wind- en zonne-energie

Weaknesses

- Samenstelling groengas in basis niet gelijk aan aardgas (vergt aanpassing van calorische waarde gas of apparatuur in de woning)
- Momenteel nog duur
- Energieverliezen bij opwerking

Opportunities

- Minder impact voor bewoner (behoud CV/koken op gas)
- Minder impact op distributiesysteem (leidingen) in woning/buiten woning en behoud huidige radiatoren

Threats

- Beschikbaarheid groengas zal slechts voor een deel van de woningvoorraad voldoende zijn. Het is daarom nodig de energievraag sterk te beperken
- Gas is noodzakelijk voor industrie (hoge temperatuur) en minder voor woningbouw (relatief lage temperatuur)

Hoofdstuk 4 Maatregelenpakketten

4.1 Gebouwenkenmerken per bouwjaar

Elke bouwperiode heeft zijn eigen kenmerken waarbij de opbouw en mate van isolatie en bouwkwaliteit sterk kan verschillen. Technisch gezien kan vrijwel elk gebouw gerenoveerd worden naar het einddoel. Het is sterk de vraag of we een monument of gebouw met bijzondere architectonische kenmerken 'in willen pakken' of in ieder geval aanpassingen willen doen die niet te verbergen zijn. In dit onderzoek worden woningen uit vier verschillende bouwjaren meegenomen. In onderstaande tabel staan de kenmerken uit verschillende bouwjaarklassen weergegeven.

Tabel 1: gebouwenkenmerken bouwjaarklassen

bouwjaar	isolatie	glas	ventilatie	opmerkingen
t/m 1945	geen eisen	enkelglas	volledig natuurlijk	diverse groep qua mogelijkheden voor na-isolatie
1946 t/m 1964	geen eisen	enkelglas	volledig natuurlijk	weinig belemmeringen voor na-isolatie
1965 t/m 1974	geen eisen	enkelglas	natuurlijk (eengezinswoningen), mechanische afvoer met natuurlijke toevoer (meergezinswoningen)	grote ramen en constructies met veel koudebruggen
1975 t/m 1991	matig: R_c 1,3 dak, gevel Vanaf 1980 vloer: R_c 1,0	dubbelglas en enkelglas	mechanische afvoer met natuurlijke toevoer	1975: invoering minimale isolatie eisen
1992 t/m 1999	goed: $R_c \geq 2,5$	dubbelglas	mechanische afvoer met natuurlijke toevoer	Invoering Bouwbesluit. 1992: $EPC \leq 1,4$ 1998: $EPC \leq 1,2$ en $R_c \geq 2,5$; dubbelglas standaard
2000 t/m 2013	goed: $R_c \geq 2,5$ Vanaf 2009 $R_c \geq 3,5$	HR ⁺⁺ of dubbelglas	natuurlijke toevoer met mechanische afvoer, vraaggestuurde ventilatie of balansventilatie	2000: $EPC \leq 1,0$ 2006: $EPC \leq 0,8$ en 2011 $EPC: \leq 0,6$ 2009: dak, gevel, vloer: $R_c \geq 3,5$
2014 tot heden	zeer goed: vanaf 2015: $R_c \geq 6$ (dak), $R_c \geq 4,5$ (gevel) $R_c \geq 3,5$ (vloer)	HR ⁺⁺ en triple glas	balansventilatie of vraaggestuurde ventilatie	Bouwbesluit 2015: $EPC \leq 0,4$

Bouwjaarklasse t/m 1975

Huizen van voor 1975 zijn bij de bouw niet of nauwelijks geïsoleerd. Waarschijnlijk is er in de loop der jaren wel een en ander verbeterd. Vaak is dat dakisolatie (omdat de zolder werd verbouwd) en dubbel glas (omdat het enkelglas werden vervangen). Als het recent is gebeurd, is de dakisolatie goed (minstens 8 cm) en is het glas van HR⁺⁺ kwaliteit. Maar zijn de verbeteringen al wat ouder, dan is het waarschijnlijk matige dakisolatie en gewoon dubbel glas. Verder ontbreken vaak nog vloerisolatie en gevelisolatie.

Bouwjaar 1975 tot en met 1982

Huizen gebouwd in de periode 1975 tot en met 1982 hebben tijdens de bouw matige spouwmuurisolatie gekregen en matige dakisolatie (dikte 5 tot 7 centimeter). De ramen in de woonkamer hebben gewoon dubbel glas (geen HR⁺⁺), de ramen in de slaapkamer enkel glas. Vloerisolatie ontbreekt.

Bouwjaar 1983 tot en met 1991

Huizen gebouwd in de periode 1983 tot en met 1991 hebben bij de bouw overal matige isolatie gekregen: 5 tot 7 cm dakisolatie, gevelisolatie, vloerisolatie en gewoon dubbel glas. In de slaapkamers kan nog enkel glas zitten.

Bouwjaar 1992 tot en met 1999

Huizen gebouwd in de periode 1992-1999 hebben bij de bouw overal minstens goede (8 tot 10 cm dak-, gevel- en vloerisolatie) en in alle ruimtes (eenvoudig) dubbelglas.

Bouwjaar vanaf 2000 tot nu

Huizen gebouwd vanaf 2000 hebben goede tot zeer goede isolatie van dak, vloer en gevel en overal HR⁺⁺ glas (soms triple glas).

In dit onderzoek komen de volgende vier woningtypen en bouwjaarklassen voor, zie figuur 11.



Figuur 11: Overzicht onderzochte woningtypen

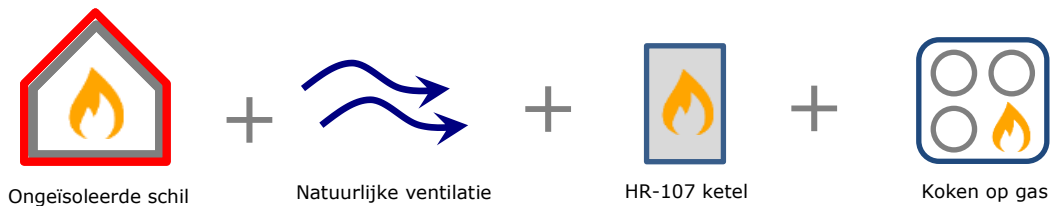
Het effect van vraagbeperking op energiebehoefte komt in hoofdstuk 7 naar voren. In de hierna volgende paragrafen worden meerdere maatregelenpakketten omschreven. Het vormen vier denkrichtingen en de pakketten zijn niet bedoeld om als stappenplan richting een CO₂-neutrale woning te fungeren.

4.2 All-electric - vrijstaande woning < 1964

Voor het all-electric concept zijn naast de referentiesituatie vier maatregelenpakketten uitgewerkt. Deze zijn in bijlage 2 opgenomen. Een korte omschrijving van de maatregelenpakketten is onderstaand opgenomen.

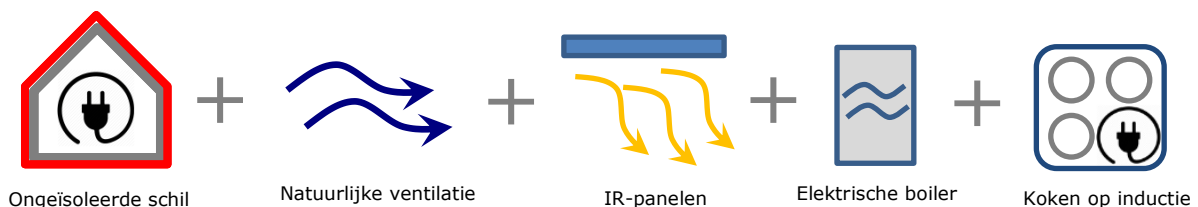
0. Referentie: huidige situatie

Voor de vrijstaande woning < 1964 zijn voor de bestaande situatie de bouwkundige en installatietechnische kenmerken aangehouden conform de RVO.nl referentiewoningen. Dit betekent dat de woning is voorzien van een HR-combiketel in combinatie met een ongeïsoleerde schil en natuurlijke ventilatie. Om het effect van een beter geïsoleerde schil inzichtelijk te maken hebben de woningen met een later bouwjaar een hogere isolatiewaarde.



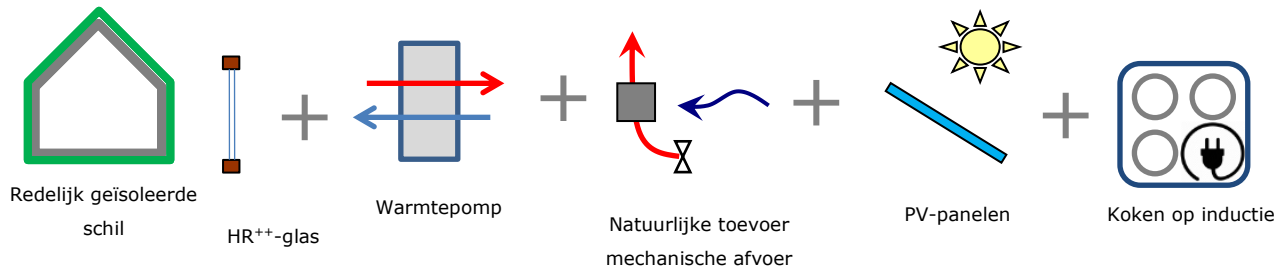
Pakket 1: aardgasvrij concept zonder energiebesparing

In het eerste maatregelenpakket wordt alleen een alternatief voor het gasconcept (CV-ketel) toegepast. Dit is zuiver een theoretisch maatregelenpakket. Bij het all-electric concept wordt gekozen voor een alternatief met de laagste investering, IR-panelen voor verwarming en een elektrische boiler voor warmtapwater. Besparende maatregelen zijn met dit concept zo lucratief dat de laagste investering eigenlijk niet op zijn plek is. Hiermee ontstaat dus geen integraal energetisch/comfortabel verantwoord concept, maar slechts een maatregel waardoor de bewoner van warmte en warmtapwater voorzien blijft.



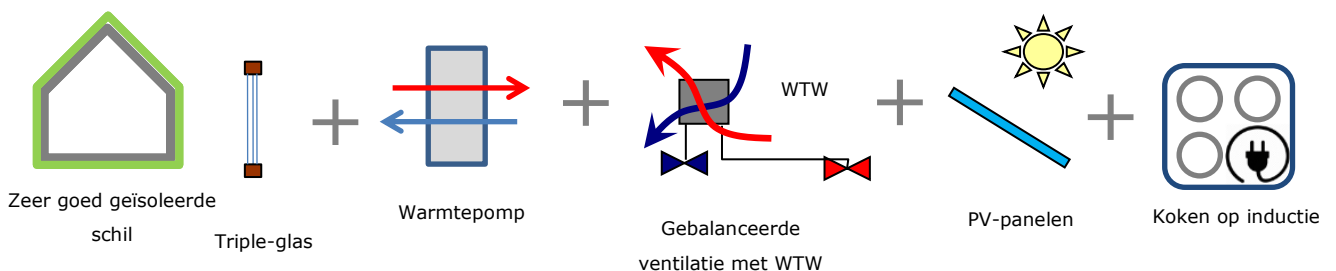
Pakket 2: aardgasvrij concept met goede isolatie

Bij het tweede concept vindt vraagbeperking plaats door isolatie van de schil, het vervangen van glas door HR++-glas en het verbeteren van de luchtdichtheid van de woning. Er wordt geïsoleerd (vloer, gevel en dak), maar uit energetisch oogpunt is een hogere isolatiewaarde wenselijk. Aangezien PV-panelen bij elk concept in meer of mindere mate mogelijk zijn is het effect van de PV-panelen op de energielasten in de tool apart inzichtelijk gemaakt.



Pakket 3: energieneutraal concept, met zeer goede isolatie

Bij het energieneutrale concept wordt de thermische schil verder geoptimaliseerd naar een warmteweerstand van 5,0 á 6,0 m²K/W. De woning wordt voorzien van triple-glas met een optimalisatie van de luchtdichtheid en gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning. Om het verbruik aan elektriciteit over een jaar gezien te compenseren wordt de woning voorzien van 24 PV-panelen. Het maatregelenpakket komt door toepassing van PV-panelen overeen met Nul-op-de-Meter (NOM).



Pakket 4. energieneutraal concept waarbij de piekvraag wordt verminderd

Bij het geoptimaliseerde concept wordt gekeken op welk wijze energieneutraal gerealiseerd kan worden door het beperken van pieken in levering en vraag van elektra. Het betreft de opslag van elektra in een thuisbatterij, buurtbatterij of door slimme regelingen in de woning.



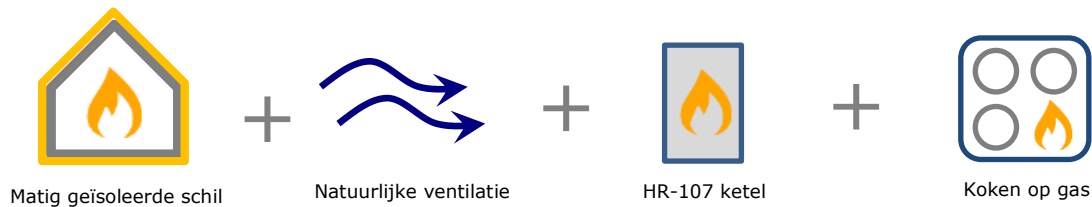
4.3 All-electric - rijwoning 2005-heden

Het energieconcept voor de rijwoning 2005-heden is in grote lijnen gelijk aan de vrijstaande woning < 1964 zoals in de vorige paragraaf is omschreven. Uitzondering hierin vormt de thermische schil in de referentiesituatie en het ventilatiesysteem. Bij de rijwoningen van 2005 – heden is uitgegaan van een warmteweerstand van tenminste 3,5 m²K/W en natuurlijke toevoer en mechanische afvoer.

4.4 HT-warmtenet – rijwoning 1965-1975

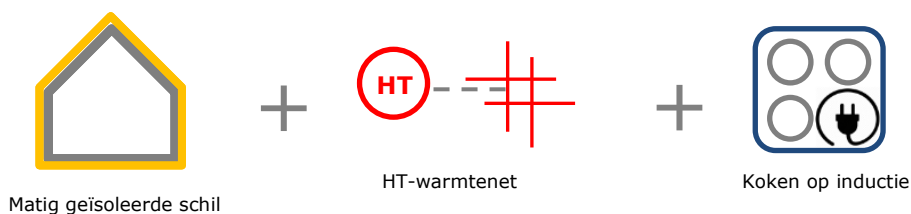
0. Referentie: Huidige situatie

Voor de rijwoning 1965-1975 zijn voor de bestaande situatie de bouwkundige en installatietechnische kenmerken aangehouden conform de RVO.nl referentiewoningen. Dit betekent dat de woning is voorzien van een HR-combiketel in combinatie met een matig geïsoleerde schil (R_c : 1,3 m²K/W) dubbel glas en natuurlijke ventilatie.



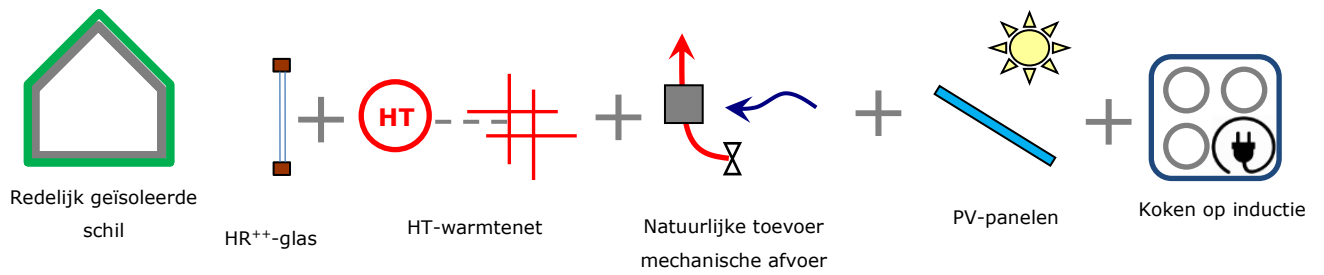
Pakket 1: aardgasvrij concept zonder energiebesparing

In het eerste maatregelenpakket wordt alleen een alternatief voor de CV-ketel toegepast. Het voordeel van een warmtenet ten opzichte van een cv-ketel is dat de afmeting van een afleverset grofweg overeen komt met een CV-ketel en beide installaties hoge temperatuur leveren. De afleverset komt echter altijd in de meterkast, dit kan consequenties hebben voor het leidingwerk als de CV-ketel momenteel op zolder is geplaatst. In het minimale concept kan met een matig geïsoleerde schil hetzelfde comfortniveau worden gerealiseerd als met een CV-ketel.



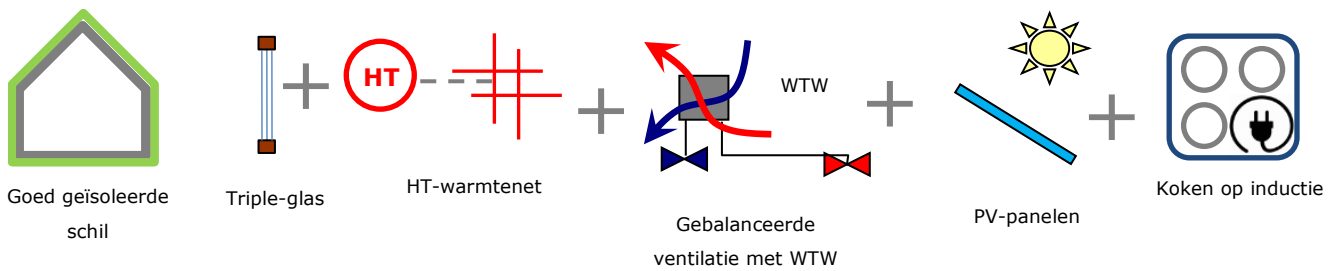
Pakket 2: aardgasvrij concept met goede isolatie

Bij het tweede concept vindt vraagbeperking plaats door isolatie van de schil, het vervangen van glas door HR⁺⁺-glas en het verbeteren van de luchtdichtheid van de woning. De vloer en het dak worden geïsoleerd maar uit energetisch oogpunt is een hogere isolatiewaarde wenselijk.



Pakket 3: energieneutraal concept, met zeer goede isolatie

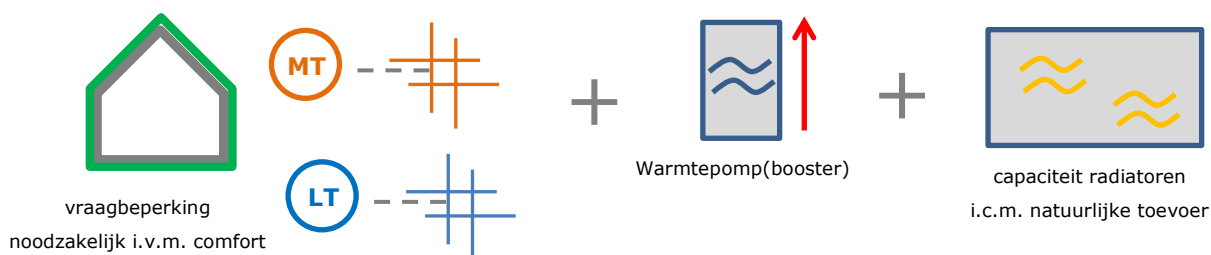
Bij het energieneutrale concept wordt de thermische schil verder geoptimaliseerd naar een warmteweerstand van 5,0 á 6,0 m²K/W. De woning wordt voorzien van triple-glas met een verbetering van de luchtdichtheid en gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning. Bij een verdere vraagbeperking is minder vermogen nodig en hoeft het bestaande afgiftesysteem maar beperkt aangepast te worden om voldoende comfort te leveren. Om het verbruik aan elektriciteit over een jaar gezien te compenseren wordt de rijwoning voorzien van 24 PV-panelen.



4.5 LT/MT-warmtenet – rijwoning 1965-1975 en galerijwoning 1975-1991

Het maatregelenpakket voor lage temperatuur en midden temperatuur warmtenet wijkt op de volgende punten af van het hoge temperatuur warmtenet:

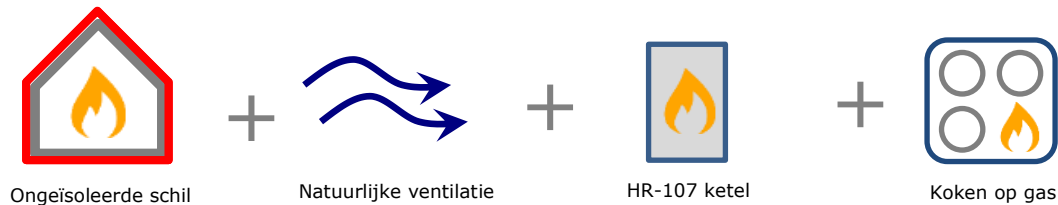
- Bij de overgang van een hoog temperatuursysteem (CV-ketel) naar een lager temperatuursysteem is vraagbeperking nodig om een vergelijkbaar comfortniveau te realiseren.
- Voor het realiseren van warmtapwater (hoge temperatuur) heeft een laag temperatuur warmtenet een aanvullende installatie nodig zoals een warmtepompbooster of elektrische boiler.
- Een laag temperatuursysteem levert circa de helft aan temperatuur (90-70, 50-40). Om hetzelfde vermogen via de bestaande cv-leidingen te transporteren moet het waterdebiet 2x zo hoog zijn. Dit levert ongewenst stromingsgeluid op, er kan daardoor nog maar de helft van het vermogen worden geleverd. Een lager vermogen van een LT-radiator zorgt voor koudeval bij een raam met natuurlijke toevoer. In dat geval is een climate booster wenselijk, deze kan het vermogen van de radiator vergroten.



4.6 Groengas – vrijstaande woning < 1964

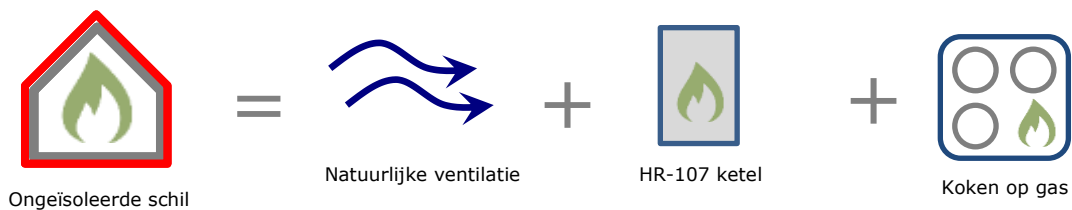
0. Referentie: huidige situatie

Voor de vrijstaande woning < 1964 wordt in de huidige situatie uitgegaan van een HR-combiketel in combinatie met een ongeïsoleerde schil en natuurlijke ventilatie.



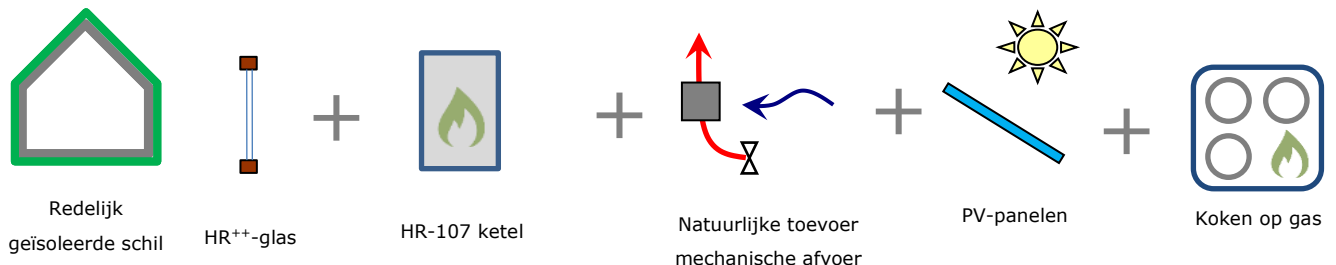
Pakket 1: aardgasvrij concept zonder energiebesparing

Bij de overgang naar groengas wordt uitgegaan van dezelfde laag calorische gassamenstelling als aardgas. Hierdoor zijn er geen veranderingen in de woning of met het energieconcept.



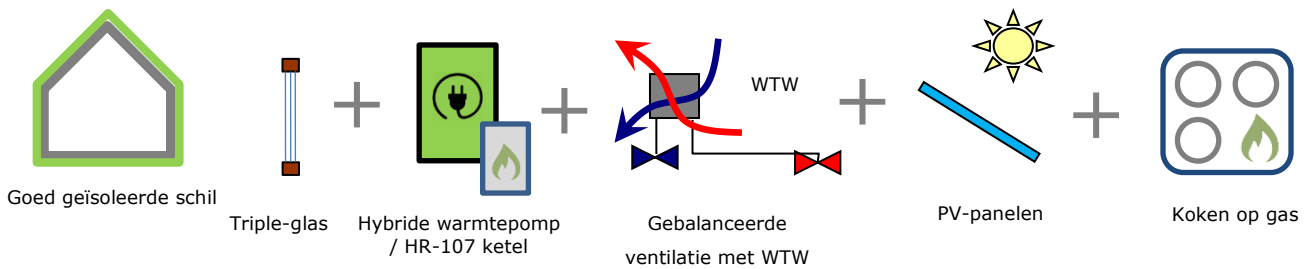
Pakket 2: aardgasvrij concept met goede isolatie

Bij het tweede concept vindt vraagbeperking plaats door isolatie van de schil, het vervangen van glas door HR⁺⁺-glas en het verbeteren van de luchtdichtheid van de woning. Er wordt geïsoleerd (vloer/dak 3,5 m²K/W en spouwmuur 1,3 m²K/W), maar uit energetisch oogpunt is bijvoorbeeld voor de gevel (spouwmuurisolatie) een hogere isolatiewaarde (Rc: 3,5 m²K/W) wenselijk. In dit concept is de HR-107 ketel behouden, bij voorkeur wordt een hybride warmtepomp/CV-ketel toegepast zoals in pakket 3 is opgenomen.



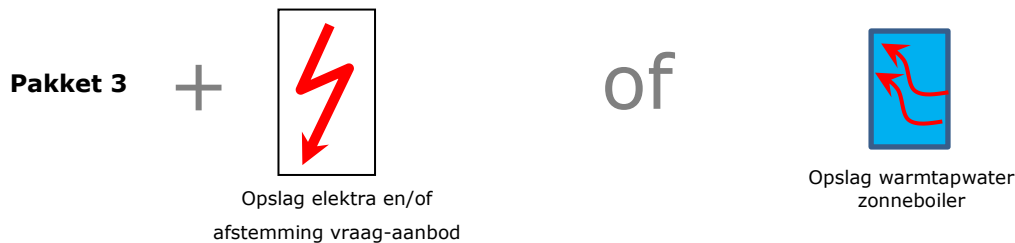
Pakket 3: energieneutraal concept, met zeer goede isolatie

Bij het energieneutrale concept wordt de thermische schil verder geoptimaliseerd naar een warmteweerstand van 5,0 á 6,0 m²K/W. De woning wordt voorzien van triple-glas met een optimalisatie van de luchtdichtheid, een hybride warmtepomp met HR-107 ketel en gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning. Om het verbruik aan elektriciteit over een jaar gezien te compenseren wordt de vrijstaande woning voorzien van 28 PV-panelen. Het maatregelenpakket komt overeen met Nul-op-de-Meter (NOM).



Pakket 4. energieneutraal concept waarbij de piekvraag wordt verminderd

Bij het geoptimaliseerde concept wordt gekeken op welk wijze energieneutraal gerealiseerd kan worden door het beperken van pieken in levering en vraag van elektra. Het betreft de opslag van elektra in een thuisbatterij, buurtbatterij of door slimme regelingen in de woning. Een andere vorm is de opslag van warmtapwater in een zonneboiler.



Hoofdstuk 5 Verkenning tool 'aardgasvrije woningen'

5.1 Analyse beschikbare tools energietransitie

Momenteel wordt er bij diverse partijen gewerkt aan een tool om de energietransitie in kaart te brengen. Deze tools kunnen professionals hulp bieden bij het maken van keuzes om woningen en gebouwen verder te verduurzamen. Een korte analyse levert verschillende tools op die al dan niet vrij beschikbaar zijn. De tools verschillen van elkaar door de volgende aspecten:

- Doelgroep: beleidmakers, marktpartijen en/of woningeigenaren.
- Schaalniveau: wijk/buurtniveau of woningniveau
- Gebruik van data: woningkenmerken, energiegebruik, gebiedskenmerken
- Transitiefase: visievorming, maken van plannen op wijkniveau of ondersteuning bewoner
- Output: grafieken, tabellen, plattegronden met gegevens

Op verzoek van de klankbordgroep is na een korte marktverkenning in onderstaande tabel een overzicht van beschikbare tools opgenomen. Met dit overzicht pretenderen wij niet volledig te zijn, naar verwachting worden binnen meerdere organisaties/gemeenten tools opgesteld.

Tabel 2: overzicht tools energietransitie

Tools	Korte omschrijving	Doelgroep	Schaalniveau
Cegoia	Cegoia van CE Delft modelleert per duurzame warmtetechniek de kosten van de gehele warmteketen op buurtniveau	Gemeenten, provincies en netbeheerders	Wijk/buurtniveau
Energiebesparingsverkenner (EBV)	De EBV van RvO geeft inzicht in de energiebesparende maatregelen, energiekosten en de energetische kwaliteit van de woning(en)	Verhuurders, particulieren, professionals	Woningniveau
VerbeterUwHuis	Een afgeleide tool van de energiebesparingsverkenner speciaal voor de particulieren	particulieren	Woningniveau
Woonconnect	Woonconnect is een digitale configurator om aanpassingen te doen in de nieuwbouw en bestaande bouw. De energieprestatie van deze aanpassingen worden berekend. De output van deze tool zijn 3d tekeningen, bestekken en werktekeningen.	Professionals en particulieren	Woningniveau
OmOns	Keuzetool vanuit Alliander voor bewoners en gemeenten over nieuwe energie.	Gemeenten, adviesbureaus, buurtinitiatieven	Wijk/buurt/woningniveau
IF-model	De analysemethode Infrastructurele Footprint (IF) van Stedin geeft inzicht in de maatschappelijke kosten van de verschillende alternatieven voor aardgas.	Beleidsmakers	Wijk/buurtniveau
Warmte Transitie Atlas	Deze tool van bureau Over Morgen bevat gegevens over de gebouwde omgeving, de warmtevraag, infrastructuur en opwekpotentie van duurzame warmte	Beleidsmakers	Wijk/buurtniveau
Energieinbeeld.nl	Netbeheerders Enexis, Liander en Stedin hebben Energie in beeld ontwikkelt voor gemeenten om inzicht te geven in het energiegebruik en de hoeveelheid opwekte energie	Gemeenten	Wijk/buurtniveau

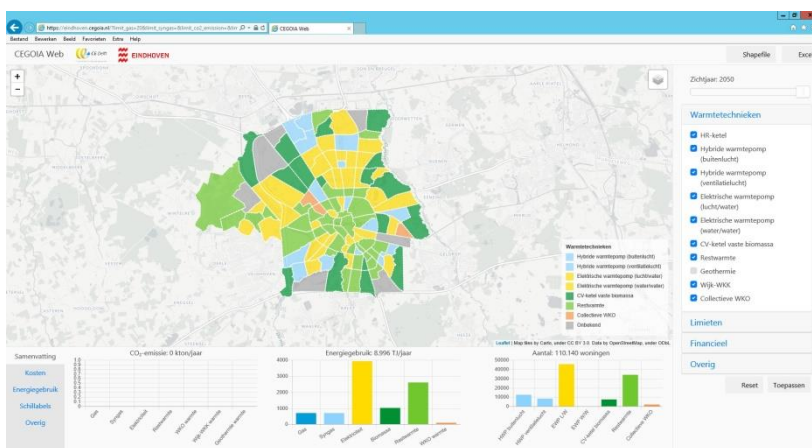
Klimaatmonitor.databank.nl	Monitoringportaal van het Rijk dat gegevens voor de monitoring van lokaal en regionaal klimaat- en energiebeleid presenteert. Met deze gegevens wordt voor alle gemeenten, regio's en provincies de CO ₂ -uitstoot, het energiegebruik en de opwekking van hernieuwbare energie weergegeven.	Beleidsmakers	Gemeentelijkniveau, regio
Pico.geodan.nl	Pico is ontwikkeld door Geodan, TNO, Alliander, Ecofys en NRG031. Pico geeft informatie over energie in de bebouwde omgeving. Op buurtniveau wordt de mogelijke energiebesparing, investering, kosten en energie opwekking inzichtelijk.	Beleidsmakers	Wijk/buurtniveau
Energiebesparingspotentiekaart	Deze kaart is opgesteld door VNG en CBS en geeft met digitale kaarten aan wat het energiebesparingspotentieel is in de buurt.	Gemeenten, woningeigenaren, marktpartijen	Wijk/buurtniveau

In deze paragraaf is een korte toelichting opgenomen van drie tools.

Cegoia

CE Delft heeft de tool Cegoia ontwikkeld, gemeenten, regio's en provincies kunnen dit gebruiken voor hun warmteplannen en als onderdeel van de omgevingsvisie. Voor netbeheerders en energiebedrijven geeft het inzicht in de ontwikkeling van de energieverbruik en daarmee ook de ontwikkelingen van het energienetwerk.

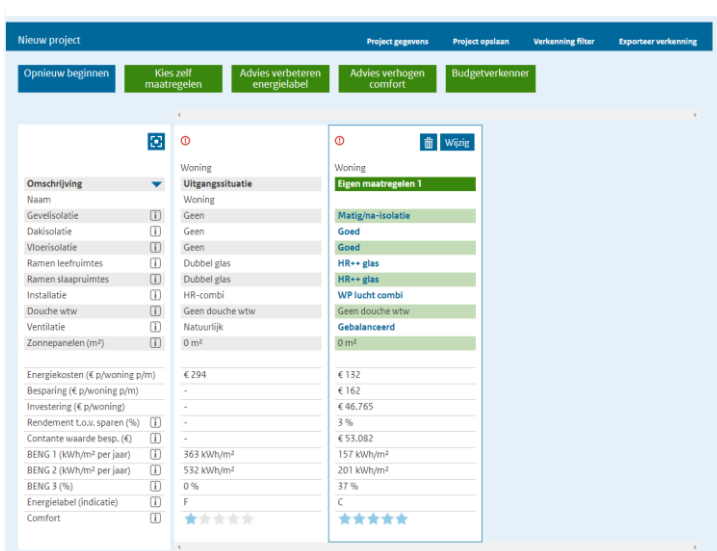
Cegoia berekent de kosten van duurzame warmteopties over de hele keten: productie, distributie, besparing en consumptie. De berekenen zijn op buurtniveau, waarbij het model de volgende kenmerken meeneemt: huidige isolatieniveau, de dichtheid van de bebouwing en het type bebouwing. Ook de technische mogelijkheden per buurt zitten in het model, zoals de afstand tot een restwarmtebron en de potentie aan geothermie of warmte-koudeopslag (WKO). Cegoia berekent welke energievoorziening in de gebouwde omgeving (woningen en utiliteitsbouw) de laagste kosten heeft, nu en in de toekomst.



Figuur 12: Cegoia (bron: CE Delft)

Energiebesparingsverkenner

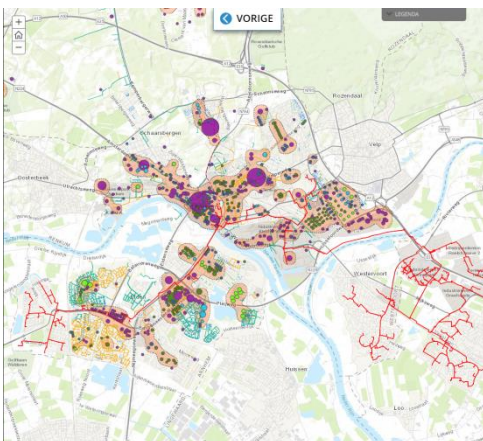
Vanuit RVO is in samenwerking met Innax, Milieu Centraal en Arcadis de energiebesparingsverkenner opgesteld. De Energiebesparingsverkenner geeft professionals snel en eenvoudig inzicht in de mogelijkheden en de effecten van energiebesparende maatregelen op de energiekosten en de energetische kwaliteit van de woning(en). De resultaten zijn gebaseerd op gestandaardiseerde uitgangspunten zoals de mate van isolatie afhankelijk van bouwjaar en woningtype, type installaties en gemiddeld bewonersgedrag (qua stoken, warm tapwater gebruik). Voor particulieren is een afgeleide tool ontwikkeld namelijk VerbeterUwHuis.



Figuur 13: Energiebesparingsverkenner (bron: RVO)

Warmte Transitie Atlas

Overmorgen heeft de warmte transitie atlas ontwikkeld. De Warmte Transitie Atlas is een interactieve tool die gegevens bevat over de gebouwde omgeving, de warmtevraag, infrastructuur en opwekpotentie van duurzame warmte. De tool gaat uit van de specifieke situatie van het gebied, en brengt concrete kansen in kaart voor uw gemeente of regio. De Warmte Transitie Atlas is oplossingsonafhankelijk: het brengt de kansen in kaart voor verschillende alternatieven: energiebesparing, collectieve warmtenetten, individuele *all-electric* concepten en groengas. Aan deze analyses liggen slimme rekenmodellen ten grondslag die redeneren vanuit de huidige en toekomstige warmtevraag.




Figuur 14: Warmte transitie atlas (bron: aardgasvrij Arnhem Nijmegen Overmorgen)

Op basis van een zeer beknopte marktanalyse komt een verscheidenheid aan tools naar voren. Het algemene beeld is dat het merendeel van de tools zich richt op de warmtetransitie op wijk- en gebiedsniveau en minder op de gevolgen voor de bewoner 'achter de voordeur'. Vanuit de klankbordgroep wordt aangegeven dat de achtergrond informatie in deze rapportage een kansrijke aanvulling is op de bestaande tools. Aangezien dit onderzoek slechts een verkenning vormt wordt geadviseerd nadere marktanalyse te doen naar bestaande tools om eventueel daar op aan te sluiten en de behoefte vanuit specifieke doelgroepen in kaart te brengen.

5.2 'Look and feel' van tool 'aardgasvrije woningen'

Kern van dit onderzoek is het maken van een eerste opzet van een tool waarmee inzicht wordt gegeven in de consequenties voor bewoners als overgaan wordt naar een alternatief voor aardgas. In deze verkennende studie is gevraagd om een demo van een tool te ontwikkelen die de 'look and feel' van de toekomstige tool aangeeft. De demo van de tool is opgesteld in Microsoft Excel. In deze paragraaf een korte toelichting op de structuur van de tool.



Verkenning tool 'aardgasloze woningen'

Deze tool maakt onderdeel uit van het onderzoek 'Verkenning tool aardgasloze woningen'.

De tool richt zich op de consequenties voor een bewoner als de woning aardgasloos wordt.
De tool is opgesteld voor bestuurders en andere professionals (woningcorporaties, beleidsmedewerkers en particuliere verhuurders).

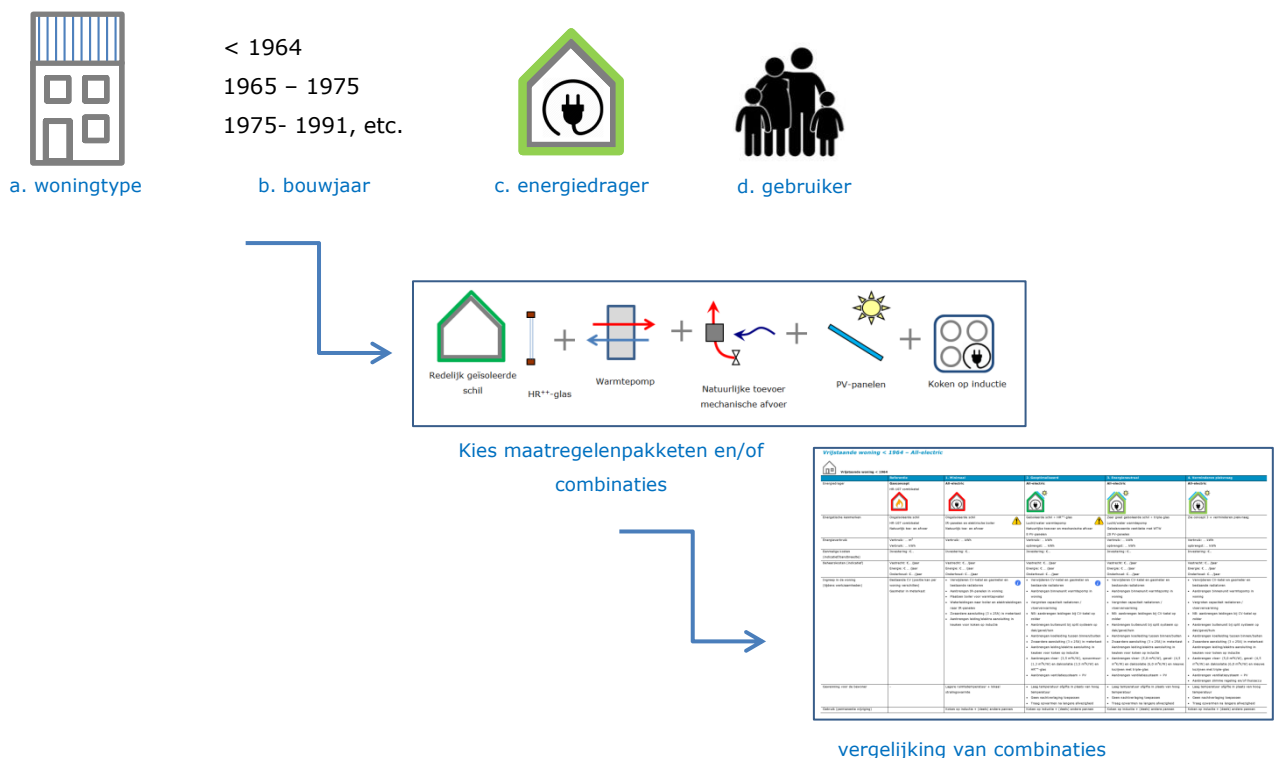
Deze demo geeft de 'look and feel' van de toekomstige tool aan.

[Open tool](#)

Figuur 15: Startscherm demo tool aardgasvrije woningen

De structuur van de tool ziet er als volgt uit:

1. Invoergegevens:
 - a. Kies het woningtype in uw wijk
 - b. Kies het bouwjaar van de woning in uw wijk
 - c. Kies de energiedrager als alternatief voor aardgas
 - d. Kies (eventueel) het bewonersprofiel
2. Kies één of meerdere maatregelenpakketten van dezelfde of verschillende energiedragers:
 - a. Minimaal maatregelenpakket
 - b. Geoptimaliseerd maatregelenpakket
 - c. Energieneutraal maatregelenpakket
 - d. Energieneutraal met vermindering piekvraag
3. Vergelijk met de tool de consequenties per geselecteerde combinatie van maatregelenpakket en/of verschillende energiedragers.



Figuur 16: Structuur demo tool aardgasvrije woningen

5.3 Consequenties per maatregelenpakket

In de tool wordt per maatregelpakket een beschrijving opgenomen van de volgende aspecten:

- Korte omschrijving van de energetische kenmerken per maatregelenpakket, een uitgebreid overzicht van bouwkundige en installatietechnische maatregelen is in bijlage 2 opgenomen.
- Indicatie energieverbruik
- Eenmalige kosten
- Beheerskosten
- Ingreep in de woning (tijdens werkzaamheden)
- Gewenning voor de bewoner/bedieningsgemak

- Gebruik (permanente wijziging)
- Ruimtebeslag
- Comfort/behaaglijkheid
- Nog te treffen maatregelen richting CO₂-neutraliteit
- Veiligheid/cybersecurity
- Toelichting benodigde onderhoudswerkzaamheden/vervanging
- Installatietechnische aandachtspunten
- Esthetica
- Overig

Daarnaast kan voor bewoners het vertrouwen in de techniek en het gevoel van keuzevrijheid (verplicht aansluiten op warmtenet) een rol spelen, deze zijn niet in de tool opgenomen, omdat deze minder goed te kwalificeren zijn.

Voor een volledig overzicht van de consequenties per combinatie van woningtype/energiedrager en maatregelenpakket wordt verwezen naar bijlage 3.

Vrijstaande woning < 1964 - All-electric					
Energiedrager	Referentie	1. Minimaal	2. Geoptimaliseerd	3. Energieneutraal	4. Verminderen piekvraag
	Gasconcept HR-107 combiketel 	All-electric 	All-electric 	All-electric 	All-electric
Energetische kenmerken	Ongesoleerde schil HR-107 combiketel Natuurlijk toe- en afvoer	Ongesoleerde schil IR-panelen en elektrische boiler Natuurlijk toe- en afvoer	Geïsoleerde schil + HR**-glas Lucht/water warmtepomp Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer 8 PV-panelen	Zeer goed geïsoleerde schil + triple-glas Lucht/water warmtepomp Gebalanceerde ventilatie met WTW 28 PV-panelen	Zie concept 3 + verminderen piekvraag
Energieverbruik	Verbruik: ... m ³ Verbruik: ... kWh	Verbruik: ... kWh	Verbruik: ... kWh opbrengst: ... kWh	Verbruik: ... kWh opbrengst: ... kWh	Verbruik: ... kWh opbrengst: ... kWh
Eenmalige kosten (indicatief/bandbreedte)	Investering: €..	Investering: €..	Investering: €..	Investering: €..	Investering: €..
Beheerskosten (indicatief)	Vastrecht: €.../jaar Energie: €.../jaar Onderhoud: €.../jaar	Vastrecht: €.../jaar Energie: €.../jaar Onderhoud: €.../jaar	Vastrecht: €.../jaar Energie: €.../jaar Onderhoud: €.../jaar	Vastrecht: €.../jaar Energie: €.../jaar Onderhoud: €.../jaar	Vastrecht: €.../jaar Energie: €.../jaar Onderhoud: €.../jaar
Ingreep in de woning (tijdens werkzaamheden)	Bestaande CV (positie kan per woning verschillen) Gasmeter in meterkast	<ul style="list-style-type: none"> • Verwijderen CV-ketel en gasmeter en bestaande radiatoren • Aanbrengen IR-panelen in woning • Plaatsen boiler voor warmtapwater • Waterleidingen naar boiler en elektrische leidingen naar IR-panelen • Zwaardere aansluiting (3 x 25A) in meterkast • Aanbrengen leiding/elektra aansluiting in keuken voor koken op inductie 	<ul style="list-style-type: none"> • Verwijderen CV-ketel en gasmeter en bestaande radiatoren • Aanbrengen binnenunit warmtepomp in woning • Vergroten capaciteit radiatoren / vloerverwarming • NB: aanbrengen leidingen bij CV-ketel op zolder • Aanbrengen buitenunit bij split systeem op dak/gevel/tuin • Aanbrengen koelleiding tussen binnen/buiten • Zwaardere aansluiting (3 x 25A) in meterkast • Aanbrengen leiding/elektra aansluiting in keuken voor koken op inductie • Aanbrengen vloer- (3,5 m²K/W), spouwmuur- (1,3 m²K/W) en dakisolatie (3,5 m²K/W) en HR**-glas • Aanbrengen ventilatiesysteem + PV 	<ul style="list-style-type: none"> • Verwijderen CV-ketel en gasmeter en bestaande radiatoren • Aanbrengen binnenunit warmtepomp in woning • Vergroten capaciteit radiatoren / vloerverwarming • NB: aanbrengen leidingen bij CV-ketel op zolder • Aanbrengen buitenunit bij split systeem op dak/gevel/tuin • Aanbrengen koelleiding tussen binnen/buiten • Zwaardere aansluiting (3 x 25A) in meterkast • Aanbrengen leiding/elektra aansluiting in keuken voor koken op inductie • Aanbrengen vloer- (5,0 m²K/W), gevel- (4,5 m²K/W) en dakisolatie (6,0 m²K/W) en nieuwe kozijnen met triple-glas • Aanbrengen ventilatiesysteem + PV • Aanbrengen slimme regeling en/of thuisaccu 	<ul style="list-style-type: none"> • Verwijderen CV-ketel en gasmeter en bestaande radiatoren • Aanbrengen binnenunit warmtepomp in woning • Vergroten capaciteit radiatoren / vloerverwarming • NB: aanbrengen leidingen bij CV-ketel op zolder • Aanbrengen buitenunit bij split systeem op dak/gevel/tuin • Aanbrengen koelleiding tussen binnen/buiten • Zwaardere aansluiting (3 x 25A) in meterkast • Aanbrengen leiding/elektra aansluiting in keuken voor koken op inductie • Aanbrengen vloer- (5,0 m²K/W), gevel- (4,5 m²K/W) en dakisolatie (6,0 m²K/W) en nieuwe kozijnen met triple-glas • Aanbrengen ventilatiesysteem + PV • Aanbrengen slimme regeling en/of thuisaccu
Gevenning voor de bewoner	-	Lagere ruimtemtemperatuur + lokaal stralingswarmte	Laag temperatuur afgifte in plaats van hoog temperatuur • Geen nachtverlaging toepassen • Traag opwarmen na langere afwezigheid	Laag temperatuur afgifte in plaats van hoog temperatuur • Geen nachtverlaging toepassen • Traag opwarmen na langere afwezigheid	Laag temperatuur afgifte in plaats van hoog temperatuur • Geen nachtverlaging toepassen • Traag opwarmen na langere afwezigheid
Gebruik (permanente wijziging)		Koken op inductie + (deels) andere pannen	Koken op inductie + (deels) andere pannen	Koken op inductie + (deels) andere pannen	Koken op inductie + (deels) andere pannen

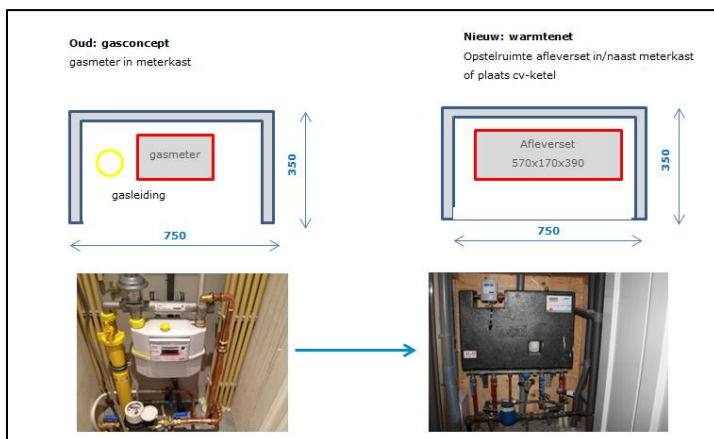
Figuur 17: Overzicht consequenties per maatregelenpakket

In de tool is een gelaagdheid ingebouwd bedoeld om aan te kunnen sluiten bij het kennisniveau van de gebruiker. Nadere informatie over de consequenties is te vinden onder de *informatieknop* en/of onder het *waarschuwingssymbool*. Met behulp van de informatieknop ontstaat een venster met een toelichting of foto van de betreffende maatregel/consequentie. Een waarschuwing kan bijvoorbeeld verwijzen naar een risico op comfortklachten.

Waarschuwing voor bijvoorbeeld het risico op comfortklachten



Info/foto:

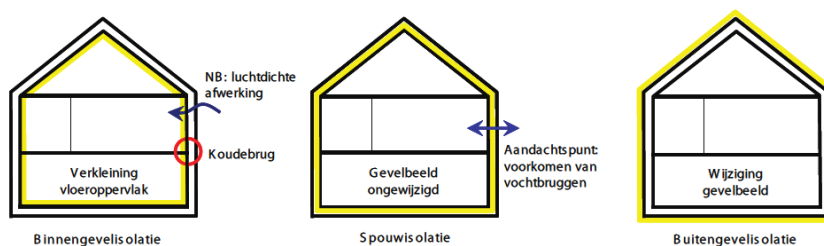


Figuur 18: Toelichting of waarschuwing van consequenties in tool

Hoofdstuk 6 Beschouwing consequenties aardgasvrij

6.1 Thermische schil

Voor de maatregelenpakketten is gekozen voor een stijgende lijn qua isolatiewaarden. Een goed geïsoleerde schil is van groot belang om de energievraag te beperken. Tevens maakt een goed geïsoleerde schil lage temperatuurverwarming mogelijk zonder comfortklachten. Een aanpak van de thermische schil zorgt bij een bewoner wel tot een verbouwing van formaat, waarbij de factor "gedoe" een grotere rol gaat spelen. Denk hierbij aan: vloerisolatie 1 dag, spouwmuurisolatie 0,5 tot 1 dag, dakisolatie (afhankelijk van uitvoering) 1 á 4 dagen. Isolierend glas in nieuwe kozijnen: enkele dagen.



Figuur 19: Schematische weergave vormen van gevelisolatie

De volgende mogelijkheden qua isolatie kunnen toegepast worden.

Spouwmuurisolatie

Het vullen van de spouw met een isolatiemateriaal is een redelijk eenvoudige methode. De isolatiewaarde is in vergelijking met binnen- en buitengevelisolatie laag door een beperkte spouwdikte. Bij deze vorm van isoleren blijft het gevelbeeld gehandhaafd en geeft geen rommel in huis. Bij de overweging om de spouw te isoleren zijn de volgende aandachtspunten:



- Het voegwerk moet in goede staat verkeren of anders hersteld worden. Om vochtindringing te voorkomen kan het nodig zijn om de gevel te hydrofoberen, afhankelijk van het type en afwerking van de steen.
- De spouw zal onderzocht moeten worden op mogelijke vochtbruggen, zoals metselbaarden en spouwankers. Er moet een schone en vrije spouw van minimaal vijf centimeter aanwezig zijn.
- Een spouw van vijf centimeter levert grofweg een warmteweerstand op van circa 1,3 m²K/W.
- Open stootvoegen en overige openingen (dakvoet, kruipruimte) moeten dichtgezet worden.
- Eventuele koudebruggen (doorgestorte balkons/neuslatei) verdienen aandacht.

Binnengevelisolatie

Onder binnengevelisolatie wordt verstaan het isoleren van een gevel aan de binnenzijde, veelal door middel van een voorzetwand. Aan het van binnenuit isoleren zitten enkele praktische en bouwfysische aandachtspunten:

- De woning aan de binnenzijde isoleren leidt tot enige verkleining van het woonoppervlak en geeft

veelal overlast voor de bewoners.

- Aanpassingen aan elektra (leidingen en wandcontactdozen), radiatoren en vloer- en plafondafwerking zijn noodzakelijk.
- Deze wijze van isoleren is kritisch met betrekking tot het ontstaan van vochtproblemen ten gevolge van inwendige condensatie en convectief vochttransport. Om dit te voorkomen moet aan de binnenzijde (warme zijde) een dampremmende laag aangebracht worden die volledig stromingsdicht aansluit. Dit is te realiseren door alle naden en hoekaansluitingen te tapen en/of af te kitten.
- Eventuele koudebruggen worden niet mee geïsoleerd. Afhankelijk van de bouwmethode zijn extra maatregelen nodig.



Buitengevelisolatie/nieuwe prefab buitengevel

Bij buitengevelisolatie wordt de gevel aan de buitenzijde voorzien van een isolatielaag die wordt afgewerkt met een pleisterlaag of andere gevelbekleding. Een reeds geïsoleerde spouwmuur kan afhankelijk van de technische staat van de gevel gecombineerd worden met buitengevelisolatie. Het aanbrengen van de buitengevel isolatie aan de koude buitenzijde van de constructie geniet uit bouwfysisch oogpunt de voorkeur. Aandachtspunten bij buitengevelisolatie:

- Het uiterlijk van de gevel wordt gewijzigd/verbeterd.
- Bij buitengevelisolatie neemt de geveldikte toe waardoor rekening gehouden moet worden met de rooilijn.
- Algehele constructieve en bouwfysische kwaliteit van de gevel

Bij hogere isolatiewaarden circa 5 á 7 m²K/W wordt op industriële schaal prefab gevelelementen ontwikkeld die aan het bestaande buitenblad worden gemonteerd.

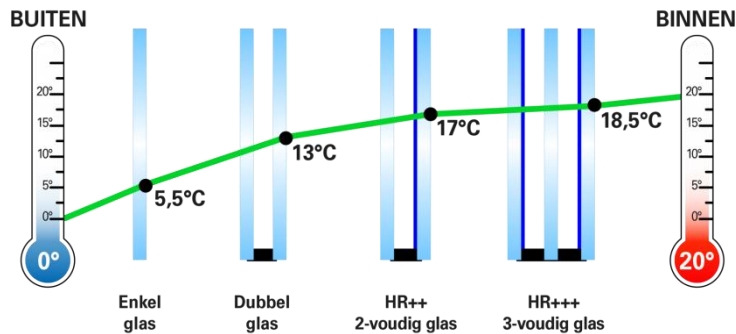


Figuur 20: buitengevelisolatie (links) nieuwe prefab gevel voor bestaand metselwerk (rechts)

Glasvervangning

Ramen vormen in de bouwkundige schil de grootste warmtelekken. Het vervangen van enkel/dubbel glas door HR⁺⁺-glas of driefoudig glas is uit het oogpunt van vraagbeperking en comfort zeer wenselijk. In bestaande kozijnen (met name draaiende delen) is triple glas veelal te dik of te zwaar om te plaatsen. In dat geval dient het volledige kozijn te worden vervangen of kies voor HR⁺⁺ glas. In de

maatregelenpakket is voor pakket 2 gekozen voor HR⁺⁺-glas en voor de pakketten 3 en 4 voor triple glas.



Figuur 21: Oppervlaktetemperatuur bij verschillende glassoorten

6.2 Ruimtebeslag – all electric

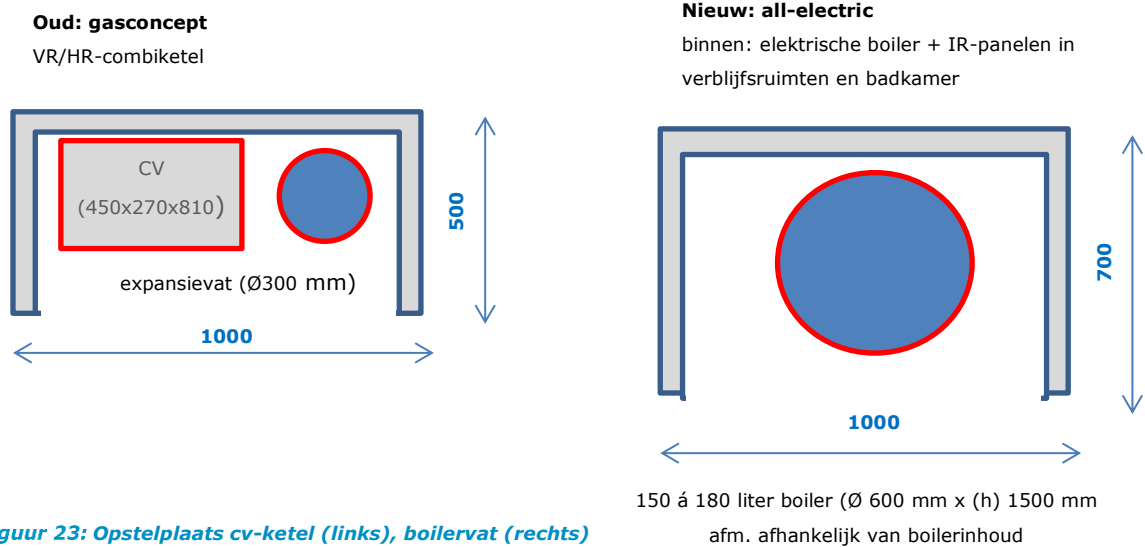
6.2.1 Ombouw gasconcept naar IR-paneel / elektrische boiler

Een infraroodpaneel zet elektriciteit via een halfgeleider om in onzichtbare infrarode warmtestralen. Deze infraroodstralen verwarmen de objecten eronder of ervoor, in plaats van de ruimte (de lucht). Het voordeel is de lagere investeringskosten ten opzichte van bijvoorbeeld een bodem/water warmtepomp, het nadeel is het comfortaspect. Als de bewoner onder het paneel weg loopt is de ruimtetemperatuur bepalend of dit als koud/oncomfortabel wordt ervaren. Het toepassen van IR-panels als hoofdverwarming vergt een verzwaring van het elektranet (nieuwe groep in de meterkast). In deze verkennende studie is uitgegaan van een ruimtetemperatuur van 20°C, bij een lagere ruimtetemperatuur wordt het resultaat met IR-panels gunstiger.

In dit concept is gekozen voor een elektrische boiler voor de levering van warmtapwater. Het ligt voor de hand om de positie van de elektrische boiler dicht bij de tappunten te plaatsen (keuken/badkamer). Aandachtspunt vormt de opstelplaats en de massa van de boiler op een verdiepingvloer.



Figuur 22: IR-paneel in badkamer + 300 liter boiler voor warmtapwater



Figuur 23: Opstelplaats cv-ketel (links), boilervat (rechts)

6.2.2 Ombouw gasconcept naar lucht/water warmtepomp

Een lucht-water warmtepomp haalt energie uit de buitenlucht die vervolgens kan worden gebruikt om ruimtes in huis en douchewater te verwarmen. Het voordeel van een lucht-water warmtepomp is dat hiervoor geen grondboring noodzakelijk is en dat de oplossing daarmee geschikt is voor vrijwel iedere woning. Het nadeel is dat de buitenunit geluid produceert en dat bij extreme buitencondities er een groot beroep wordt gedaan op het elektriciteitsnet.

Een lucht-water warmtepomp bestaat veelal uit een buiten- en binneneenheid (split), een gecombineerd systeem kan ook (monoblock). Tussen het buiten- en binnendeel loopt bij een splitunit een koelmiddelcircuit. De investering van een lucht/water warmtepomp ligt lager dan een bodem/water warmtepomp in verband met de grondboring. Het rendement van een bodem/water warmtepomp ligt echter door een constante bodemtemperatuur hoger dan bij een lucht/water warmtepomp (als gevolg van schommelingen in buitentemperatuur).



Figuur 24: CV-ketel vervangen door split systeem (rechtsboven) + geïntegreerde unit (rechtsonder)

Buitenunit

De buitenunit is met de binnenunit van de lucht/water warmtepomp verbonden door middel van een gesloten circuit waarin een koudemiddel wordt rondgepompt. Het expansieventiel in de buitenunit laat steeds een hoeveelheid van dit koudemiddel door naar de warmtewisselaar (verdamper) in de buitenunit. De ventilator in de buitenunit zuigt buitenlucht aan en voert deze door de verdamper. Hierdoor kan het koudemiddel in de verdamper de zogenaamde laagwaardige warmte uit de buitenlucht opnemen. In de verdamper daalt de druk sterk, waardoor het koudemiddel gaat koken en een gasvormige toestand bereikt. Eén buitenunit heeft afmetingen van circa 600x800x300 mm en wordt veelal in de tuin, aan de gevel of op het dak geplaatst. In de woning dient tussen de buiten- en binnenunit leidingwerk (met koelmiddel) te worden aangebracht, dit vergt het boren van sparingen in de gevel en/of vloer en het afwerken van leidingwerk binnen. In verband met de geluidproductie van de buitenunit is de positie en afscherming van de unit voor de bewoner relevant.



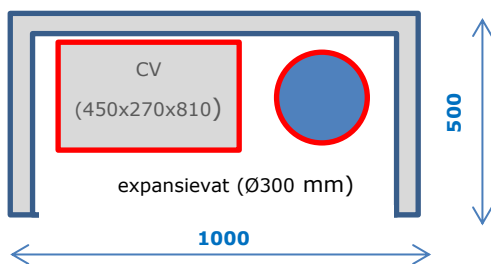
Figuur 25: Aanleg buitenunit lucht/water warmtepomp

Binnenunit

In het binnendeel wordt de warmte van het koudemiddel overgedragen aan het afgiftesysteem. Deze hoogwaardige warmte kan worden benut voor ruimteverwarming en de productie van warmtapwater.

Oud: gasconcept

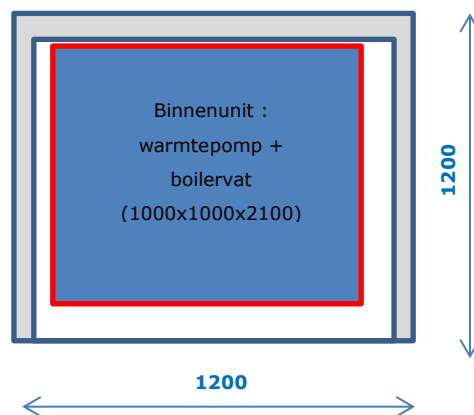
VR/HR-combiketel



Nieuw: all-electric

binnen: warmtepomp (condensor en boiler) + boiler

buiten: buitenunit



Figuur 26: Opstelplaats cv-ketel (links), binnenunit warmtepomp (rechts)

Bestaande radiatoren

In de bestaande bouw zijn de radiatoren veelal gedimensioneerd op een hoog temperatuur CV-ketel. Een warmtepomp levert de helft aan temperatuur (90-70°C, 50-40°C). Om hetzelfde vermogen via de bestaande cv-leidingen te transporteren moet het waterdebiet 2 x zo hoog zijn. Dit levert ongewenst stromingsgeluid op, er kan daardoor nog maar de helft van het vermogen kan worden geleverd.

Voorbeeld:

Een standaard radiator van 600x1200 mm type 21 heeft een vermogen van 2.157 W bij toevoer/retour/ruimtetemperatuur van 90/70/20°C. Dezelfde radiator heeft bij 50/40/20°C nog maar 682 W vermogen. Het leidingnet kan in dit voorbeeld $2.157/2 = 1.078$ W leveren. Maar met het verzwaren van de radiator wordt de leiding de beperkende factor, de helft van het benodigde vermogen. Dit heeft een negatief effect op koudeval bij het raam met natuurlijke toevoer. LT-radiatoren hebben in dat geval onvoldoende vermogen om de koudeval op te vangen.

Als bij bestaande woningen de thermische schil substantieel beter geïsoleerd wordt in combinatie met gebalanceerde ventilatie is er minder vermogen nodig en bestaat de mogelijkheid om de bestaande HT-radiatoren te handhaven.

6.2.3 Ombouw gasconcept naar water/water warmtepomp

Een bodem/water warmtepomp onttrekt de energie uit de bodem. Hiervoor worden bij een woning veelal een gesloten verticale bodemwisselaar aangebracht. Het voordeel van een bodem/water warmtepomp is het stabiele rendement gedurende het jaar. Het nadeel met name in de bestaande bouw is de boring in de tuin op individueel of collectief niveau.



Figuur 27: Opstelplaats cv-ketel (links), bodem/water warmtepomp (rechts)

Boring

In de bestaande bouw vergt een gesloten bron een boring in de tuin van de woning. Voor het onttrekken van warmte uit de aarde wordt in de tuin van de woning één of meerdere verticale bodemwisselaars tot

een diepte van circa 50 tot 100 meter ingebracht. De diepte van het aanbrenge van de bron is gekoppeld aan de bodemgesteldheid en het benodigde vermogen (grote en isolatie van de woning). Een mobiele boorinstallatie boort daarvoor gaten waarna een kunststofbuis (de wisselaar) in de gaten wordt neergelaten. De wisselaars worden zo aangesloten dat een gelijke verdeling van de bronnen plaats vind en met wederom kunststof leidingen de woning ingebracht tot op de plaats van de warmtepomp. De wisselaars en de aansluitleidingen worden gevuld met een water/glycol mengsel, ook wel brijn genoemd.



Figuur 28: Boring in tuin + aansluiting naar woning

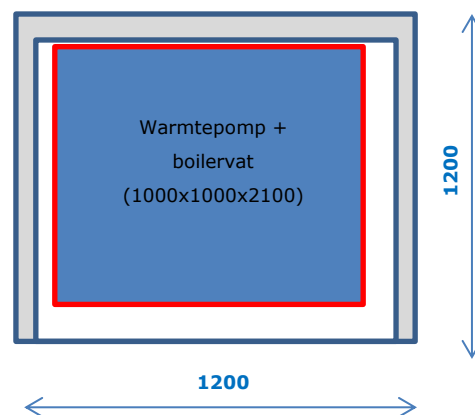
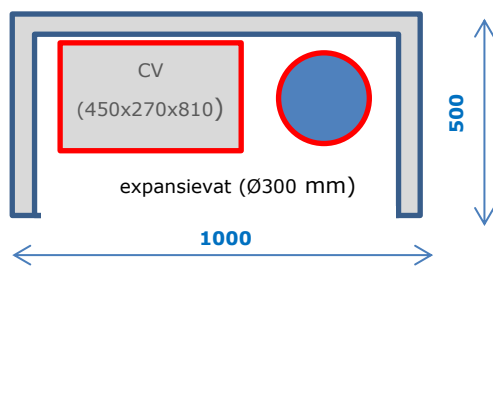
Bij het huis wordt de toe- en afvoerleiding naar binnen gebracht naar de opstelplaats van de warmtepomp. Alle leidingen worden gevuld met water, grondig gecontroleerd getest en afgeperst. de warmtepomp aangesloten, en de bodemwisselaars gevuld.



Figuur 29: Aansluiting leidingen in woning + plaatsen warmtepomp

Oud: gasconcept
VR/HR-combiketel

Nieuw: all-electric
binnen: lucht/water warmtepomp,
buiten: buitenunit



Figuur 30: Opstelplaats cv-ketel (links), binnenuit warmtepomp (rechts)

6.3 Ruimtebeslag - warmtenet

6.3.1 Ombouw gasconcept naar HT-warmtenet

De overgang van een gasconcept naar een warmtenet is een collectieve maatregel op straat, wijk- of gebiedsniveau. Tijdens de aanleg van het hoofdtracé is de openbare weg (deels) afgesloten en daarmee de bereikbaarheid met name in binnenstedelijk gebied beperkt. Tevens dient vanaf het hoofdtracé naar de woning een leiding te worden aangelegd. Deze leiding vergt graafwerkzaamheden in de tuin (op perceelsniveau) het boren van een sparring ter hoogte van de fundering richting opstelplaats afleverset.

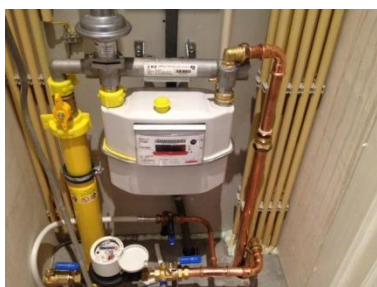
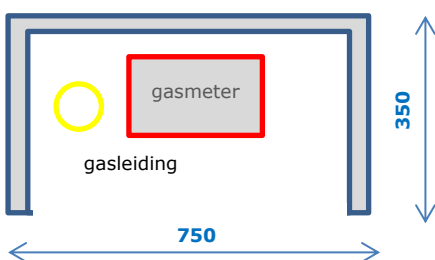


Figuur 31: Aanleg warmtenet op straatniveau en perceelsniveau

In de woning wordt in de meterkast de gasmeter afgesloten en verwijderd. Tevens wordt een afleverset geplaatst. Een afleverset is nodig om het warme water vanuit het warmtenet veilig naar de binneninstallatie te brengen voor de ruimteverwarming en/of warm tapwater bereiding. De afleverset is uit een aantal onderdelen opgebouwd zoals afsluiters, een terugslagklep, een drukverschilregelaar en een warmtewisselaar. Ook de warmtemeter, die het verbruik meet, maakt deel uit van de afleverset.

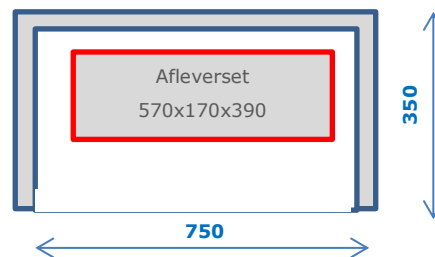
Oud: gasconcept

gasmeter in meterkast



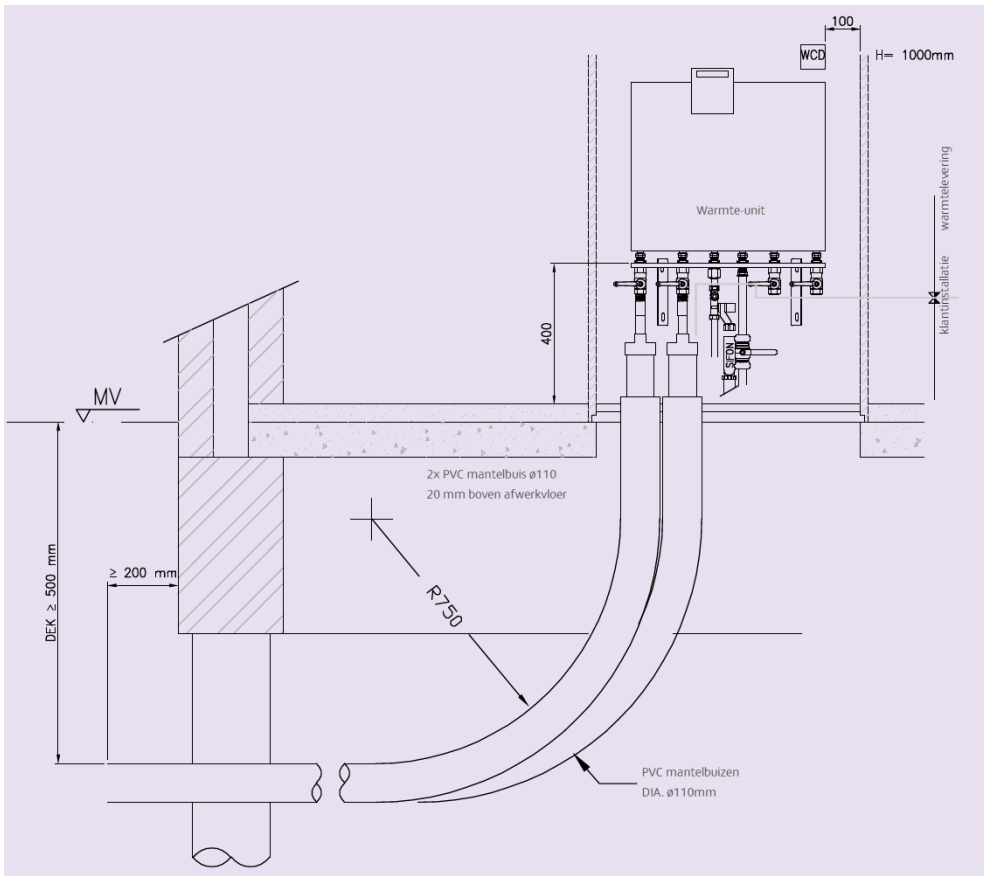
Nieuw: warmtenet

Opstelruimte afleverset in/naast meterkast of plaats cv-ketel



Figuur 32: Links gasconcept en rechts afleverset t.b.v. warmtenet

De afleverzet vervangt de functie van de CV-ketel. Het ligt vanuit bewonersperspectief voor de hand om op de positie van de CV-ketel de afleverzet te plaatsen. Echter vanuit het nutsbedrijf wordt vereist dat de afleverzet in de meterkast wordt geplaatst, deze meterkast is vanaf de hal of gang direct vanaf een toegang te bereiken en niet meer dan 3 meter van de toegang verwijderd en op hetzelfde niveau, zie figuur 31. Bij een CV-ketel op zolder vergt een dergelijke maatregel het aanbrengen van CV- en warmtapwater leidingen vanaf de positie waar voorheen de CV-ketel zat naar de afleverzet.



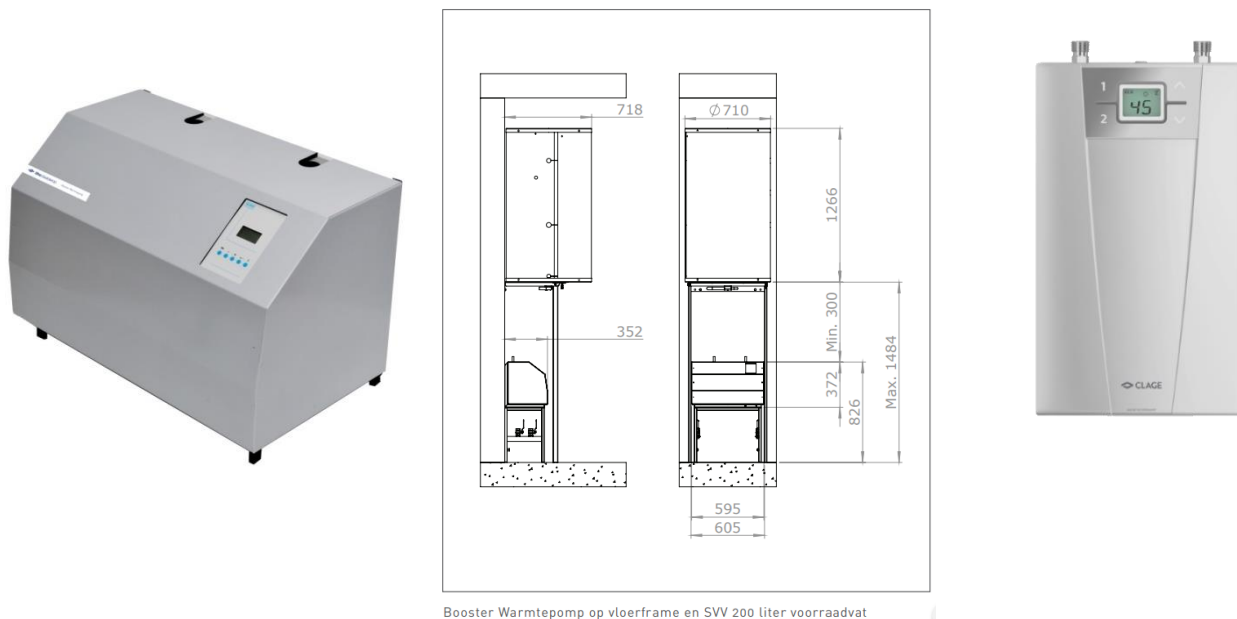
Figuur 33: Doorsnede aansluiting warmtenet op afleverzet t.p.v. fundering/begane grondvloer

Bij hoogbouw is een extra aparte meterkast nodig van 770x350 mm. In de hoogbouw vergt dit dus meer opstelplaats dan in een grondgebonden woning, daarnaast vergt ook de inpandige distributie ruimte.

6.3.2 Ombouw gasconcept naar LT/MT-warmtenet

Het ruimtebeslag en de consequenties van een LT/MT-warmtenet is in basis te vergelijken met een HT-warmtenet, zoals in paragraaf 6.3.1 is omschreven. Ten opzichte van een HT-warmtenet zijn de volgende aspecten nodig

- Bij LT/MT-warmtenet is een verbetering van de thermische schil noodzakelijk, dit vergt maatregelen zoals isolatie van de vloer, gevel, dak en glasvervanging zoals omschreven in paragraaf 6.1.
- Voor tapwater is een secundaire opwekker nodig, een warmtepompbooster of elektrische boiler toevoegen.

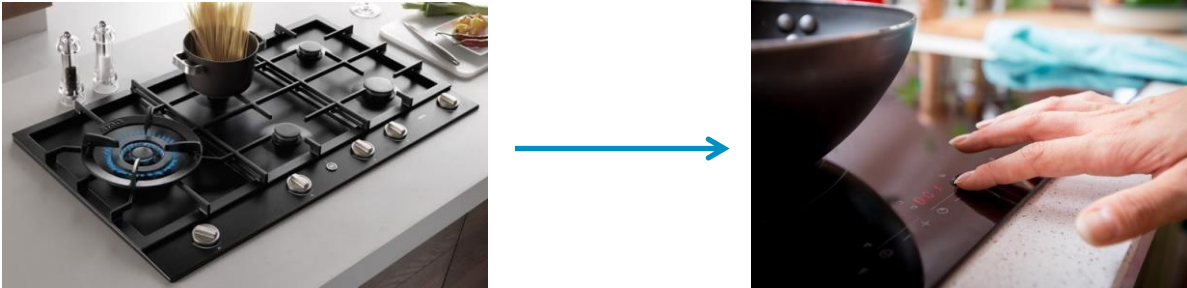


Booster Warmtepomp op vloerframe en SVV 200 liter voorraadvat

Figuur 34: Warmtepompbooster (links+midden) en elektrisch doorstroomtoestel (rechts)

6.4 Van koken op gas naar elektrisch koken

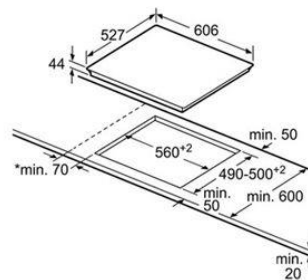
Het afsluiten van de aardgasaansluiting betekent voor alle woningen ook dat het koken niet meer op gas maar op inductie of keramisch gaat plaatsvinden.



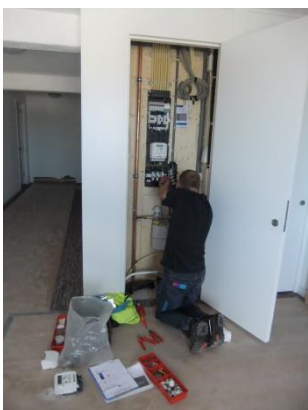
Figuur 35: Overgang van gaskookplaat naar inductie

Dit heeft de volgende consequenties tot gevolg:

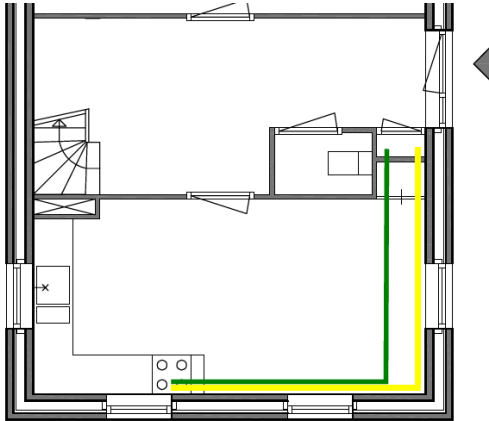
1. Het verwijderen van de gaskookplaat en gasaansluiting in de keuken.
2. Afhankelijk van de afmeting van de nieuwe inbouw kookplaat vergt deze wijziging mogelijk aanpassing/vernieuwing van het aanrechtblad.



3. Aanbrengen van een elektraleiding vanuit meterkast naar keuken + mogelijk aanleg verzwaarde aansluiting in meterkast. Met name oudere woningen hebben nog een aansluiting van 1 fase in de meterkast; een aansluiting van 1 x 35A of 1 x 40A. Dit is voor een all-electric concept te weinig in combinatie met een inductieplaat. Deze soort 1-faseaansluitingen moeten bij all-electric concepten omgebouwd worden naar een 3-faseaansluiting van 3 x 25 Ampère. Daarvoor wordt de groepenkast in de meterkast vervangen voor een nieuwe 3 fase groepenkast. Bij een warmtenet kan een 1 x 35 Ampère aansluiting voldoende zijn.



4. Vanuit NEN 1010 wordt al jaren een loze leiding voor kooktoestel richting keuken voorgeschreven. Voor met name oudere woningen kan het betekenen dat er geen loze leiding is. In dat geval dient de elektraleiding vanaf de meterkast naar de keuken te worden aangebracht en afgewerkt + aanbrengen perilex stopcontact in de keuken.

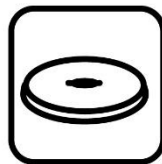


Figuur 36: Verwijderen gasleiding (geel) aanbrengen elektraleiding (groen)

5. Voor het koken op elektra zijn pannen benodigd met magnetiseerbaar metaal in de bodem. Mogelijk vergt dit de aanschaf van nieuwe pannen. RVS, aluminium, koper, glas en keramiek zijn niet-magnetiseerbare materialen. Gietijzeren of geëmailleerde pannen zijn bruikbaar op een inductiekookplaat; pannen van RVS en aluminium alleen wanneer ze een meerlaagse bodem met magnetiseerbare laag hebben. Ook pannen die op een gasfornuis zijn gebruikt en een niet meer vlakke bodem hebben, zijn geschikt voor gebruik op inductie, mits magnetiseerbaar. De meeste pannen die op dit moment verkocht worden zijn geschikt.



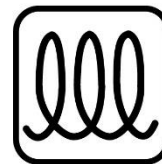
gas



elektra



keramisch/
halogeen



inductie

Figuur 37: Pannen met magnetiseerbaar metaal in de bodem voor inductie koken

6.5 Ventilatiesysteem

Ventilatie is noodzakelijk uit het oogpunt van gezondheid voor de toevoer van zuurstof en de afvoer van verontreinigde lucht. Veel ventileren is goed voor de kwaliteit van het binnenmilieu. Het totale volume aan ventilatielucht heeft een directe relatie met het energiegebruik. Het vergroten van het ventilatiedebiet leidt tot een betere binnenluchtkwaliteit, maar ook tot een hoger energieverbruik.

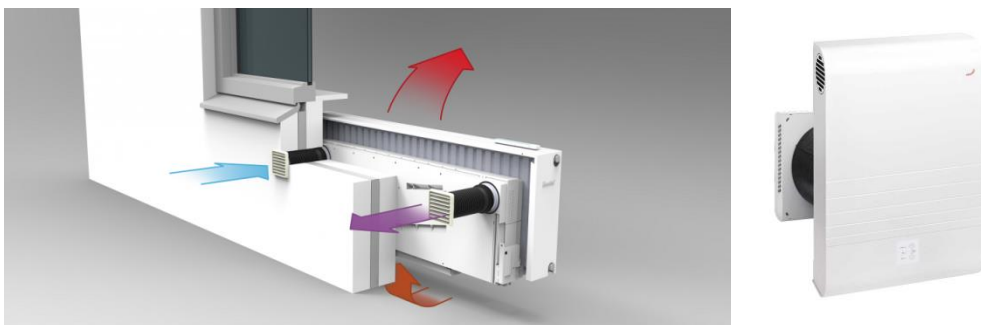
Om het energiegebruik te verminderen zijn er diverse ventilatiesysteem varianten. De volgende twee ventilatiesystemen komen in de bestaande bouw veelvuldig voor:

- Natuurlijke toevoer/mechanische afvoer (systeem C) met een vraaggestuurde toe- en/of afvoer op basis van CO₂, vocht of tijd: hierbij wordt gestuurd op de beperking van de ventilatiestroom.
- Gebalanceerde ventilatie - centraal (ventilatiesysteem D): met één centrale unit in de woning, hierbij wordt gestuurd op de terugwinning van energie bij relatief grote ventilatiestromen.
- Gebalanceerde ventilatie - decentraal (ventilatiesysteem D): gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning met één of meerdere decentrale units in de woning (veelal woonkamer)

Het aanbrengen van een ventilatiesysteem in een bestaande woning of appartement vraagt opstelruimte voor de ventilatie-unit, afstand tussen toe- en afvoer in verband met verdunningsfactor, sparingen naar buiten voor de toe- of afvoerkanalen, ventilatiekanalen in de woning, maatregelen ten aanzien van installatiegeluid en koven of een verlaagd plafond om leidingwerk weg te werken. In onderstaand overzicht per ventilatiesysteem enkele aandachtspunten.

Tabel 3: maatregelen ventilatiesystemen

Maatregelen	
Ventilatiesysteem C: natuurlijke toevoer/mechanische afvoer	<ul style="list-style-type: none"> - Aanbrengen ventilatieroosters (i.c.m. glasvervanging) - aanbrengen mv-box - sparing in dak voor afvoerleiding - afvoerleidingen in keuken, bad en toilet - afvoerleidingen in verlaagd plafond of koof
Ventilatiesysteem D: gebalanceerde ventilatie met WTW	<ul style="list-style-type: none"> - aanbrengen WTW-unit - sparing in dak voor toe- en afvoerleiding - toevoerleidingen in de verblijfsruimten - afvoerleidingen in keuken, bad en toilet - leidingen in verlaagd plafond of koof
Ventilatiesysteem D: decentraal gebalanceerde ventilatie met WTW	<ul style="list-style-type: none"> - aanbrengen unit(s) t.p.v. borstwering - sparingen door buitenruimte - elektra



Figuur 38: Decentrale ventilatie-unit (bron: Climarad/Zehnder)

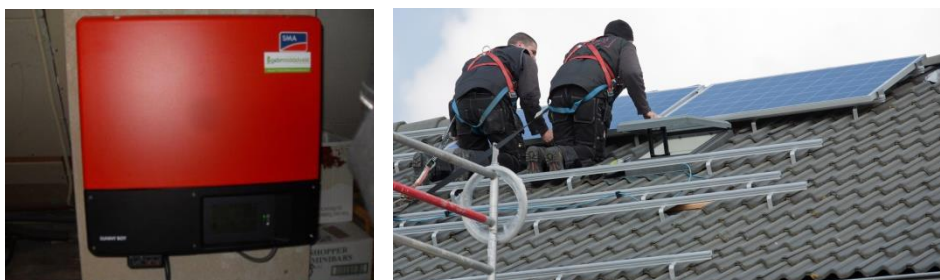


Figuur 39: Centrale ventilatie-unit aan plafond met leidingwerk (bron: Brink Climate Systems)

6.6 PV-panelen

Het plaatsen van PV-panelen is een maatregel om te komen tot een kostenoptimale variant of een hogere energetische prestatie. Alhoewel PV-panelen een redelijke plug and play maatregel zijn heeft het aanbrengen van PV-panelen de volgende consequenties voor de woning:

- Plaatsen PV-panelen en verankering van panelen op het dak
- Sparing in dak/gevel voor elektraleiding
- Elektraleiding aanbrengen vanaf PV-panelen naar inverter en de meterkast
- Extra groep in meterkast + aansluiting in meterkast



Figuur 40: Inverter en PV-panelen op hellend dak

6.7 Investering

Voor de verschillende maatregelenpakketten is een indicatie van de investeringskosten bepaald. Het betreft een bandbreedte aangezien de kosten voor bijvoorbeeld leidingwerk en positie huidige CV-ketel per woning kan verschillen. De investeringskosten zijn grotendeels bepaald op basis van de investeringskosten uit de energiebesparingsverkenner en gegevens van Milieu Centraal. Aangezien er voor aanpassingen in de woning of meterkast gerekend is met stelposten, wordt per maatregelenpakket een bandbreedte weergegeven. De prijzen zijn inclusief BTW. Voor een volledig overzicht en globale onderbouwing van de kostenindicatie per onderdeel wordt verwezen naar bijlage 4.

Tabel 4: bandbreedte investering per maatregelenpakket

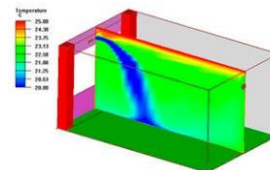
	1. aardgasvrij zonder energiebesparing	2. aardgasvrij concept met goede isolatie	3. Energieneutraal (met zeer goede isolatie)	4. energieneutraal + verminderen piekvraag
All-electric Vrijstaande woning < 1964	€10.000,- á €15.000,-	€30.000,- á €35.000,-	€60.000,- á €65.000,-	€65.000,- á €70.000,-
All-electric Rijwoning 2005 - heden	€10.000,- á €15.000,-	€15.000,- á €20.000,-	€40.000,- á €45.000,-	€45.000,- á €50.000,-
HT warmtenet Rijwoning 1965 - 1975	€10.000,- á €15.000,-	€20.000,- á €25.000,-	€40.000,- á €45.000,-	
MT warmtenet Galerijwoning 1975 - 1991	€15.000,- á € 20.000,-	€25.000,- á €30.000,-	€35.000,- á €40.000,-	
LT warmtenet Rijwoning 1965 - 1975	€20.000,- á € 25.000,-	€30.000,- á €35.000,-	€40.000,- á €45.000,-	
Groengas Vrijstaande woning < 1964	n.v.t.	€20.000,- á €25.000,-	€60.000,- á €65.000,-	€65.000,- á €70.000,-

6.8 Comfort

Het alleen verwijderen van aardgas uit de woning draagt niet bij aan een hoger comfort van de woning. Sterker het vervangen van een hoog temperatuur cv-ketel door een laag temperatuur systeem zonder aanpassing van de thermische schil leidt tot comfortklachten. Vandaar dat gebruikers van de tool een waarschuwing of nadere informatie krijgen voor combinaties van maatregelen die thermische comfortklachten kunnen opleveren in de zomer- of winterperiode. In de tool zijn de volgende waarschuwingen of informatie opgenomen:



- De toepassing van een laag temperatuursysteem in combinatie met een matige thermische schil en ventilatieroosters kan leiden tot comfortklachten. Zorg in ieder geval voor zelfregelende roosters en bij voorkeur gebalanceerde ventilatie.



- Het aanbrengen van mechanische afzuiging in de woning is goed voor de kwaliteit van de binnenlucht. Het is dan wel belangrijk om ervoor te zorgen dat de openingen naar de kruipruimte goed afgedicht zijn. Dit kan door het kruipluik aan de onderzijde van een tochtstrip te voorzien en door de leidingdoorvoeren in de meterkast rondom goed af te dichten. Als dit niet gebeurt kan er vochtige lucht uit de kruipruimte de woning ingezogen worden, dit kan schimmel en vochtproblemen veroorzaken.

- Bij toepassing van een lucht/water warmtepomp produceert de buitenunit bij een split systeem geluid. Het plaatsen van de unit dicht bij een slaapkamerraam leidt tot geluidsoverlast. Om de geluidproductie te verminderen is afscherming of het vergroten van de afstand tussen de unit en de woning van belang.




- Bij toepassing van een bodem/water warmtepomp kan de warmtepomp in de zomerperiode worden ingezet als bodemkoeling. Dit zorgt voor een stijging van het comfort in de zomerperiode.
- Bij vraagbeperking op het niveau energieneutraliteit zonder aandacht voor maatregelen in de zomerperiode kan leiden tot een te hoog risico op temperatuuroverschrijding. Nadenken over zonwering, overstekken en/of zomernachtventilatie is noodzakelijk.






6.9 Esthetiek

Het treffen van energetische maatregelen heeft effect op de esthetiek van de woning. De maatregelen kunnen zowel binnen- als buitenshuis gevolgen hebben. De mate waarin esthetiek beoordeeld kan worden is subjectief en kan per bewoner verschillen. Over het algemeen telt de esthetiek in de woonkamer zwaarder mee dan in een bijkeuken of zolder.

In tabel 5 staan enkele hoofdcomponenten weergegeven die van invloed zijn op esthetiek. De foto's zijn indicatief, er bestaan diverse uitvoeringen van installatiecomponenten.

Tabel 5: weergave consequenties esthetiek

	Buiten	Binnen	Omschrijving
Lucht/water warmtepomp (split systeem)			<ul style="list-style-type: none"> - warmtepomp in woning - buitenunit gevel/dak/tuin - leidingwerk in woning
Lucht/water warmtepomp (geïntegreerde unit warmte/ventilatie)		geen verwarming / ventilatie unit in de woning	<ul style="list-style-type: none"> - geïntegreerde unit in tuin - leidingwerk binnen
Bodem/water warmtepomp	Na grondboring, geen effect op esthetiek buiten		<ul style="list-style-type: none"> - warmtepomp in woning
Buitengevelisolatie met steenstrips			Gevelaanzicht wijzigt/verbeterd door gevelrenovatie, nb: restricties zoals beschermd stadsgezicht
Verwijderen oude radiatoren			<ul style="list-style-type: none"> - vervangen door nieuwe convectoren/radiatoren, vloerverwarming/IR-panelen
PV-panelen			<ul style="list-style-type: none"> - PV-panelen geïntegreerd in dak

IR-paneel / elektrische boiler	geen maatregelen		<ul style="list-style-type: none"> - IR-paneel in elke verblijfsruimte en badkamer - opstelplaats boiler in woning
Warmtenet - HT	na aanleg leidingwerk geen effect op esthetiek buiten		- afleverset in woning
Warmtenet - LT/MT	na aanleg leidingwerk geen effect op esthetiek buiten		- afleverset in woning
		 	<ul style="list-style-type: none"> - boosterwarmtepomp of elektrische boiler voor warmtapwater

Figuur 41: Overzicht maatregelen binnen/buiten woning

Hoofdstuk 7 Indicatie energieverbruik/opbrengst

Naast de ingrepen in de woning heeft een wijziging in energiedrager effect op het energieverbruik voor de bewoner. Het energieverbruik is per woningtype en per maatregelenpakket berekend. Het energieverbruik is ingeschat met een dynamische berekening, zie hiervoor paragraaf 7.1 voor de uitgangspunten. Het energieverbruik is afhankelijk van het gebruik van de woning. Om die reden zijn verschillende bewonersprofielen uitgewerkt. De overgang van aardgas naar all-electric zorgt voor pieken in elektravraag, vandaar dat in paragraaf 7.2 de consequentie daarvan op jaar-en dagniveau inzichtelijk is gemaakt.

De elektriciteitsbehoefte en elektriciteitsopwekking zijn niet altijd gelijktijdig. In paragraaf 7.3 wordt hierop ingegaan en wordt inzicht te gegeven in de belasting van het elektriciteitsnet en de effecten van een batterij of slimme regeling op de belasting van het elektriciteitsnet.

7.1 Uitgangspunten dynamisch rekenen

Dynamische berekening

In het rekenmodel wordt door middel van een dynamische berekening de warmtevraag berekend. De warmtevraag wordt beïnvloedt door het gebouwtwerp, de thermische kwaliteit, interne warmtelast, ventilatie et cetera. Om een inschatting te doen van de interne warmtelast, apparatuur, verlichting en het overige huishoudelijke energieverbruik is gebruik gemaakt van onderstaande bewonersprofielen.

Bewonersprofielen

Voor de verschillende maatregelenpakketten is het energieverbruik van verschillende huishoudsamenstellingen bepaald. Het betreft vier bewonersprofielen: tweeverdieners, gezin met twee kinderen, senioren en een alleenstaande. De profielen zijn deels gebaseerd op aannames waarbij geprobeerd is een spreiding in verbruik voor te rekenen, zonder de echte extremen te benoemen. Hieronder enkele uitgangspunten als toelichting op de bewonersprofielen.

Tweeverdieners

Beide volwassenen (30 jaar) werken 5 dagen per week en zijn alleen 's avonds thuis, ook in het weekend veel van huis.

- **Verwarming en verlichting:** 's avonds aan en gemiddeld 1 dag in het weekend
- **Badkamer:** Beiden douchen dagelijks lang en in het weekend wordt 1 keer het bad gevuld.
- **Wassen en drogen:** Wasmachine en de wasdroger draaien 4 keer in de week
- **Keuken:** uitgerust met elektrische oven, inductiekookplaat, close-in boiler, grote Amerikaanse koelkast en vaatwasser (draait 6 keer per week). Weinig afwas met de hand.



Tweeverdieners

Gezin 2 kinderen

Een gezin met twee schoolgaande kinderen <12. Beide ouders (40 jaar) werken 4 dagen per week.

- **Verwarming en verlichting:** 4 dagen per week van 's ochtends tot 's avonds aan; 3 dagen per week uit
- **Badkamer:** Kinderen douchen elk 4 keer per week en gaan 1 keer in bad, ouders douchen 5 keer per week kort.
- **Wassen en drogen:** De wasmachine draait 8 keer per week, de wasdroger 5 keer per week.
- **Keuken:** uitgerust met elektrische oven, gaskookplaat, close-in boiler, koel-vriescombinatie en extra vriezer in de bijkeuken, vaatwasser (wordt dagelijks gebruikt) Er wordt ook wat met de hand afgewassen.



Gezin

Senioren

Gepensioneerd stel (65+) dat veel thuis is

- **Verwarming en verlichting:** elke dag aan. Overdag een graadje hoger dan gemiddeld; 's avonds 2 graden.
- **Badkamer:** Beide douchen 4 keer per week kort.
- **Wassen en drogen:** De wasmachine draait 3 keer in de week. Geen wasdroger.
- **Keuken:** De keuken is uitgerust met een gasfornuis (oven en kookplaat), en een koelkast met vriesvakje. Er is geen vaatwasser, dus afwassen gaat met de hand.



Senioren

Alleenstaand

Alleenstaande (50 jaar) die 5 dagen per week werkt en 1 dag per weekend van huis is.

- **Verwarming en verlichting:** 5 dagen 's avonds aan, om de week in het weekend een dag uit.
- **Douchen:** Gemiddeld: 5 keer per week 9 minuten
- **Wassen en drogen:** Wasmachine wordt 3 keer per week gebruikt. Geen wasdroger.
- **Keuken:** De keuken is uitgerust met een keramische kookplaat, elektrische oven, compacte koel-vriescombinatie en vaatwasser (1 keer per week). Afwas om de dag met de hand.

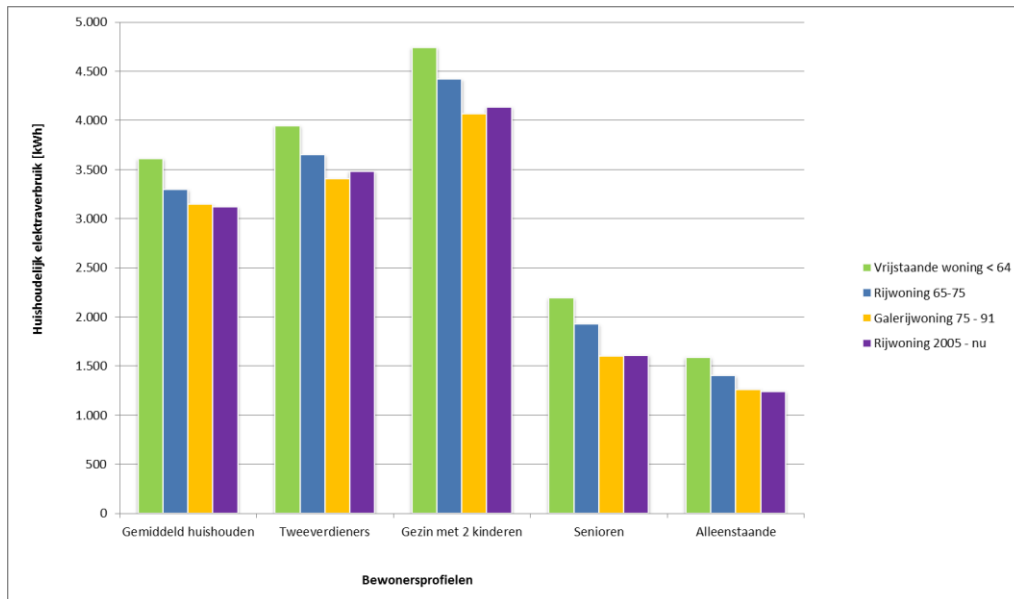


Alleenstaand

In bijlage 4 is een volledig overzicht opgenomen van het gas- en elektraverbruik per bewonersprofiel. In tabel 6 is het huishoudelijke elektriciteitsverbruik weergegeven, waarbij gevarieerd is in bouwjaar en woningtype. Dit huishoudelijke energieverbruik is als uitgangspunt gehanteerd in de dynamische berekening.

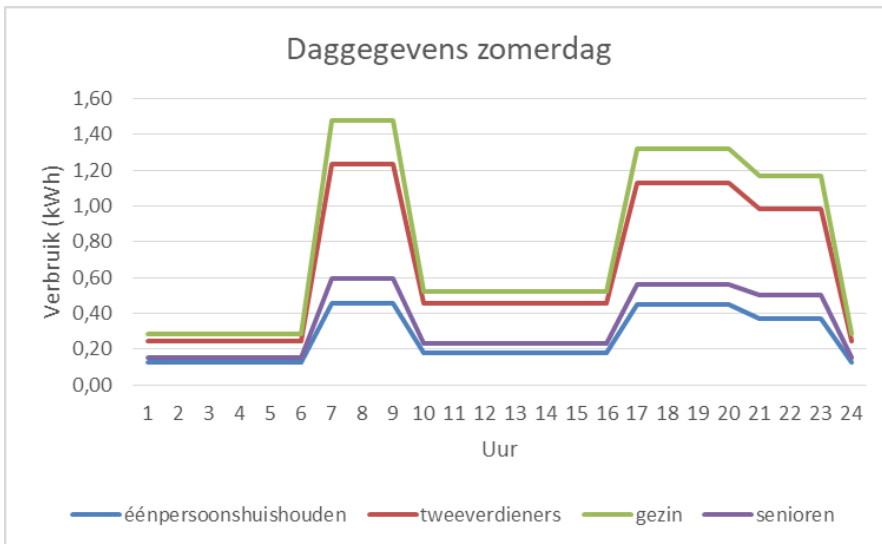
Tabel 6: huishoudelijke energieverbruik per bewonersprofiel

	Gemiddeld huishouden	Twee verdieners	Gezin met 2 kinderen	Senioren	Alleenstaande
Vrijstaande woning < 1964	3.610 kWh	3.946 kWh	4.743 kWh	2.194 kWh	1.589 kWh
Rijwoning 1965-1975	3.296 kWh	3.649 kWh	4.418 kWh	1.925 kWh	1.401 kWh
Galerijwoning 1975 - 1991	3.145 kWh	3.407 kWh	4.064 kWh	1.601 kWh	1.263 kWh
Rijwoning 2005 - nu	3.118 kWh	3.484 kWh	4.135 kWh	1.611 kWh	1.242 kWh



Figuur 42: Elektraverbruik/jaar per woning en bewonersprofiel (bron: Milieu Centraal)

Het huishoudelijk energieverbruik is in de dynamische berekening verdeeld in uurlijkse verbruiken die van woningtype en bewonersprofiel afhankelijk zijn. Bij het uitwerken van een uurlijkse berekening van het energieverbruik ontstaan in de praktijk meerdere piekvragen. Denk hierbij aan de ochtend en avondperiode en de piekvraag als gevolg van wasmachines en vaatwasser. Om schijnnaauwkeurigheid te voorkomen is het huishoudelijke elektriciteitsverbruik met vele pieken gedurende de dag gemiddeld over vier delen van de dag: nacht, ochtend, middag, avond. Hierdoor ontstaat er een duidelijk piek in de ochtend en avondperiode, zie figuur 43. Dit komt overeen met ervaringen van netbeheerders.



Figuur 43: Huishoudelijk elektraverbruik per bewonersprofiel geschematiseerd over vier dag/nachtdelen

Woningtypen

Voor de berekeningen zijn de woningtypen van de RvO referentiewoningen aangehouden.



Figuur 44: Woningtypen: rijwoning, vrijstaande woning en galerijwoning

Rekenuitgangspunten

- De dynamische berekeningen zijn opgesteld met VABI Elements versie 3.3.117945. Hiermee wordt het energieverbruik uurlijks gesimuleerd.
- Voor het klimaatjaar is uitgegaan van NEN 5060 referentiejaar energie.
- Voor de interne warmtelast zijn het aantal personen per bewonersprofiel aangehouden.
- Voor alle concepten is dezelfde temperatuur per ruimte aangehouden. Wel is een verschil in ruimtetemperatuur aangehouden per bewonersprofiel, bij senioren hoger dan bij tweeverdieners. De comfortbeleving kan in de praktijk echter verschillen, waardoor bij vloerverwarming en IR-panelen de ruimtetemperatuur en daarmee het warmteverlies lager kan liggen dan berekend.
- Voor het huishoudelijk apparaat en verlichting zijn de uurlijkse waarden gefit op de uitgangspunten zoals in bijlage 4 is opgenomen. De energieposten koken, hulpenergie voor verwarming en ventilatie zijn daaraan toegevoegd.
- Voor het gebruik van de woning is aangesloten op de tijdschema's conform GIW/ISSO 2008.
- Voor het stookseizoen is uitgegaan van 24 september tot en met 29 april.

7.2 Analyse robuustheid maatregelenpakket

De maatregelenpakketten zoals in hoofdstuk 4 opgenomen verschillen aanzienlijk van elkaar qua bouwkundige en installatietechnische maatregelen. Om inzicht te krijgen in de robuustheid van het maatregelenpakket is een berekening opgesteld op jaar-en op dagniveau. Hierdoor ontstaat inzicht in de robuustheid van het pakket ofwel in hoeverre het concept gevoelig is voor beïnvloeding in wijziging energieprijzen, energiebelasting, bewonersgedrag et cetera. In onderstaand overzicht is voor één bewonersprofiel (tweeverdieners) gekeken naar het effect van de maatregelenpakketten.

Jaarniveau

In onderstaande grafieken is de robuustheid van drie all-electric concepten weergegeven voor een rijwoning 2005 – heden op jaarniveau. Het weergegeven verbruik en/of opbrengst van elektra is gekoppeld aan het bewonersprofiel tweeverdieners. De grafieken zijn in bijlage 4 vergroot weergegeven.



Concept 1

Goede thermische schil ($R_c: 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$)
 IR-panelen / elec. boiler
 Natuurlijke toevoer/mech. afvoer

Concept 2

Goede thermische schil ($R_c: 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$)
 Lucht/water warmtepomp
 Natuurlijke toevoer/mech. afvoer
 8 PV-panelen

Concept 3

Verbeterde schil ($R_c: 5 \text{ á } 6 \text{ m}^2\text{K/W}$)
 Lucht/water warmtepomp
 gebalanceerde ventilatie met WTW
 24 PV-panelen

Figuur 45: Jaarniveau all-electric maatregelenpakket 1 t/m 3, rijwoning 2005 - heden

Netto cumulatief

In figuur 45 zijn grafieken opgenomen die het netto cumulatief verbruik / opbrengst over een jaar weergeven. Daarin is een aanzienlijke afname te zien tussen maatregelenpakket 1 en maatregelenpakket 2, zie volgende bullet. Dit is het gevolg van wijziging in rendement opwekker, thermische schil en toevoeging PV-panelen. Als gevolg van de opwekking van elektra ontstaat over een jaar bij concept 3 een S-curve, waarbij het verbruik wordt gecompenseerd door de opbrengst.

Verwarming elektrisch

Uit de grafiek som piek/dag wordt duidelijk wat er per dag aan elektrisch energiegebruik is. Uit de grafiek max piek/dag wordt duidelijk wat er per dag maximaal aan elektrisch energieverbruik is. Als gevolg van het lage opwekkingsrendement van de infraroodpanelen is de benodigde elektrische verwarming in de winterperiode hoog. Ook al zou de thermische schil verder worden verbeterd dan blijft de elektriciteitsvraag in concept 1 hoog als gevolg van het lage opwekkingsrendement. Bij concept 2 is de vraag naar elektriciteit aanzienlijk lager door de warmtepomp met een verbeterd rendement voor verwarming en tapwater. De vraag naar elektrische verwarming neemt verder af in concept 3 door een verdere verbetering van de thermische schil tot het niveau van een NOM-woning.

Opwekking PV

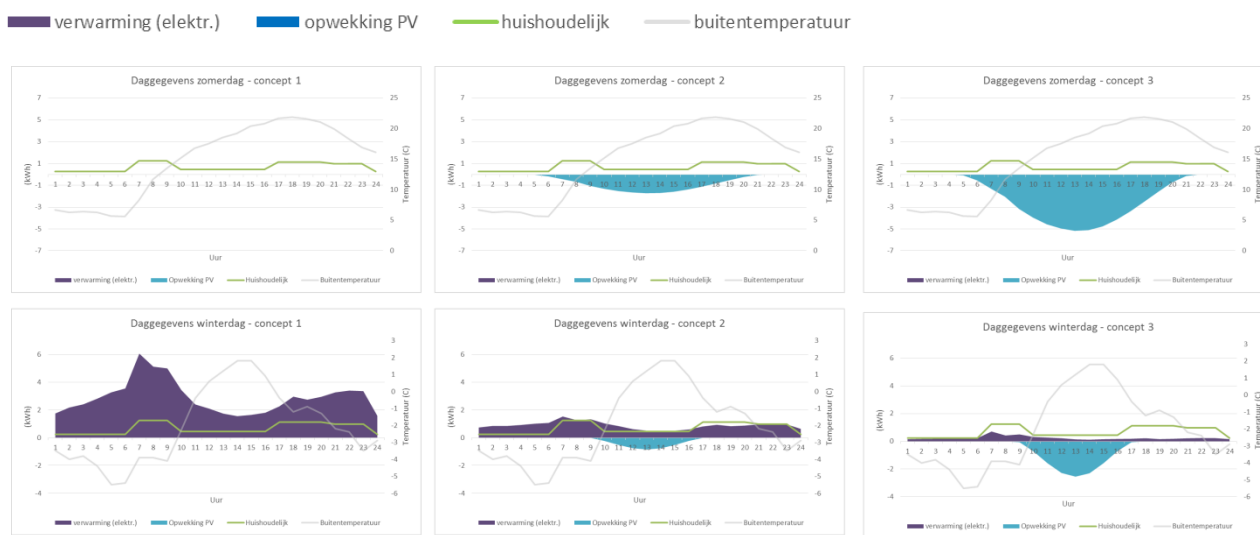
In het eerste concept vindt geen opwekking van elektra plaats, in de concepten 2 en 3 wel; respectievelijk 8 en 24 PV-panelen. De opwekking van elektra is met blauw aan de onderzijde van de X-as weergegeven. Het aantal PV-panelen om te komen tot energieneutraliteit is afhankelijk van het bewonersprofiel.

Huishoudelijk + warmtapwater

Op jaarniveau is het huishoudelijke energieverbruik gemiddeld per dag weergegeven middels de horizontale lijn in figuur 45. Op dagniveau zijn uiteraard uurlijkse verschillen te onderscheiden, dit komt in de volgende paragraaf nader aan de orde.

Zomer en winterdag

In grafiek 46 is van drie all-electric concepten het verbruik en opbrengst op een zomer- en winterdag weergegeven voor een rijwoning 2005 – heden op jaarniveau. Het weergegeven verbruik en/of opbrengst van elektra is gekoppeld aan het bewonersprofiel tweeverdieners. De grafieken zijn in bijlage 4 vergroot weergegeven.



Concept 1

Goede thermische schil ($R_c: 3,5 \text{ m}^2 \text{K/W}$)
IR-panels / elec. boiler
Natuurlijke toevoer/mech. afvoer

Concept 2

Goede thermische schil ($R_c: 3,5 \text{ m}^2 \text{K/W}$)
Lucht/water warmtepomp
Natuurlijke toevoer/mech. afvoer
8 PV-panelen

Concept 3

Verbeterde schil ($R_c: 5 \text{ à } 6 \text{ m}^2 \text{K/W}$)
Lucht/water warmtepomp
gebalanceerde ventilatie met WTW
24 PV-panelen

Figuur 46: Dagniveau all-electric maatregelenpakket 1 t/m 3, rijwoning 2005 - heden

Verwarming elektrisch

De verwarming vindt uiteraard alleen plaats op de winterdagen, dit is met de paarse curve weergegeven op de onderste grafieken van figuur 46. De vraag naar elektrische verwarming is afhankelijk van de mate van vraagbeperking en de efficiëntie van de warmteopwekker. Het hoogste verbruik is bij concept 1, vervolgens concept 2 en 3.

Opwekking PV

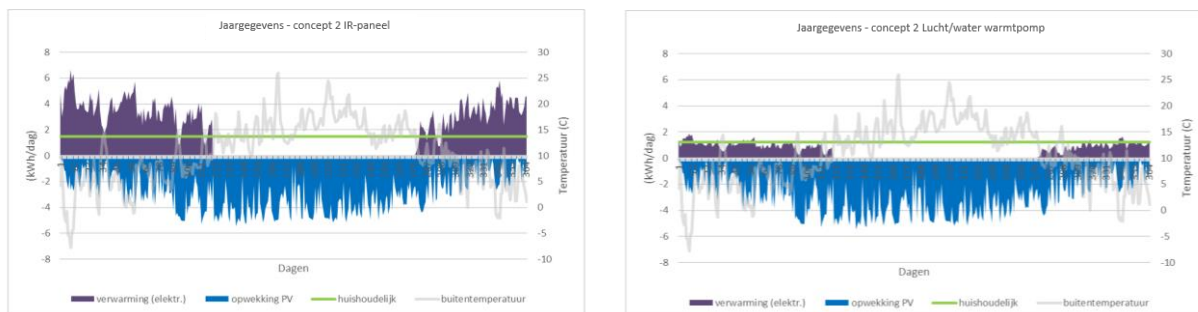
In het eerste concept vindt geen opwekking van elektra plaats, in concept 2 en 3 wel; respectievelijk 8 en 24 PV-panelen. De opwekking van elektra is met blauw aan de onderzijde van de X-as weergegeven. De elektriciteitsopwekking is op een zomerdag hoger dan de elektriciteitsopwekking op een winterdag, in dit voorbeeld een factor 4.

Huishoudelijk + warmtapwater

Op dagniveau is er voor het huishoudelijke energieverbruik en het warmtapwatergebruik een piek in de ochtend en het einde van de middag te verwachten. De momenten qua vraag naar elektra valt niet gelijk met de piek qua opbrengst die midden op de dag ligt. In de volgende paragraaf zijn mogelijkheden toegelicht om de piekvraag te verminderen door de elektriciteitsvraag en de opwekking beter op elkaar af te stemmen en door de elektriciteitsopwekking op te slaan.

Netbelasting

Uit de voorgaande analyse blijkt dat de impact op de netbelasting mede afhankelijk is van de opwekker voor verwarming en tapwater. In figuur 47 is een vergelijking uitgelicht tussen de maximale piekvraag voor IR-panels en een lucht/water warmtepomp bij dezelfde referentiesituatie.



Figuur 47: IR-panels en elektrische opwekker voor tapwater (links) en lucht/water warmtepomp voor verwarming en tapwater (rechts)

Uit de jaargrafieken blijkt dat de piek op dagniveau het maximaal opgetreden verbruik per dag (paars) bij IR-panels op circa 4 kWh tot maximaal 6 kWh ligt en bij lucht/water warmtepomp op 1 tot maximaal 2 kWh. Voor het minimaliseren van de netbelasting is het wenselijk om de maximale piek op gebouw en in de toekomst op wijk/gebiedsniveau te beperken. Uit deze vergelijking wordt duidelijk dat IR-panels een aanzienlijke hogere netbelasting opleveren. Het effect van pieken vanuit huishoudelijk verbruik is afgevlakt tot een maximaal verbruik per dag over het hele jaar gelijk gehouden. Als gevolg van tapwater bereiding door middel van een elektrische boiler ligt de piek in de linker situatie hoger dan rechts waarbij een warmtepomp in warmtapwater bereiding voorziet.

Conclusie

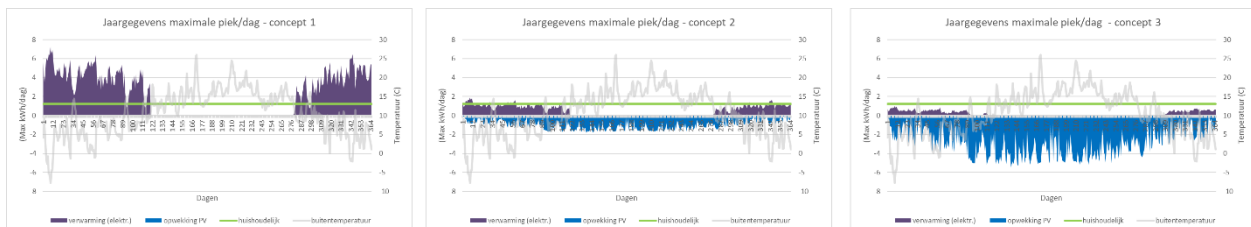
De thermische schil en efficiënte van de opwekker voor verwarming en warmtapwater bepalen in hoge mate de elektriciteitsbehoefte vanuit het openbare elektriciteitsnet en geeft daarmee ook een indicatie over de robuustheid van het maatregelenpakket. Het kiezen voor een alternatief voor aardgas (elektrische verwarming, warmtepomp of een laag temperatuur warmtenet) in combinatie met onvoldoende maatregelen ten aanzien van vraagbeperking leidt tot hoge pieken in de elektriciteitsvraag vanuit het openbare elektriciteitsnet met hogere energiekosten en CO₂-uitstoot tot gevolg.

7.3 Pieken verbruik / opbrengst elektra

Uit de voorgaande paragrafen blijkt dat zowel op jaar-als dagniveau een ongelijktijdigheid zichtbaar is tussen opbrengst en verbruik van elektriciteit. Dit onderzoek richt zich op woningniveau. Op wijkniveau zullen de gevolgen voor de belasting op het elektriciteitsnet relatief hoog zijn bij woningen met een hoge elektriciteitsvraag of levering bij de toepassing van veel PV-panelen zoals bij NOM-woningen. Dit leidt tot een benodigde verzwaring van het elektriciteitsnet waardoor er meer transformatoren, midden- en laagspanningskabels nodig zijn. Ter illustratie: een woonwijk met NOM-woningen belast het elektriciteitsnetwerk circa 5-6 keer meer dan een traditionele woonwijk met een gasaansluiting. Om dit op te vangen zijn gemiddeld vier keer zoveel middenspanningsruimtes nodig, twee keer zoveel middenspanningskabels en 1,5 keer zoveel laagspanningskabels. (bron: Liander)

Piekmomenten

De pieken in elektrivraag zijn te splitsen in huishoudelijk gebruik (groene lijn) en verwarming (paarse lijn) en opwekking (blauwe lijn). In de berekening is uitgegaan van uurlijkse verbruik, geen piekmoment bij het kortdurend aan/uitschakelen van apparaten (waterkoker, wasmachine etc.).

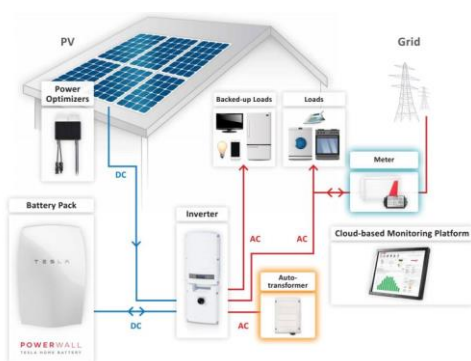


Om de pieken in vraag en aanbod van elektriciteit beter op elkaar af te stemmen en de netbelasting te verminderen zijn er op woningniveau twee maatregelen onderzocht:

1. opslag van elektra door middel van thuisbatterij
2. slimme regeling waardoor vraag/aanbod beter op elkaar worden afgestemd

Maatregel 1. Opslag van elektra (thuisbatterij)

Een thuisbatterij slaat de elektriciteit op die overdag door zonnepanelen is opgewekt. Deze elektriciteit is dan later, als er geen opwekking en toch een elektriciteitsvraag is, thuis beschikbaar. Mocht de stroom uitvallen, dan kan men met een thuisbatterij voor een bepaalde periode het gehele huis of bepaalde toestellen van stroom voorzien. In de hierna volgende analyse is geen rekening gehouden met omzettingsverliezen in de accu (laden/ontladen).



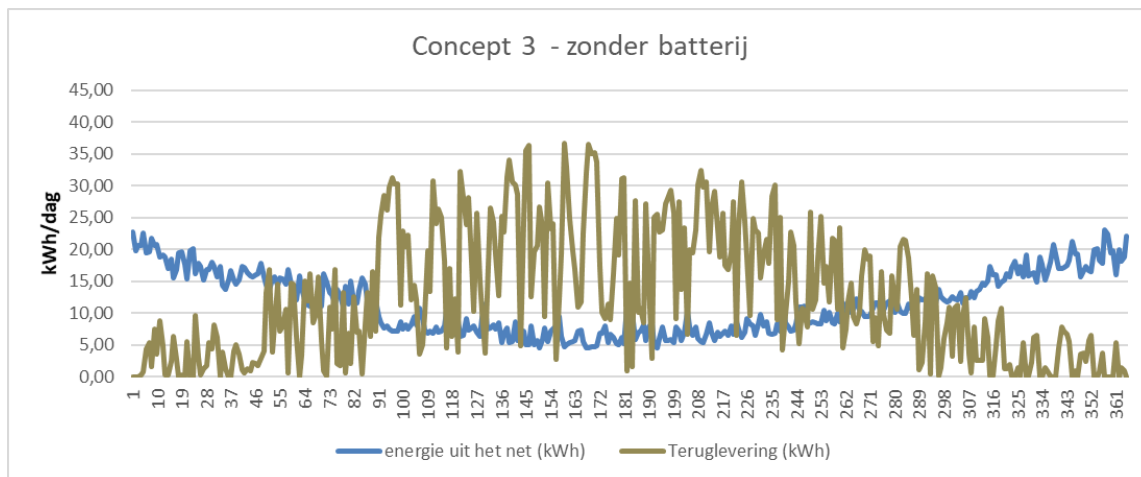
Figuur 48: Principe van een thuisbatterij (bron: Tesla)

Situatie zonder batterij

In eerste instantie is zowel op jaar- als dagniveau gekeken naar een situatie zonder thuisbatterij.

Jaarniveau

In grafiek 49 is het elektraverbruik en de teruglevering weergegeven van een all-electric NOM-woning met 24 PV-panelen. Het weergegeven verbruik en teruglevering van elektra is gekoppeld aan het bewonersprofiel 'tweeverdieners'.



Figuur 49: Elektraverbruik en teruglevering aan het net over een jaar NOM-woning

Energie uit het net

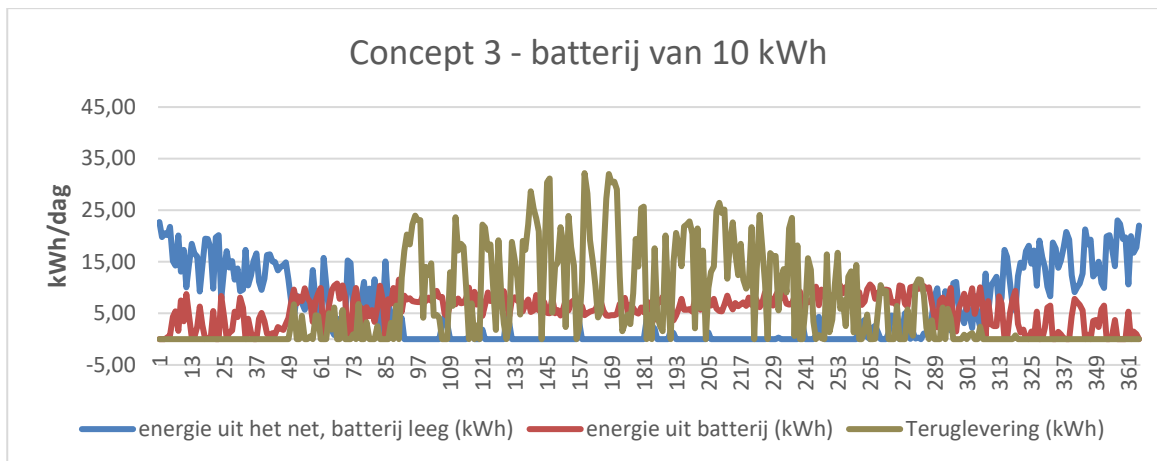
Met de blauwe curve is het elektraverbruik dat door het elektriciteitsnet wordt geleverd over een jaar weergegeven. Het verbruik in de winter is hoger dan in de zomer als gevolg van het energiegebruik voor ruimteverwarming.

Teruglevering

Met de bruine curve is de teruglevering van elektriciteit aan het elektriciteitsnet weergegeven. Hieruit blijkt dat in de zomerperiode met name veel pieken ontstaan door opwekking van elektra met een belasting op het elektriciteitsnet als gevolg.

Situatie met batterij

In tweede instantie is van dezelfde woning de vraag vanuit het elektriciteitsnet en de teruglevering naar het net berekend op het moment dat de woning van een batterij van (levering van 10 kWh) wordt voorzien, zie figuur 50. Daarnaast is de hoeveelheid energie die in de batterij wordt opgeslagen weergegeven.



Figuur 50: Elektraconsumptie, teruglevering aan het net en bijdrage thuisaccu over een jaar NOM-woning

Energie uit de batterij

Met de rode curve in figuur 50 is de hoeveelheid elektriciteit die in de batterij wordt opgeslagen weergegeven, de batterij heeft een opslagcapaciteit van 10 kWh. Voor de berekening zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De elektriciteitsopwekking wordt in eerste instantie ingezet voor het gebruik in de woning. Als de elektriciteitsproductie hoger is dan wordt de elektriciteit in de batterij opgeslagen totdat die vol zit, pas daarna wordt er teruggeleverd;
- Als er geen elektriciteitsproductie is dan wordt eerst de batterij gebruikt om te voorzien in de energievraag in de woning en als de elektriciteitsproductie van de batterij leeg is wordt het net aangesproken;
- Er is voorsnog gerekend met een rendement van 100% voor de batterij, met omzettingsverliezen is geen rekening gehouden.

Om een indicatie te geven van het effect van een thuisbatterij op een NOM-woning zijn twee varianten berekend: met en zonder thuisaccu (opslagcapaciteit 10 kWh). De resultaten daarvan zijn in tabel 7 opgenomen.

Tabel 7: effect met en zonder thuisbatterij

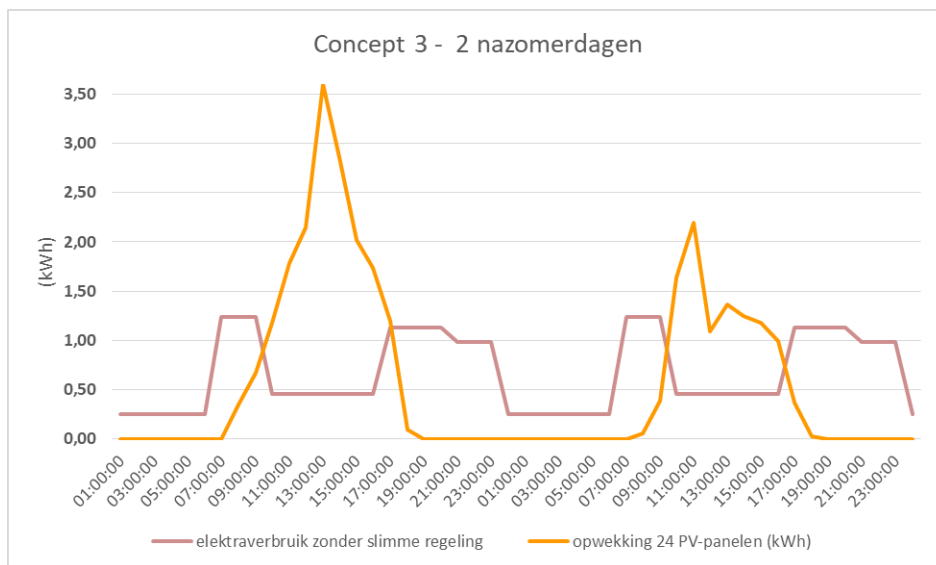
	Zonder batterij	Met batterij (10 kWh)
PV	24 panelen	24 panelen
opwekking	6.846 kWh	6.846 kWh
Verbruik van de woning	6.519 kWh	6.519 kWh
netto jaarbalans	326 kWh	326 kWh
uit het net geleverd	4.190 kWh	2.072 kWh
uit de batterij geleverd	0 kWh	2.118 kWh
direct van PV geleverd	2.329 kWh	2.329 kWh
teruglevering	4.517 kWh	2.399 kWh

De batterij zorgt er in het voorbeeld dus voor dat er 4.190 – 2.072 kWh: circa 2.100 kWh minder elektriciteit vanuit het net geleverd hoeft te worden.

Zomerdag

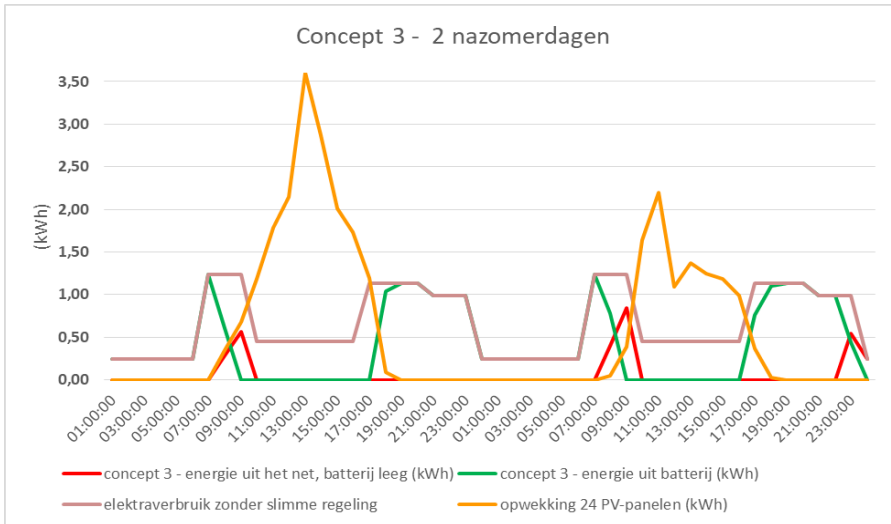
De capaciteit van een thuisaccu is vooralsnog alleen geschikt voor het dag/nachtcyclus. De capaciteit is te beperkt om ook seizoenseffecten op te kunnen vangen. Om dit effect te illustreren zijn in de volgende drie grafieken de bijdrage van een thuisaccu weergegeven. Het betreft een weergave van 48 uur op twee nazomerdagen.

In figuur 51 is de elektravraag met een piek in de ochtendperiode en de avondperiode gesimuleerd, overeenkomstig het verbruik van tweeverdieners. Tevens is er een piek qua zoninstraling (gele curve) op het midden van de dag.



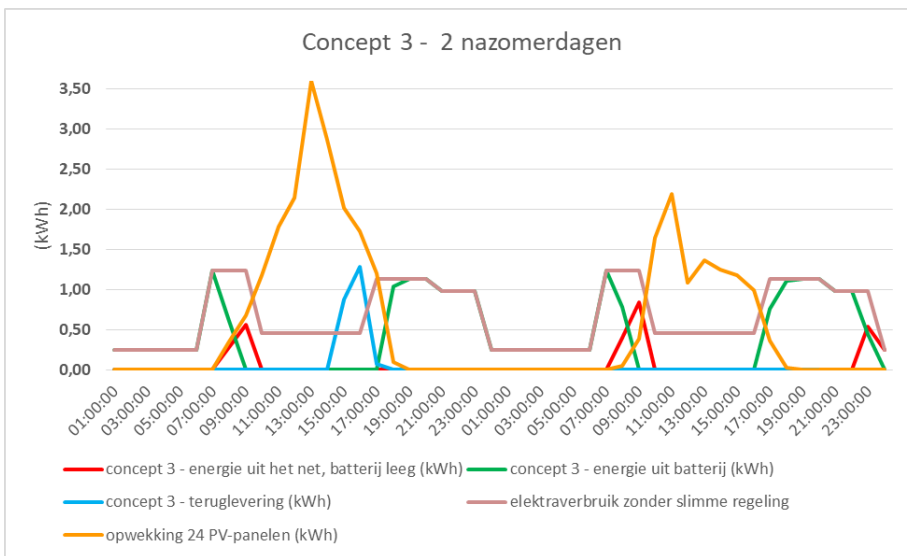
Figuur 51: Elektravraag en levering elektra (nazomerdagen, NOM-woning)

In aanvulling op figuur 51 zijn in figuur 52 tevens de bijdrage van energie uit de batterij en de levering uit het elektriciteitsnet weergegeven. In dit voorbeeld is de batterij een dag ervoor volledig opgeladen, waardoor de batterij in een deel van de piekvraag van de ochtend kan voorzien (groene curve). Het elektranet wordt aangesproken om het resterende deel van de piekvraag in elektriciteit te voorzien. Overdag is de elektravraag lager en kunnen de PV-panelen de woning direct voorzien van elektriciteit. Tegelijkertijd wordt er op een zomerdag zoveel elektriciteit geleverd dat de batterij gedurende de middag wordt opgeladen. Deze energie uit de batterij is in de avondperiode weer te gebruiken om te voorzien in de elektravraag.



Figuur 52: Elektravraag, levering elektra, energie uit batterij/levering uit net (nazomerdagen, NOM-woning)

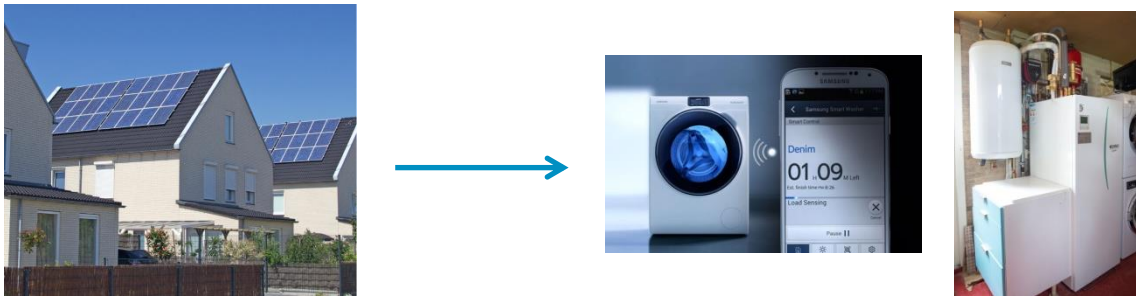
In aanvulling op figuur 52 is in figuur 53 tevens de teruglevering weergegeven. Afhankelijk van de mate van zoninstraling kan de thuisaccu volledig opgeladen zijn, in dit voorbeeld is dat punt om 14.00 uur bereikt. In dat geval vindt er teruglevering aan het net plaats, dit is met de blauwe lijn aangegeven.



Figuur 53: Elektravraag, levering elektra, energie uit batterij/levering uit net, teruglevering (nazomerdagen NOM-woning)

Maatregel 2. Vraag / aanbod op elkaar afstemmen

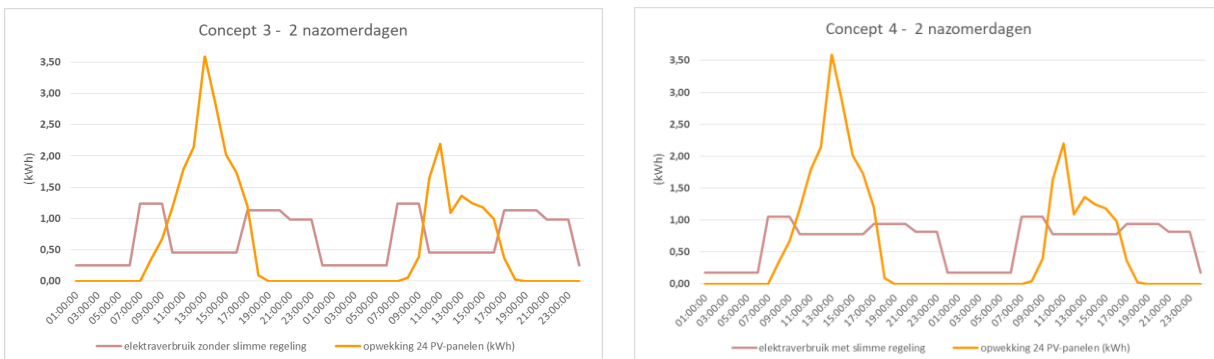
Door in de woning een slimme regeling te plaatsen kunnen apparaten die doorgaans 's ochtend of 's avonds elektriciteit vergen worden ingeschakeld op het moment dat er een elektriciteitsproductie is. Bijvoorbeeld door overdag opgewekte elektriciteit te gebruiken om water in de boiler te verwarmen en dit opgeslagen warme water 's avonds te gebruiken om mee te douchen. Ditzelfde geldt voor het aanbod gestuurd inschakelen van een wasmachine of vaatwasser gedurende zonaanbod op de dag. Ze hoeven daar niets voor te doen: het slimme systeem regelt automatisch dat het apparaat op het juiste moment energie opslaat of verbruikt.



Figuur 54: Slimme regeling van apparaten, verschuiving elektraverbruik

Zonder slimme regeling

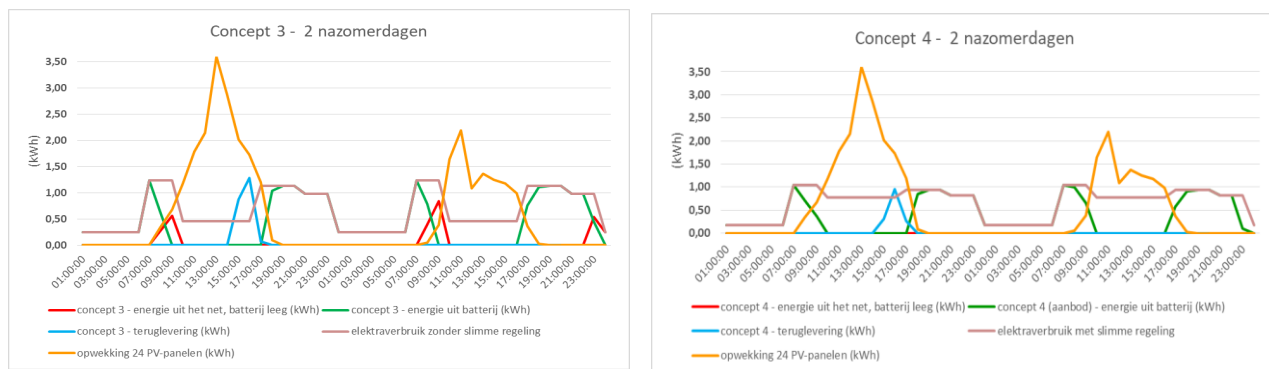
In figuur 55 is het elektraverbruik weergegeven zonder slimme regeling weergegeven (bruine curve), de curve zijn gelijk met het verbruik zoals in paragraaf 7.1 is weergegeven.



Figuur 55: Zoninstraling en elektraverbruik zonder slimme regeling (links) met regeling (rechts) (nazomerdagen, NOM-woning)

Met slimme regeling

Door slimme regeling (bruine curve) kan het elektriciteitsverbruik van de wasmachine, vaatwasser en het opwarmen van de boiler voor warmtapwater verplaatst worden richting de middagperiode. Hierdoor vlakken de pieken in de ochtend en avondperiode af en stijgt het verbruik tussen 10.00 uur en 16.00 uur, zie figuur 56.



Figuur 56: Zoninstraling en elektraverbruik zonder slimme regeling (links) met regeling (rechts) in combinatie met een batterij (nazomerdagen, NOM-woning)

Figuur 56 geeft antwoord op de vraag; wat gebeurt er bij het verschuiven van het energieverbruik naar de middag wanneer aanbod van zonne-energie aanwezig is. Hieruit blijkt dat er minder energie uit het net wordt geleverd (rode lijn verdwijnt), en ook minder wordt teruggeleverd (blauwe lijn wordt kleiner). Het effect van slimme regeling op jaarniveau bedraagt in dit voorbeeld circa 540 kWh op jaarbasis (ontlasting van het openbare elektriciteitsnet). Dat is onderbouwd in tabel 8.

Tabel 8: effect met en zonder slimme regeling

	Zonder slimme regeling	Met slimme regeling
PV	24 panelen	24 panelen
opwekking	6.846 kWh	6.846 kWh
Verbruik van de woning	6.519 kWh	6.519 kWh
netto jaarbalans	326 kWh	326 kWh
uit het net geleverd	4.190 kWh	3.650 kWh
uit de batterij geleverd	0 kWh	0 kWh
direct van PV geleverd	2.329 kWh	2.869 kWh
teruglevering	4.517 kWh	3.977 kWh

Conclusie

Van de twee maatregelen om de pieken te verminderen heeft de toepassing van een thuisaccu een substantieel groter effect dan het toepassen van slimme regeling. In de hiervoor berekende voorbeelden is het effect van de thuisaccu op het verminderen van het elektraverbruik uit het net circa 2.100 kWh (32%) op jaarbasis en het effect van slimme regeling circa 540 kWh (10%). Daar tegenover staat dat de investering voor een thuisaccu naar verwachting aanzienlijk hoger ligt dan de toepassing van slimme regeling. Het piekverbruik en daarmee de netbelasting kan met deze twee maatregelen aanzienlijk worden verminderd. Toch zijn dit geen oplossingen die de gehele piekbelasting kunnen oplossen. Hiervoor zal op grotere schaal energie opgeslagen moeten worden om het net echt te kunnen ontlasten.

Hoofdstuk 8 Conclusie en aanbevelingen

8.1 Conclusie

Nieman Raadgevende Ingenieurs en Milieu Centraal hebben in opdracht van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RvO) een verkennende studie verricht naar het ontwikkelen van een tool voor het aardgasvrij maken van bestaande woningen. De separate tool (in Excel) richt zich op het inzichtelijk maken van de consequenties voor bewoners als aardgas als energiebron verdwijnt voor verwarming, warmtapwater en koken.

Uit deze verkennende studie komen de volgende conclusies naar voren:

- Naast de aandacht voor warmteplannen op wijk- en gebiedsniveau dient er aandacht te zijn voor de consequenties voor de bewoner en de maatregelen in de woning. Een belangrijke factor voor een succesvolle energietransitie vormt de communicatie over de ingreep, kosten, comfort, esthetica in de woning.
- De impact op de woning en investeringskosten voor een aardgasvrije woning verschillen per energiedrager. Bij vrijwel alle alternatieven is de ingreep in de woning aanzienlijk, evenals de investeringskosten. Qua ruimtegebruik is de impact bij een warmtenet met afleverzet kleiner dan bij een all-electric concept. Bij toepassing van biogas is de impact voor de bewoner het minst groot.
- In de tool zijn vier denkrichtingen qua maatregelen uitgewerkt. De eerste variant met een aardgasvrij concept zonder energiebesparing. Deze minimale variant voorziet uitsluitend in het leveren van verwarming en warmtapwater met een minimale investering. Daarmee ontstaat geen integraal verantwoord concept qua comfort, energielasten en comfort. Sterker: het overstappen naar een aardgasvrij concept zonder aandacht voor vraagbeperking en comfort levert voor de bewoner ongewenste situaties op.
- Bij diverse concepten wijzigt het temperatuurniveau voor ruimteverwarming van hoog temperatuur naar laag temperatuur. In de bestaande bouw, met name de oudere woningen, is vraagbeperking noodzakelijk om met een lage temperatuur te kunnen verwarmen en om een comfortabele en energiezuinige woning te realiseren.
- In de tool wordt aangegeven welke maatregelen getroffen moeten worden om te komen tot energieneutraliteit. Bij een aantal maatregelen ontstaat een lock-in situatie, bijvoorbeeld het aanbrengen van natuurlijke toevoer en mechanische afvoer staat de stap in de weg op termijn naar gebalanceerde ventilatie over te gaan.
- De overgang naar all-electric concepten in combinatie met eigen opwekking levert als gevolg voor een ongelijktijdigheid in behoefte en gebruik een hogere belasting voor het elektriciteitsnet op, geadviseerd wordt om dit met een smartness indicator aan te geven. Om de pieken in elektraverbruik te verminderen kan een thuisaccu een substantiële bijdrage leveren. Dit kan, ondanks de benodigde verzwaring van het elektriciteitsnet bijdragen aan een stabielere netwerk en voor de bewoner gunstig zijn als de salderingsregels worden afgeschaft. Door slimme regeling kan de elektrapijk op het openbare net worden vermindert, al is de bijdrage minder dan een thuisaccu.
- Bij de maatregelenpakketten richting energieneutraal speelt het huishoudelijke energieverbruik verhoudingsgewijs een grote rol ten opzichte van het gebouwgebonden verbruik. In deze verkennende studie zijn vier bewonersprofielen gedefinieerd (alleenstaande, senioren, tweeverdieners

en gezin). Afhankelijk van het bewonersprofiel is het effect van het energieverbruik op het totaal en de piekvraag substantieel.

- Voor een wijk of woning waarbij het toekomstige alternatief voor aardgas niet bekend is wordt geadviseerd om no-regret maatregelen te treffen, zoals: vraagbeperking door isolatie van de schil, triple-glas, verbeteren van de luchtdichtheid, laag temperatuurafgiftesysteem en gebalanceerde ventilatie om in een later stadium aanpassing in de energiedrager door te voeren. Een zogenaamde lock-in situatie dient voorkomen te worden, een voorbeeld hiervan is het aanbrengen van een ventilatiesysteem zonder mechanische aanvoer, het energie technisch verbeteren hiervan op een later stadium vergt structurele ingrepen in de woning.

8.2 Aanbevelingen

Uit deze verkennende studie komen de volgende aanbevelingen naar voren:

- De impact voor de bewoner vormt een essentieel onderdeel in de energietransitie. Bij de verdere uitwerking van plannen wordt aanbevolen om de consequenties van een aardgasvrije woning voor de bewoner 'achter de voordeur' centraal te stellen.
- In deze verkennende studie is een format opgenomen van aandachtspunten voor de bewoner, zoals ingreep in de woning, onderhoud, maatregelen om te komen tot CO₂-neutraliteit, etc. Aanbevolen wordt om dit format te gebruiken bij de communicatie met bewoners.
- Geadviseerd wordt om de concepten te optimaliseren waar mogelijk door de opslag van energie en slimme sturing om piekverbruik zoveel mogelijke te beperken.
- De consequenties van aardgasvrij kent verschillende aspecten. Houd de doelgroep scherp voor ogen: de ambtenaren, andere professionals en leden van bewonersgroepen die betrokken zijn bij een wijkaanpak voor wonen zonder aardgas.
- Houd het doel scherp voor ogen: de kennis vergroten over wat diverse maatregelen betekenen voor wat er in een woning gebeurt en wat dit voor bewoners gaat veranderen.
- Overweeg eerst meerdere communicatiemiddelen voor dit doel (kennis over een aardgasvrije bestaande bouw) en de doelgroep (beleidsmaker, bewoner, corporatie), ga niet bij voorbaat uit van een interactieve tool. Overweeg bijvoorbeeld ook het geven van trainingen.
- Kijk bij een middelenkeuze eerst naar mogelijkheden om de in deze verkennende studie ontwikkelde inzichten aan te haken bij bestaande tools/initiatieven.
- Besef dat voor het doel en doelgroep een eventuele tool niet uitgewerkt hoeft te worden tot het niveau van een individuele woning. Het gaat immers om globalere inzichten. Een adviestool voor individuele woningen vereist naast het uitvragen van woningtype en bouwjaarklasse nog zo'n 10 tot 15 essentiële kenmerken (zie Energiebesparingsverkenner/VerbeterUwHuis). De complexiteit neemt dan enorm toe en de vraag is of de nagestreefde verbetering in inzicht in de bewonerssituatie wel navenant toeneemt.
- Plan een deskundigenbijeenkomst waarbij uitgangspunten van tools en do's and don'ts bij het aardgasvrij maken van woningen worden vastgesteld, voordat er diverse tools met verschillende uitgangspunten en rekenresultaten ontstaan.

Bijlage 1

Analyse bewoners/energiebesparende maatregelen

Consumenten ervaren verschillende drijfveren en belemmeringen om energiebesparende maatregelen te nemen. In deze bijlage wordt een aantal van deze drijfveren en belemmeringen geschetst. Hiermee zetten we de technische gevolgen van maatregelen die nodig zijn om zonder gas te wonen in het perspectief van de consumenten: wat weten consumenten van de consequenties, hoe worden de consequenties ervaren en gewaardeerd.

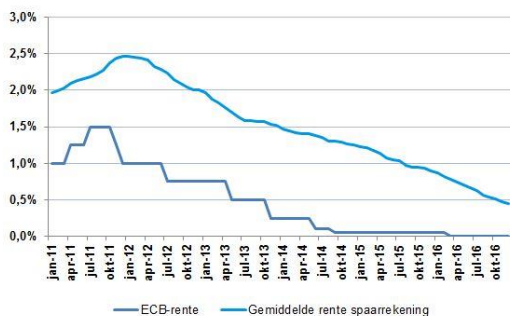
B1. Drijfveren

a. Geld besparen = korte terugverdientijd

De belangrijkste reden om energiebesparende maatregelen te nemen is het willen verlagen van de energierekening (RVO, 2016). Geld kan een rol spelen als motiverende factor bij maatregelen met een duidelijk financieel voordeel. Bewoners denken daarbij vooral in termen van terugverdientijd. Voor bewoners is het financiële voordeel duidelijk als de terugverdientijd maximaal 4 jaar is. Van 5 tot en met 9 jaar is het voordeel minder duidelijk, maar wel aanwezig. Bij 10 jaar of langer zien de meeste bewoners het niet meer als een aantrekkelijke investering.

b. Meer rendement dan sparen

De spaarrente is op dit moment erg laag. Investerings in energiebesparende maatregelen leveren een beter rendement op dan sparen. Daarnaast levert een investeringen in energiebesparende maatregelen een stijging op van de woningwaarde en verkoopbaarheid van de woning. Naar verwachting denken nog niet veel mensen op deze manier.



Verbetering van comfort

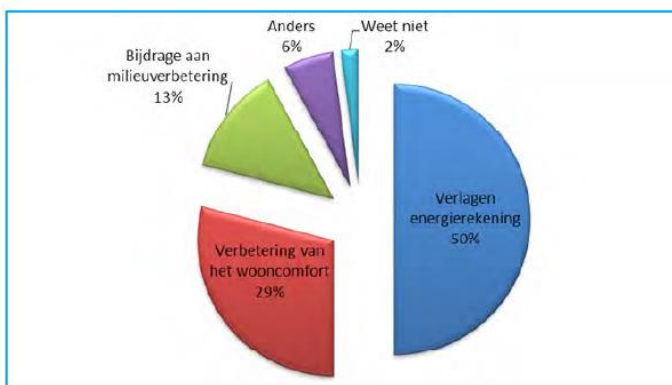
Investerings in woningisolatie zorgen niet alleen voor besparing maar ook voor meer comfort. Denk aan geen tocht of een betere verdeling van de warmte. Voor woningeigenaren van oude woningen kan dit de hoofdreden zijn om te gaan isoleren, maar voor de meeste mensen komt comfortverbetering op een tweede plek (BPD, 2015; Bouwend Nederland, 2016).

c. Goed voor het milieu of klimaat

Natuurlijk is ook de impact op het klimaat en milieu voor mensen een reden om minder energie te verbruiken. Het begrip 'energiebesparing' behelst voor velen ook iets goeds doen voor het milieu, de waarde activatie gericht op milieu gebeurt dus onbewust (Schwartz, de Bruin, Fischhoff & Lave, 2015). Dit is echter niet voor iedereen de primaire reden.

Ook zien we dat men ná het nemen van maatregelen het milieuvoordeel als belangrijker argument noemt dan vóór het nemen van de maatregelen. Als de kosten naar de achtergrond verdwenen zijn krijgen morele argumenten meer aandacht.

Figuur 4-3 Belangrijkste redenen om energiebesparende maatregelen te nemen



Bron: GfK (2016)

(Uit: RVO, Monitor Energiebesparing gebouwde omgeving 2015. Er is alleen naar deze 3 motieven gevraagd. Het geeft een indicatie van de onderlinge verhouding.)

d. Anderen doen het ook

Mensen passen hun (energie-)gedrag onbewust aan op andere mensen, oftewel aan de sociale norm (Allcott, 2011; Cialdini, Reno & Kallgren, 1990). Met name wanneer gedragingen zich in de publieke sfeer afspelen of zichtbaar zijn voor anderen, spelen sociale normen een rol. Het hebben van burens met zonnepanelen op het dak vergroot bijvoorbeeld de kans dat mensen zelf ook zonnepanelen willen aanschaffen (Kien, 2014).

e. Innovatief willen zijn

Technologie is een belangrijk deel van ons dagelijks leven. We kunnen steeds meer met bijvoorbeeld onze telefoons en de innovatie gaat snel. Mogelijk is 'gave techniek' voor een (kleine) groep mensen een secundaire reden om te investeren in maatregelen zoals een warmtepomp, zonnepanelen of energieverbruiksmanagers. Dit motief sluit aan bij postmoderne hedonisten: onafhankelijk willen zijn, nieuwe ervaringen op doen (Motivaction Mentality).

B2. Belemmeringen energietransitie

a. Gevoel van urgentie ontbreekt

Het besparen van energie is volgens veel mensen wel belangrijk, maar niet urgent. Ze ervaren de effecten hiervan op het klimaat niet direct, want het is simpelweg niet met het blote oog waar te nemen. Ook zijn er zaken die voor consumenten meer prioriteit hebben, zowel op individueel als op maatschappelijk niveau. Zo vindt de meerderheid van de Nederlanders dat andere thema's, zoals de zorg, hoger op de politieke agenda moeten staan dan energiebesparing. Slechts één op de vijf mensen zet energiebesparing wel in de top 5 van prioriteiten voor Nederland en vier op de tien mensen vinden dat ze nu snel iets moeten doen aan energiebesparing (Motivaction, 2016; Kantar Public, 2017).

b. Investing

Het is veel geld

Een alternatief voor een CV-ketel, zoals een warmtepomp of een aansluiting op het warmtenet, vergt al dan niet in combinatie met de aanpak van de thermische schil voor een bewoner een forse investering. De investering kan variëren van enige duizenden euro's tot enige tienduizenden euro's. Dergelijke uitgaven zijn de meeste mensen niet gewend. Zeker niet bij het vervangen van een verwarmingsinstallatie, een HR-ketel kost rond de €1.500,- terwijl een volledige warmtepomp rond de €10.000,- kan kosten. Dergelijke investeringen roept bij bewoners op z'n minst voorzichtigheid op.

Gebrek aan spaargeld om te kunnen investeren

Een deel van de bewoners heeft onvoldoende spaargeld. Een ander deel heeft wel voldoende spaargeld maar wil dat achter de hand houden voor andere doeleinden.

Weerstand tegen lenen of niet kredietwaardig zijn

Velen vinden lenen geen optie. Ze hebben een aversie tegen lenen voor energiebesparing. Slechts 4% van de huishoudens die geïnvesteerd hebben in verduurzaming van de eigen woning heeft deze investering gefinancierd met een lening bij de bank (Bron: DNB, Household Survey).

De investering vinden ze financieel niet aantrekkelijk of te onzeker

Consumenten ervaren een terugverdientijd (TVT) langer dan 5 tot 9 jaar als lang en boven de 10 jaar als te lang. Redenen zijn onder andere: ik ga misschien verhuizen, ik ben al oud en heb de tijd niet meer om het terug te verdienen. Ze vinden andere manieren dan TVT om kosten en baten af te wegen moeilijk te begrijpen (rendement, netto contante waarde).

Veel bewoners hebben geen idee wat de kosten en besparingen zijn van energiemaatregelen. Kosten worden vaak overschat en besparingen onderschat (Kantar Public, 2017). Deze percepties werken belemmerend.



Figuur 57: Vraagbeperking door aanpak thermische schil

c. "Gedoe"

Opzien tegen uitzoekwerk en de keuzestress

Aanpassingen verschillen per woning (maatwerk). Maatregelen zijn daarom niet altijd even makkelijk of snel gedaan. Al het uitzoekwerk en geregel kan een drempel opwerpen en ervoor zorgen dat mensen afhaken.

Er zijn ook per maatregel veel verschillende producten. Bovendien is er vanwege gebrek aan ervaring (eenmalige beslissingen) de stress van het vinden van een goed bedrijf dat tegen een redelijke prijs het werk gaat doen. Ook de veelheid aan informatiebronnen kan ervoor zorgen dat mensen niet tot actie overgaan. Een grote hoeveelheid opties voor gedragsmaatregelen verlaagt de motivatie: wat moet je kiezen?



Figuur 58: Maatregelen aan woning spouwmuurisolatie

Opzien tegen de rommel van een verbouwing

De meeste energetische maatregelen die bewoners treffen zijn niet "plug and play", behalve PV-panelen.

Bewoners overzien vaak niet welke werkzaamheden nodig zijn en overschatten de rommel en het gedoe die ermee gepaard gaan (Kantar Public, 2017). Hierbij kan gedacht worden aan de volgende werkzaamheden:

- aanpassingen in meterkast (nieuwe groep)
- aanpassingen leidingwerk (herstel binnen: stucwerk)
- vervangen radiatoren/aanbrengen vloerverwarming
- eventueel graafwerk in de tuin of grondboring
- aanpak bouwkundige schil (isolatie, luchtdichtheid en glasvervanging)
- aanbrengen ventilatiesysteem/leidingen
- andere plaats warmtepomp/afleverset
- tijdsduur van verbouwing



d. Onzekerheid

Een gebrek aan vertrouwen kan bewoners belemmeren om energiebesparende maatregelen te treffen. Bewoners moeten een zekere mate van vertrouwen hebben in zowel de effectiviteit en de kwaliteit van de maatregelen (leveren zonnepanelen wel voldoende op?) als in de boodschappers (aannemers, voorlichters). Negatieve ervaringen blijven vaak lang in het geheugen hangen. Zo leeft nog steeds het idee dat spouwmuurisolatie kan leiden tot vochtproblemen, een fabel die ontstond nadat deze vorm van isolatie bij een aantal huizen in de jaren 70 verkeerd werd aangebracht. Nieuwe technieken zoals de warmtepomp of zonneboiler zijn nog relatief onbekend waardoor men twijfelt aan de kwaliteit. Zonneboilers zouden bekend staan als een onbetrouwbaar systeem vanwege oververhitting of lekkage (Bouwend Nederland, 2016; USP Marketing Consultancy, 2016). Van ledlampen wordt nog steeds gedacht dat ze 'koud' licht geven in vergelijking met de onzuinige gloeilamp, terwijl er tegenwoordig een keur aan ledlampen met warme lichttonen beschikbaar is. Het is van belang dat dergelijke fabels ontkracht worden en dat mensen vooral positieve ervaringen op het gebied van energiebesparing opdoen.

Ook eenduidige boodschappen zijn belangrijk. Wanneer bewoners tegenstrijdige informatie ontvangen over effecten of bijvoorbeeld uiteenlopende offertes van bedrijven, kan dit hun vertrouwen makkelijk schaden. Bewoners geven aan de betrouwbaarheid, deskundigheid en ervaring van aannemers zelfs het meest doorslaggevend te vinden in hun keuze voor een bepaalde aannemer, meer nog dan de prijs (Flowresulting, 2013).

Daarnaast wordt de onzekerheid ook vergroot door onzekerheid over de energietarieven in te toekomst, de verwachting dat de energiebelasting met name op aardgas verder gaat stijgen en wisselende subsidieregelingen op energiebesparende maatregelen.



Figuur 59: NOM-woning met een lucht/water warmtepomp (bron: Stroomversnelling)

e. Gebrek aan kennis over hun huis

Bewoners hebben in veel gevallen te weinig kennis over hun huis. Men weet vaak niet welke isolatiemaatregelen al zijn gedaan. Zo weet bijvoorbeeld 22% van de eigenaren van oudere woningen niet of hun vloer is geïsoleerd (TNS NIPO, 2011). Niet iedereen kent de isolatiemaatregelen of begrijpt wat de maatregelen precies inhouden. Veel huiseigenaren geven aan HR⁺⁺-glas te hebben, maar blijken het te verwarren met conventioneel dubbel glas (Kantar Public, 2017).

Bijlage 2






Maatregelenpakketten/energieverbruik



Maatregelenpakket
Woningtype: vrijstaande woning < 1964
Variant: all-electric
Berekeningen/beoordelingen

Projectgegevens	
project	Verkenning tool aardgasloze woningen
projectnummer	20171691
opdrachtgever	RvO Utrecht
datum	22-3-2018

Uitgangspunten	
Oriëntatie	voorgevel: noord
Woningtype	vrijstaande woning < 1965
Gebruiksoppervlak	169,5 m ²

Energiedrager					
Energetische kenmerken	Gasconcept ongesoleerde schil HR-107 combiketel Natuurlijke toe- en afvoer	All-electric geen maatregelen thermische schil behoud dubbel glas IR-panels (laagste investering)	All-electric verbetering van thermische schil, bij voorkeur hogere Rc vervangen van dubbel/enkel glas door HR++ lucht/water warmtepomp: robuust concept toevoeging PV-panelen	All-electric verdere optimalisatie thermische schil + luchtdichtheid aanbrengen triple-glas toevoeging PV-panelen slimme regeling vraag/aanbod elektra	All-electric verdere vraagbeperking toevoeging PV-panelen + afvlakken pieken elektra opbrengst slimme regeling vraag/aanbod elektra

0. Referentie **1. Aardgasvrij zonder energiebesparing** **2. Aardgasvrij met goede isolatie** **3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)** **4. Energieneutraal met verminderen piekvraag**

Bouwkundig	0. Referentie	1. Aardgasvrij zonder energiebesparing	2. Aardgasvrij met goede isolatie	3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)	4. Energieneutraal met verminderen piekvraag
begane grondvloer	R _e = 0,32 m ² K/W - ongesoleerde vloer	R _e = 0,32 m ² K/W - ongesoleerde vloer	R _e = 3,50 m ² K/W - geïsoleerde vloer	R _e = 5,00 m ² K/W - geïsoleerde vloer	R _e = 5,00 m ² K/W - geïsoleerde vloer
gevel	R _e = 0,36 m ² K/W - ongesoleerde spouwmuur	R _e = 0,36 m ² K/W - ongesoleerde spouwmuur	R _e = 1,30 m ² K/W - spoumuurisolatie	R _e = 4,50 m ² K/W - buitengevelisolatie	R _e = 4,50 m ² K/W - buitengevelisolatie
hellend dakconstructie	R _e = 0,39 m ² K/W - ongesoleerd dak	R _e = 0,39 m ² K/W - ongesoleerd dak	R _e = 3,50 m ² K/W - geïsoleerd dak	R _e = 6,00 m ² K/W - geïsoleerd dak	R _e = 6,00 m ² K/W - geïsoleerd dak
plat dakconstructie	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
beglazing	dubbel glas	dubbel glas	HR ⁺⁺ -glas - 1,1 W/m ² K	triple-glas - 0,6 W/m ² K	triple-glas - 0,6 W/m ² K
kozijn	houten kozijnen	houten kozijnen	thermisch onderbroken / geïsoleerd kozijnen	thermisch onderbroken / geïsoleerd kozijnen	thermisch onderbroken / geïsoleerd kozijnen
glasopeningen (incl. kozijn)	U _g ≤ 2,90 W/m ² K (dubbel glas)	U _g ≤ 2,90 W/m ² K (dubbel glas)	U _g ≤ 1,40 W/m ² K (HR ⁺⁺ -glas)	U _g ≤ 1,00 W/m ² K (triple-glas)	U _g ≤ 1,00 W/m ² K (triple-glas)
buitendeuren	U _d ≤ 3,40 W/m ² K - ongesoleerde deur	U _d ≤ 3,40 W/m ² K - ongesoleerde deur	U _d ≤ 2,20 W/m ² K - deur met HR ⁺⁺ -glas	U _d ≤ 2,20 W/m ² K - deur met HR ⁺⁺ -glas	U _d ≤ 2,20 W/m ² K - deur met HR ⁺⁺ -glas
buitenzonwering	geen zonwering	geen zonwering	geen zonwering	geen zonwering	geen zonwering
thermische capaciteit	traditioneel, gemengd zwaar	traditioneel, gemengd zwaar	traditioneel, gemengd zwaar	traditioneel, gemengd zwaar	traditioneel, gemengd zwaar
infiltratie	aanname (q _{v,10,3ar} = 1,40 dm ³ /s·m ²)	aanname (q _{v,10,3ar} = 1,40 dm ³ /s·m ²)	o.b.v. gebouwkenmerken (q _{v,10,3ar} = 1,00 dm ³ /s·m ²)	o.b.v. gebouwkenmerken (q _{v,10,3ar} = 0,60 dm ³ /s·m ²)	o.b.v. gebouwkenmerken (q _{v,10,3ar} = 0,60 dm ³ /s·m ²)

Installatietechnisch	0. Referentie	1. Aardgasvrij zonder energiebesparing	2. Aardgasvrij met goede isolatie	3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)	4. Energieneutraal met verminderen piekvraag
verwarming - opwekking	HR-107 combiketel	Elektrische weerstandsverwarming (COP: 1)	lucht/water warmtepomp (COP: 3,5)	lucht/water warmtepomp (COP: 3,5)	lucht/water warmtepomp (COP: 3,5)
verwarming - afgifte	HT-radiatoren	IR-panels	LT-radiatoren/convectoren	LT-radiatoren/convectoren	LT-radiatoren/convectoren
warmtapwater - opwekking	HR-107 combiketel	Elektrische boiler (COP: 1)	lucht/water warmtepomp (COP: 1,4)	lucht/water warmtepomp (COP: 1,4)	lucht/water warmtepomp (COP: 1,4)
leidinglengten	werkelijk	werkelijk	werkelijk	werkelijk	werkelijk
koeling	n.v.t.	optioneel	optioneel	optioneel	optioneel
ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer en natuurlijke afvoer	natuurlijke toevoer en natuurlijke afvoer	natuurlijke toevoer en mechanische afvoer	mechanische toevoer en mechanische afvoer met WTW	mechanische toevoer en mechanische afvoer met WTW
vraagsturing	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	CO2-sturing op afvoer	CO2-sturing op afvoer
type zonnepanelen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
pv-panelen	n.v.t.	n.v.t.	8 PV-panelen - 300 Wp/paneel - west	24 PV-panelen - 300 Wp/paneel - oost/west	24 PV-panelen - 300 Wp/paneel - oost/west

Rekenresultaten

Elektriciteitsgebruik / Benodigde elektriciteitsopwekking	0. Referentie	1. Aardgasvrij zonder energiebesparing	2. Aardgasvrij met goede isolatie	3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)	4. Energieneutraal met verminderen piekvraag
verwarming, tapwater en koken hulpenergie en huishoudelijk	3544 m ³ a.e. 1747 kWh e	32649 kWh e 1747 kWh e	5984 kWh e 1817 kWh e 1840 kWh e	2571 kWh e 2080 kWh e 5520 kWh e	zonder slimme regeling 64% uit net, met regeling 31 % uit net zonder slimme regeling 70% teruglevering, met regeling 36% teruglevering 2571 kWh e 2080 kWh e 5520 kWh e
Totaal opwekking	140747 MJ primair	316994 MJ primair	71894 MJ primair	42864 MJ primair	13288 MJ primair
Totaal CO2-emissie excl. opwekking	7286 kg CO2-emissie	19262 kg CO2-emissie	4369 kg CO2-emissie	2605 kg CO2-emissie	807 kg CO2-emissie
Totaal energiekosten incl. opwekking	€ 2582,-/jaar	€ 6879,-/jaar	€ 1192,-/jaar	€ 70,-/jaar	€ 157,-/ B.P. jaar
verwarming, tapwater en koken hulpenergie en huishoudelijk	4179 m ³ a.e. 4092 kWh e	39459 kWh e 4092 kWh e	7869 kWh e 4162 kWh e 1840 kWh e	3876 kWh e 4425 kWh e 8280 kWh e	3876 kWh e 4425 kWh e 5520 kWh e
Totaal opwekking	184699 MJ primair	401366 MJ primair	110878 MJ primair	76502 MJ primair	23716 MJ primair
Totaal CO2-emissie	9730 kg CO2-emissie	24389 kg CO2-emissie	6737 kg CO2-emissie	4649 kg CO2-emissie	1441 kg CO2-emissie
Totaal energiekosten	€ 3451,-/jaar	€ 8710,-/jaar	€ 2038,-/jaar	€ 4,-/jaar	€ 398,-/ B.P. jaar
verwarming, tapwater en koken hulpenergie en huishoudelijk	4433 m ³ a.e. 4891 kWh e	41476 kWh e 4891 kWh e	8466 kWh e 4961 kWh e 1840 kWh e	4277 kWh e 5224 kWh e 5520 kWh e	4277 kWh e 5224 kWh e 5520 kWh e
Totaal opwekking	200995 MJ primair	427320 MJ primair	123743 MJ primair	87561 MJ primair	27144 MJ primair
Totaal CO2-emissie	10630 kg CO2-emissie	25966 kg CO2-emissie	7519 kg CO2-emissie	5321 kg CO2-emissie	1649 kg CO2-emissie
Totaal energiekosten	€ 3771,-/jaar	€ 9273,-/jaar	€ 2317,-/jaar	€ 796,-/jaar	€ 477,-/ B.P. jaar
verwarming, tapwater en koken hulpenergie en huishoudelijk	4763 m ³ a.e. 2342 kWh e	44782 kWh e 2342 kWh e	8344 kWh e 2773 kWh e 1840 kWh e	3740 kWh e 3609 kWh e 5520 kWh e	3740 kWh e 3609 kWh e 5520 kWh e
Totaal opwekking	189109 MJ primair	434296 MJ primair	102450 MJ primair	67725 MJ primair	20995 MJ primair
Totaal CO2-emissie	9790 kg CO2-emissie	6225 kg CO2-emissie	6225 kg CO2-emissie	4115 kg CO2-emissie	1276 kg CO2-emissie
Totaal energiekosten	€ 3469,-/jaar	€ 9425,-/jaar	€ 1855,-/jaar	€ 366,-/jaar	€ 335,-/ B.P. jaar

opmerkingen
primaire energiefactoren elektra : 2,56 | Gas : 1,0 | warmtelevering: 1,0
CO2-emissie factoren elektra : 0,56 kg/kWh | Gas : 1,78 kg/m³ | Warmtelevering 87,7 kg/GJ | Biogas 0,0 kg/m³
energiekosten: elektra : 0,20 €/kWh | Gas : 0,63 €/m³ | Warmtelevering 22,69 €/GJ | Biogas 0,63 €/m³
energieopbrengst: PV-panelen op basis van huidige salderingsregels + terugleververgoeding 0,08 €/kWh
om het effect van opslag financieel inzichtelijk te maken is bij concept 4 gerekend met een besparingspotentieel bij vervallen van de salderingsregels. Hierbij is gerekend met elektriciteit uit het net geleverd € 0,20 en terugleververgoeding € 0,08



Maatregelenpakket
Woningtype: vrijstaande woning < 1964
Variante: biogas
 Berekeningen/beoordelingen

Projectgegevens	
project	Verkenning tool aardgasloze woningen
projectnummer	20171691
opdrachtgever	RvO Utrecht
datum	22 maart 2018

Uitgangspunten	
Oriëntatie	voorgevel: noord
Woningtype	vrijstaande woning < 1964
Gebruiksoppervlak	169,5 m²

Energiedrager					
Gasconcept	Biogas	Biogas	Biogas	Biogas	Biogas

Energetische kenmerken	Matig/geen geïsoleerde schil HR-107 combiketel Natuurlijke toe- en afvoer	verbetering van thermische schil HR-107 combiketel Natuurlijke toe- en afvoer	verbetering van thermische schil, bij voorkeur hogere Rc vervangen van dubbel/enkel glas door HR++ toevoeging PV-panelen	verdere optimalisatie thermische schil + luchtdichtheid lage temperatuur radiatoren toevoeging PV-panelen slimme regeling vraag/aanbod elektra	verdere vraagbeperking toevoeging PV-panelen + afvlakken pieken elektra opbrengst slimme regeling vraag/aanbod elektra
-------------------------------	---	---	--	---	--

0. Referentie **1. Aardgasvrij zonder energiebesparing** **2. Aardgasvrij met goede isolatie** **3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)** **4. Energieneutraal met verminderen piekvraag**

Bouwkundig	0. Referentie	1. Aardgasvrij zonder energiebesparing	2. Aardgasvrij met goede isolatie	3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)	4. Energieneutraal met verminderen piekvraag
begane grondvloer	R _e = 0,32 m²K/W - ongeïsoleerde vloer	R _e = 0,32 m²K/W - ongeïsoleerde vloer	R _e = 3,50 m²K/W - geïsoleerde vloer	R _e = 5,00 m²K/W - geïsoleerde vloer	R _e = 5,00 m²K/W - geïsoleerde vloer
gevel	R _e = 0,36 m²K/W - ongeïsoleerde spouwmuur	R _e = 0,36 m²K/W - ongeïsoleerde spouwmuur	R _e = 1,30 m²K/W - spouwmuurisolatie	R _e = 4,50 m²K/W - buitengevelisolatie	R _e = 4,50 m²K/W - buitengevelisolatie
hellend dakconstructie	R _e = 0,39 m²K/W - ongeïsoleerd dak	R _e = 0,39 m²K/W - ongeïsoleerd dak	R _e = 3,50 m²K/W - geïsoleerd dak	R _e = 6,00 m²K/W - geïsoleerd dak	R _e = 6,00 m²K/W - geïsoleerd dak
plat dakconstructie	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
beglazing	dubbel glas	dubbel glas	HR++-glas	triple-glas	triple-glas
kozijn	houten kozijnen	houten kozijnen	HR++-glas	thermisch onderbroken / geïsoleerd kozijnen	thermisch onderbroken / geïsoleerd kozijnen
glasopeningen (incl. kozijn)	U _g ≤ 2,90 W/m²K (dubbel glas)	U _g ≤ 2,90 W/m²K (dubbel glas)	U _g ≤ 1,80 W/m²K (HR++-glas)	U _g ≤ 1,40 W/m²K (triple-glas)	U _g ≤ 1,40 W/m²K (triple-glas)
buitendeuren	U _d ≤ 3,40 W/m²K - ongeïsoleerde deur	U _d ≤ 3,40 W/m²K - ongeïsoleerde deur	U _d ≤ 2,20 W/m²K - deur met HR++-glas	U _d ≤ 2,20 W/m²K - deur met HR++-glas	U _d ≤ 2,20 W/m²K - deur met HR++-glas
buitenzonwering	geen zonwering	geen zonwering	geen zonwering	geen zonwering	geen zonwering
thermische capaciteit	traditioneel, gemengd zwaar	traditioneel, gemengd zwaar	traditioneel, gemengd zwaar	traditioneel, gemengd zwaar	traditioneel, gemengd zwaar
infiltratie	aanname (q _{v,10,bar} = 1,40 dm³/s·m²)	aanname (q _{v,10,bar} = 1,40 dm³/s·m²)	o.b.v. gebouwkenmerken (q _{v,10,bar} = 1,00 dm³/s·m²)	o.b.v. gebouwkenmerken (q _{v,10,bar} = 0,60 dm³/s·m²)	o.b.v. gebouwkenmerken (q _{v,10,bar} = 0,60 dm³/s·m²)

Installatietechnisch	0. Referentie	1. Aardgasvrij zonder energiebesparing	2. Aardgasvrij met goede isolatie	3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)	4. Energieneutraal met verminderen piekvraag
verwarming - opwekking	HR-107 combiketel	HR-107 combiketel	HR-107 combiketel	Hybride Lucht/water warmtepomp icm cv-ketel	Hybride Lucht/water warmtepomp icm cv-ketel
verwarming - afgifte	HT-radiatoren	HT-radiatoren	HT-radiatoren	LT-radiatoren/convectoren	LT-radiatoren/convectoren
warmtapwater - opwekking	HR-107 combiketel	HR-107 combiketel	HR-107 combiketel	HR-107 combiketel	HR-107 combiketel
leidinglengten	werkelijk	werkelijk	werkelijk	werkelijk	werkelijk
koeling	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	optioneel	optioneel
ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer en natuurlijke afvoer	natuurlijke toevoer en natuurlijke afvoer	natuurlijke toevoer en mechanische afvoer	mechanische toevoer en mechanische afvoer met WTW	mechanische toevoer en mechanische afvoer met WTW
vraagsturing	n.v.t.	n.v.t.	CO2-sturing op afvoer	CO2-sturing op afvoer	CO2-sturing op afvoer
type zonnepaneel	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
pv-panelen	n.v.t.	n.v.t.	8 PV-panelen - 300 Wp/paneel - west	24 PV-panelen - 300 Wp/paneel - oost/west	24 PV-panelen - 300 Wp/paneel - oost/west



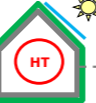





Elektriciteitsgebruik / Benodigde elektriciteitsopwekking	3544 m³ a.e. 1747 kWh e	3544 m³ a.e. 1747 kWh e	2135 m³ a.e. 1817 kWh e 1840 kWh e	1917 kWh e 2080 kWh e 5520 kWh e	195 m³ a.e. 1917 kWh e 2080 kWh e 5520 kWh e	zonder slimme regeling 64% uit net, met regeling 31 % uit net zonder slimme regeling 70% teruglevering, met regeling 36 % teruglevering 1917 kWh e 2080 kWh e 5520 kWh e
Totaal opwekking	140747 MJ primair	140747 MJ primair	91838 MJ primair	43695 MJ primair	13324 MJ primair	13324 MJ primair
Totaal CO2-emissie	7286 kg CO2-emissie	4522 kg CO2-emissie	3153 kg CO2-emissie	2433 kg CO2-emissie	889 kg CO2-emissie	889 kg CO2-emissie
Totaal energiekosten	€ 2582,-/jaar	€ 2582,-/jaar	€ 1343,-/jaar	€ 1,-/jaar	€ -114,-/jaar	€ -114,-/jaar
Elektriciteitsgebruik / Benodigde elektriciteitsopwekking	4179 m³ a.e. 4092 kWh e	4179 m³ a.e. 4092 kWh e	2367 m³ a.e. 4162 kWh e 1840 kWh e	2961 kWh e 4425 kWh e 5520 kWh e	246 m³ a.e. 2961 kWh e 4425 kWh e 5520 kWh e	246 m³ a.e. 2961 kWh e 4425 kWh e 5520 kWh e
Totaal opwekking	184696 MJ primair	184696 MJ primair	121609 MJ primair	76722 MJ primair	23505 MJ primair	23505 MJ primair
Totaal CO2-emissie	9730 kg CO2-emissie	6471 kg CO2-emissie	4698 kg CO2-emissie	4382 kg CO2-emissie	1528 kg CO2-emissie	1528 kg CO2-emissie
Totaal energiekosten	€ 3451,-/jaar	€ 3451,-/jaar	€ 1027,-/jaar	€ 528,-/jaar	€ -337,-/jaar	€ -337,-/jaar
Elektriciteitsgebruik / Benodigde elektriciteitsopwekking	4433 m³ a.e. 4891 kWh e	4433 m³ a.e. 4891 kWh e	2455 m³ a.e. 4961 kWh e 1840 kWh e	3282 kWh e 5224 kWh e 5520 kWh e	263 m³ a.e. 3282 kWh e 5224 kWh e 5520 kWh e	263 m³ a.e. 3282 kWh e 5224 kWh e 5520 kWh e
Totaal opwekking	200993 MJ primair	200993 MJ primair	132068 MJ primair	87642 MJ primair	26871 MJ primair	26871 MJ primair
Totaal CO2-emissie	10630 kg CO2-emissie	7172 kg CO2-emissie	5233 kg CO2-emissie	5026 kg CO2-emissie	1740 kg CO2-emissie	1740 kg CO2-emissie
Totaal energiekosten	€ 3771,-/jaar	€ 3771,-/jaar	€ 922,-/jaar	€ 763,-/jaar	€ -411,-/jaar	€ -411,-/jaar
Elektriciteitsgebruik / Benodigde elektriciteitsopwekking	4763 m³ a.e. 2342 kWh e	4763 m³ a.e. 2342 kWh e	2916 m³ a.e. 2412 kWh e 1840 kWh e	2852 kWh e 2675 kWh e 5520 kWh e	272 m³ a.e. 2852 kWh e 2675 kWh e 5520 kWh e	272 m³ a.e. 2852 kWh e 2675 kWh e 5520 kWh e
Totaal opwekking	189108 MJ primair	189108 MJ primair	124791 MJ primair	60504 MJ primair	18448 MJ primair	18448 MJ primair
Totaal CO2-emissie	9790 kg CO2-emissie	6075 kg CO2-emissie	4267 kg CO2-emissie	3367 kg CO2-emissie	1231 kg CO2-emissie	1231 kg CO2-emissie
Totaal energiekosten	€ 3469,-/jaar	€ 3469,-/jaar	€ 1723,-/jaar	€ 173,-/jaar	€ -215,-/jaar	€ -215,-/jaar

opmerkingen
 primaire energiefactoren elektra : 2,56 | Gas : 1,0 | warmtelevering: 1,0
 CO2-emissie factoren elektra : 0,56 kg/kWh | Gas : 1,78 kg/m³ | Warmtelevering 87,7 kg/GJ | Biogas 0,0 kg/m³
 energiekosten: elektra : 0,20 €/kWh | Gas : 0,63 €/m³ | Warmtelevering 22,69 €/GJ | Biogas 0,63 €/m³
 energieopbrengst: PV-panelen salderingsregels + terugleververgoeding 0,08 €/kWh



Maatregelenpakket
Woningtype: rijwoning 1965-1975
Variant: HT-warmtenet

Berekeningen/beoordelingen

Projectgegevens							
project	Verkenning tool aardgasloze woningen						
projectnummer	20171691						
opdrachtgever	RvO Utrecht						
datum	22-3-2018						
Uitgangspunten							
Oriëntatie	voorgevel: noord						
Woningtype	rijwoning 1965-1975						
Gebruiksoppervlak	125 m ²						
Energiedrager							
							
	Gasconcept	HT-warmtenet	HT-warmtenet	HT-warmtenet			
Energetische kenmerken							
	Matig geïsoleerde schil HR-107 combiketel Natuurlijke toe- en afvoer	geen maatregelen thermische schil HT-warmtenet Natuurlijke toe- en afvoer	maatregelen thermische schil HT-warmtenet Natuurlijke toe- en mechanische afvoer	verdere optimalisatie thermische schil toevoeging PV-panelen slimme regeling vraag/aanbod elektra			
	0. Referentie	1. Aardgasvrij zonder energiebesparing	2. Aardgasvrij met goede isolatie	3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)			
Bouwkundig							
begane grondvloer	R _c = 1,30 m ² K/W - geïsoleerde vloer	R _c = 1,30 m ² K/W - geïsoleerde vloer	R _c = 3,50 m ² K/W - geïsoleerde vloer	R _c = 5,00 m ² K/W - geïsoleerde vloer			
gevel	R _c = 1,30 m ² K/W - geïsoleerde spouwmuur	R _c = 1,30 m ² K/W - geïsoleerde spouwmuur	R _c = 1,30 m ² K/W - geïsoleerde spouwmuur	R _c = 4,50 m ² K/W - buitengevelisolatie			
hellend dakconstructie	R _c = 1,30 m ² K/W - geïsoleerd dak	R _c = 1,30 m ² K/W - geïsoleerd dak	R _c = 3,50 m ² K/W - geïsoleerd dak	R _c = 6,00 m ² K/W - geïsoleerd dak			
plat dakconstructie	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.			
beglazing	dubbel glas	dubbel glas	HR ⁺⁺ -glas	triple-glas			
kozijn	houten kozijnen	houten kozijnen	houten kozijnen	thermisch onderbroken / geïsoleerd kozijnen			
glasopeningen (incl. kozijn)	U _w ≤ 2,90 W/m ² K (dubbel glas)	U _w ≤ 2,90 W/m ² K (dubbel glas)	U _w ≤ 1,80 W/m ² K (HR ⁺⁺ -glas)	U _w ≤ 1,40 W/m ² K (triple-glas)			
buitendeuren	U _d ≤ 3,40 W/m ² K - ongeïsoleerde deur	U _d ≤ 3,40 W/m ² K - ongeïsoleerde deur	U _d ≤ 2,20 W/m ² K - deur met HR ⁺⁺ -glas	U _d ≤ 2,20 W/m ² K - deur met HR ⁺⁺ -glas			
buitenzonwering	geen zonwering	geen zonwering	geen zonwering	geen zonwering			
thermische capaciteit	traditioneel, gemengd zwaar	traditioneel, gemengd zwaar	traditioneel, gemengd zwaar	traditioneel, gemengd zwaar			
infiltratie	aanname (q _{v-10,car} = 1,00 dm ³ /s·m ²)	o.b.v. gebouwkenmerken (q _{v-10,car} = 1,00 dm ³ /s·m ²)	o.b.v. gebouwkenmerken (q _{v-10,car} = 0,80 dm ³ /s·m ²)	o.b.v. gebouwkenmerken (q _{v-10,car} = 0,40 dm ³ /s·m ²)			
Installatietechnisch							
verwarming - opwekking	HR-107 combiketel	HT-warmtenet H;gen 1,0 (afleverzet)	HT-warmtenet H;gen 1,0 (afleverzet)	HT-warmtenet H;gen 1,0 (afleverzet)			
verwarming - afgifte	HT-radiatoren	HT-radiatoren	HT-radiatoren	HT-radiatoren			
warmtapwater - opwekking	HR-107 combiketel	HT-warmtenet (afleverzet)	HT-warmtenet (afleverzet)	HT-warmtenet (afleverzet)			
leidinglengten	werkelijk	werkelijk	werkelijk	werkelijk			
koeling	n.v.t.	optioneel	n.v.t.	n.v.t.			
ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer en natuurlijke afvoer	natuurlijke toevoer en natuurlijke afvoer	natuurlijke toevoer en mechanische afvoer	mechanische toevoer en mechanische afvoer met WTW			
vraagsturing	n.v.t.	n.v.t.	CO2-sturing op afvoer	CO2-sturing op afvoer			
type zonneboiler	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.			
pv-panelen	n.v.t.	n.v.t.	8 PV-panelen - 300 Wp/paneel	24 PV-panelen - 300 Wp/paneel - zuid/noord			
Rekenresultaten							
Elektriciteitsgebruik / Benodigde elektriciteitsopwekking							
verwarming, tapwater en koken	1244 m ³ a.e.	175 kWh e	39,9 G.J.	175 kWh e	28,8 G.J.	175 kWh e	12,4 G.J.
hulpenergie en huishoudelijk	1550 kWh e	1550 kWh e		1620 kWh e		1883 kWh e	
Totaal opwekking		58039 MJ primair	55798 MJ primair	45343 MJ primair	31367 MJ primair	5520 kWh e	31367 MJ primair
Totaal CO2-emissie		3082 kg CO2-emissie	4465 kg CO2-emissie	5311 kg CO2-emissie	3531 kg CO2-emissie	2240 kg CO2-emissie	2240 kg CO2-emissie
Totaal energiekosten		€ 1094,-/jaar	€ 1250,-/jaar	€ 644,-/jaar	€ 644,-/jaar	€ 4,-/jaar	€ 4,-/jaar
Elektriciteitsgebruik / Benodigde elektriciteitsopwekking							
verwarming, tapwater en koken	1506 m ³ a.e.	175 kWh e	47,1 G.J.	175 kWh e	33,2 G.J.	175 kWh e	16,0 G.J.
hulpenergie en huishoudelijk	3797 kWh e	3797 kWh e		3867 kWh e		4130 kWh e	
Totaal opwekking		87962 MJ primair	83706 MJ primair	70451 MJ primair	5175 MJ primair	5520 kWh e	55675 MJ primair
Totaal CO2-emissie		4807 kg CO2-emissie	6355 kg CO2-emissie	5175 kg CO2-emissie	5175 kg CO2-emissie	3814 kg CO2-emissie	3814 kg CO2-emissie
Totaal energiekosten		€ 1708,-/jaar	€ 1863,-/jaar	€ 1194,-/jaar	€ 1194,-/jaar	€ 120,-/jaar	€ 120,-/jaar
Elektriciteitsgebruik / Benodigde elektriciteitsopwekking							
verwarming, tapwater en koken	1566 m ³ a.e.	175 kWh e	48,1 G.J.	175 kWh e	34,1 G.J.	17 kWh e	6,3 G.J.
hulpenergie en huishoudelijk	4566 kWh e	4566 kWh e		4636 kWh e		4899 kWh e	
Totaal opwekking		97160 MJ primair	91793 MJ primair	78438 MJ primair	5685 MJ primair	5520 kWh e	51604 MJ primair
Totaal CO2-emissie		5344 kg CO2-emissie	6873 kg CO2-emissie	5685 kg CO2-emissie	5685 kg CO2-emissie	3305 kg CO2-emissie	3305 kg CO2-emissie
Totaal energiekosten		€ 1900,-/jaar	€ 2040,-/jaar	€ 1368,-/jaar	€ 1368,-/jaar	€ 22,-/jaar	€ 22,-/jaar
Elektriciteitsgebruik / Benodigde elektriciteitsopwekking							
verwarming, tapwater en koken	1715 m ³ a.e.	175 kWh e	55,1 G.J.	175 kWh e	38,9 G.J.	175 kWh e	17,6 G.J.
hulpenergie en huishoudelijk	2073 kWh e	2073 kWh e		2143 kWh e		2406 kWh e	
Totaal opwekking		79425 MJ primair	75818 MJ primair	60263 MJ primair	4710 MJ primair	5520 kWh e	41386 MJ primair
Totaal CO2-emissie		4214 kg CO2-emissie	6091 kg CO2-emissie	4710 kg CO2-emissie	4710 kg CO2-emissie	2989 kg CO2-emissie	2989 kg CO2-emissie
Totaal energiekosten		€ 1495,-/jaar	€ 1700,-/jaar	€ 978,-/jaar	€ 978,-/jaar	€ 164,-/jaar	€ 164,-/jaar
opmerkingen							
primaire energiefactoren elektra : 2,56 Gas : 1,0 warmtelevering: 1,0 CO2-emissie factoren elektra : 0,56 kg/kWh Gas : 1,78 kg/m ³ Warmtelevering 87,7 kg/GJ Biogas 0,0 kg/m ³ energiekosten: elektra : 0,20 €/kWh Gas : 0,63 €/m ³ Warmtelevering 22,69 €/GJ Biogas 0,63 €/m ³ energieopbrengst: PV-panelen salderingsregels + terugleververgoeding 0,08 €/kWh							






Maatregelenpakket
Woningtype: rijwoning 1965-1975
Variante: LT-warmtenet

Berekeningen/beoordelingen

Projectgegevens	
project	Verkenning tool aardgasloze woningen
projectnummer	20171691
opdrachtgever	RvO Utrecht
datum	22-3-2018

Uitgangspunten	
Oriëntatie	voorgevel: noord
Woningtype	rijwoning 1965-1975
Gebruiksoppervlak	125 m ²

Energiedrager				
Energetische kenmerken	Gasconcept Matig geïsoleerde schil HR-107 combiketel Natuurlijke toe- en afvoer	LT-warmtenet maatregelen thermische schil LT-warmtenet Natuurlijke toe- en afvoer	LT-warmtenet LT-warmtenet Natuurlijke toe- en mechanische afvoer toevoeging PV-panelen	LT-warmtenet verdere optimalisatie thermische schil toevoeging PV-panelen slimme regeling vraag/aanbod elektra

0. Referentie	1. Aardgasvrij met isolerende maatregelen i.v.m. LT-systeem	2. Aardgasvrij met verdere energiebesparing	3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)
---------------	---	---	--

Bouwkundig	0. Referentie	1. Aardgasvrij met isolerende maatregelen i.v.m. LT-systeem	2. Aardgasvrij met verdere energiebesparing	3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)
begane grondvloer	$R_{g1} = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde vloer	$R_{g1} = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde vloer	$R_{g1} = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde vloer	$R_{g1} = 5,00 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde vloer
gevel	$R_{g2} = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde spouwmuur	$R_{g2} = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - buitengevelisolatie	$R_{g2} = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - buitengevelisolatie	$R_{g2} = 4,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - buitengevelisolatie
hellend dakconstructie	$R_{d1} = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerd dak	$R_{d1} = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerd dak	$R_{d1} = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerd dak	$R_{d1} = 6,00 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerd dak
plat dakconstructie	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
beglazing	dubbel glas	HR ⁺⁺ -glas	HR ⁺⁺ -glas	triple-glas
kozijn	houten kozijnen	houten kozijnen	houten kozijnen	thermisch onderbroken / geïsoleerd kozijnen
glasopeningen (incl. kozijn)	$U_w \leq 2,90 \text{ W/m}^2\text{K}$ (dubbel glas)	$U_w \leq 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ (HR ⁺⁺ -glas)	$U_w \leq 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ (HR ⁺⁺ -glas)	$U_w \leq 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ (triple-glas)
buitendeuren	$U_d \leq 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ - ongeïsoleerde deur	$U_d \leq 2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ - deur met HR ⁺⁺ -glas	$U_d \leq 2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ - deur met HR ⁺⁺ -glas	$U_d \leq 2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ - deur met HR ⁺⁺ -glas
buitenzonwering	geen zonwering	geen zonwering	geen zonwering	geen zonwering
thermische capaciteit	traditioneel, gemengd zwaar	traditioneel, gemengd zwaar	traditioneel, gemengd zwaar	traditioneel, gemengd zwaar
infiltratie	aanname ($q_{v-10,bar} = 1,00 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$)	o.b.v. gebouwkenmerken ($q_{v-10,bar} = 1,00 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$)	o.b.v. gebouwkenmerken ($q_{v-10,bar} = 0,80 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$)	o.b.v. gebouwkenmerken ($q_{v-10,bar} = 0,40 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$)

Installatietechnisch	0. Referentie	1. Aardgasvrij met isolerende maatregelen i.v.m. LT-systeem	2. Aardgasvrij met verdere energiebesparing	3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)
verwarming - opwekking	HR-107 combiketel	LT-warmtenet H ₂ gen 1,0 (afleverzet)	LT-warmtenet H ₂ gen 1,0 (afleverzet)	LT-warmtenet H ₂ gen 1,0 (afleverzet)
verwarming - afgifte	HT-radiatoren	LT-radiatoren/convectoren	LT-radiatoren/convectoren	LT-radiatoren/convectoren
warmtapwater - opwekking	HR-107 combiketel	Elektrische boiler (COP: 1) / warmtepompbooster (COP: 3)	Elektrische boiler (COP: 1) / warmtepompbooster (COP: 3)	Elektrische boiler (COP: 1) / warmtepompbooster (COP: 3)
leidinglengten	werkelijk	werkelijk	werkelijk	werkelijk
koeling	n.v.t.	optioneel	n.v.t.	n.v.t.
ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer en natuurlijke afvoer	natuurlijke toevoer en natuurlijke afvoer	natuurlijke toevoer en mechanische afvoer	mechanische toevoer en mechanische afvoer met WTW
vraagsturing	n.v.t.	n.v.t.	CO ₂ -sturing op afvoer	CO ₂ -sturing op afvoer
type zonnepaneel	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
pv-panelen	n.v.t.	n.v.t.	8 PV-panelen - 300 Wp/paneel	24 PV-panelen - 300 Wp/paneel - zuid/noord

Rekenresultaten	0. Referentie	1. Aardgasvrij met isolerende maatregelen i.v.m. LT-systeem	2. Aardgasvrij met verdere energiebesparing	3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)
Elektriciteitsgebruik / Benodigde elektriciteitsopwekking	1244 m ³ a.e.	388 kWh e	388 kWh e	388 kWh e
verwarming, tapwater en koken	1550 kWh e	1550 kWh e	1620 kWh e	1883 kWh e
hulpenergie en huishoudelijk				
Totaal opwekking	58039 MJ primair	47761 MJ primair	45006 MJ primair	5520 kWh e
Totaal primaire energie	3082 kg CO₂-emissie	3708 kg CO₂-emissie	3449 kg CO₂-emissie	31030 MJ primair
Totaal CO₂-emissie	€ 1094,-/jaar	€ 1066,-/jaar	€ 635,-/jaar	2158 kg CO₂-emissie
Totaal energiekosten				-€ 31,-/jaar
Elektriciteitsgebruik / Benodigde elektriciteitsopwekking	1506 m ³ a.e.	983 kWh e	983 kWh e	983 kWh e
verwarming, tapwater en koken	3797 kWh e	3797 kWh e	3867 kWh e	4130 kWh e
hulpenergie en huishoudelijk				
Totaal opwekking	87962 MJ primair	73352 MJ primair	69198 MJ primair	5520 kWh e
Totaal primaire energie	4807 kg CO₂-emissie	5246 kg CO₂-emissie	4865 kg CO₂-emissie	54321 MJ primair
Totaal CO₂-emissie	€ 1708,-/jaar	€ 1621,-/jaar	€ 1158,-/jaar	3495 kg CO₂-emissie
Totaal energiekosten				€ 131,-/jaar
Elektriciteitsgebruik / Benodigde elektriciteitsopwekking	1566 m ³ a.e.	1152 kWh e	1152 kWh e	1152 kWh e
verwarming, tapwater en koken	4566 kWh e	4566 kWh e	4636 kWh e	4899 kWh e
hulpenergie en huishoudelijk				
Totaal opwekking	97160 MJ primair	77597 MJ primair	73742 MJ primair	5520 kWh e
Totaal primaire energie	5344 kg CO₂-emissie	5386 kg CO₂-emissie	5030 kg CO₂-emissie	62066 MJ primair
Totaal CO₂-emissie	€ 1900,-/jaar	€ 1709,-/jaar	€ 1252,-/jaar	3941 kg CO₂-emissie
Totaal energiekosten				€ 185,-/jaar
Elektriciteitsgebruik / Benodigde elektriciteitsopwekking	1715 m ³ a.e.	521 kWh e	521 kWh e	521 kWh e
verwarming, tapwater en koken	2073 kWh e	2073 kWh e	2143 kWh e	2406 kWh e
hulpenergie en huishoudelijk				
Totaal opwekking	79425 MJ primair	60606 MJ primair	55951 MJ primair	5520 kWh e
Totaal primaire energie	4214 kg CO₂-emissie	4261 kg CO₂-emissie	4261 kg CO₂-emissie	40875 MJ primair
Totaal CO₂-emissie	€ 1495,-/jaar	€ 1352,-/jaar	€ 877,-/jaar	2858 kg CO₂-emissie
Totaal energiekosten				€ 108,-/jaar

opmerkingen
primaire energiefactoren elektra : 2,56 Gas : 1,0 warmtelevering: 1,0 CO ₂ -emissie factoren elektra : 0,56 kg/kWh Gas : 1,78 kg/m ³ Warmtelevering 87,7 kg/GJ Biogas 0,0 kg/m ³ energiekosten: elektra : 0,20 €/kWh Gas : 0,63 €/m ³ Warmtelevering 22,69 €/GJ Biogas 0,63 €/m ³ energieopbrengst: PV-panelen salderingsregels + terugleververgoeding 0,08 €/kWh

Maatregelenpakket
Woningtype: rijwoning 2005-heden
Variant: all-electric
 Berekeningen/beoordelingen



Projectgegevens	
project	Verkenning tool aardgasloze woningen
projectnummer	20171691
opdrachtgever	RvO Utrecht
datum	22 maart 2018

Uitgangspunten	
Oriëntatie	voorgevel: noord
Woningtype	rijwoning 2005-heden
Gebruiksoppervlak	125 m²

Energiedrager					
Gasconcept	All-electric	All-electric	All-electric	All-electric	All-electric
geen maatregelen thermische schil HR-107 combiketel Natuurlijke toe- en mechanische afvoer	geen maatregelen thermische schil IR-panelen (laagste investering) Natuurlijke toe- en mechanische afvoer	geen maatregelen thermische schil lucht/water warmtepomp: robuust concept Natuurlijke toe- en mechanische afvoer	verdere optimalisatie thermische schil toevoeging PV-panels mechanische toevoer en mechanische afvoer met WTW	verdere optimalisatie thermische schil toevoeging PV-panels + afvlakken pieken elektra opbrengst slimme regeling vraag/aanbod elektra	verdere optimalisatie thermische schil toevoeging PV-panels + afvlakken pieken elektra opbrengst slimme regeling vraag/aanbod elektra

0. Referentie **1. Aardgasvrij met elektrische IR-verwarming** **2. Aardgasvrij met warmtepomp** **3. Energieneutraal (zeer goed isolatie)** **4. Energieneutraal met verminderen piekvraag**

Bouwkundig	0. Referentie	1. Aardgasvrij met elektrische IR-verwarming	2. Aardgasvrij met warmtepomp	3. Energieneutraal (zeer goed isolatie)	4. Energieneutraal met verminderen piekvraag
begane grondvloer	$R_e = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde vloer	$R_e = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde vloer	$R_e = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde vloer	$R_e = 5,00 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde vloer	$R_e = 5,00 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde vloer
gevel	$R_e = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde spouwmuur	$R_e = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde spouwmuur	$R_e = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde spouwmuur	$R_e = 4,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - buitengevelisolatie	$R_e = 4,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - buitengevelisolatie
hellend dakconstructie	$R_e = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerd dak	$R_e = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerd dak	$R_e = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerd dak	$R_e = 6,00 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerd dak	$R_e = 6,00 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerd dak
plat dakconstructie	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
beglazing	HR ⁺⁺ -glas	HR ⁺⁺ -glas	HR ⁺⁺ -glas	triple-glas	triple-glas
kozijn	houten kozijnen	houten kozijnen	houten kozijnen	thermisch onderbroken / geïsoleerd kozijnen	thermisch onderbroken / geïsoleerd kozijnen
glasopeningen (incl. kozijn)	$U_g \leq 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ (HR ⁺⁺ -glas)	$U_g \leq 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ (HR ⁺⁺ -glas)	$U_g \leq 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ (HR ⁺⁺ -glas)	$U_g \leq 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ (triple-glas)	$U_g \leq 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ (triple-glas)
buitendeuren	$U_d \leq 2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ - deur met HR ⁺⁺ -glas	$U_d \leq 2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ - deur met HR ⁺⁺ -glas	$U_d \leq 2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ - deur met HR ⁺⁺ -glas	$U_d \leq 2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ - deur met HR ⁺⁺ -glas	$U_d \leq 2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ - deur met HR ⁺⁺ -glas
buitenzonwering	geen zonwering	geen zonwering	geen zonwering	geen zonwering	geen zonwering
thermische capaciteit	traditioneel, gemengd zwaar	traditioneel, gemengd zwaar	traditioneel, gemengd zwaar	traditioneel, gemengd zwaar	traditioneel, gemengd zwaar
infiltratie	o.b.v. gebouwenmerken ($q_{v-10,car} = 0,60 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$)	o.b.v. gebouwenmerken ($q_{v-10,car} = 0,60 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$)	o.b.v. gebouwenmerken ($q_{v-10,car} = 0,60 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$)	o.b.v. gebouwenmerken ($q_{v-10,car} = 0,40 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$)	o.b.v. gebouwenmerken ($q_{v-10,car} = 0,40 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$)

Installatietechnisch	0. Referentie	1. Aardgasvrij met elektrische IR-verwarming	2. Aardgasvrij met warmtepomp	3. Energieneutraal (zeer goed isolatie)	4. Energieneutraal met verminderen piekvraag
verwarming - opwekking	HR-107 combiketel	Elektrische weerstandsverwarming (COP: 1)	lucht/water warmtepomp (COP: 3,5)	lucht/water warmtepomp (COP: 3,5)	lucht/water warmtepomp (COP: 3,5)
verwarming - afgifte	HT-radiatoren	IR-panelen	LT-radiatoren/convectoren	LT-radiatoren/convectoren	LT-radiatoren/convectoren
warmtapwater - opwekking	HR-107 combiketel	Elektrische boiler (COP: 1)	lucht/water warmtepomp (COP: 1,4)	lucht/water warmtepomp (COP: 1,4)	lucht/water warmtepomp (COP: 1,4)
leidinglengten	werkelijk	werkelijk	werkelijk	werkelijk	werkelijk
koeling	n.v.t.	optioneel	n.v.t.	optioneel	optioneel
ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer en mechanische afvoer	natuurlijke toevoer en mechanische afvoer	natuurlijke toevoer en mechanische afvoer	mechanische toevoer en mechanische afvoer met WTW	mechanische toevoer en mechanische afvoer met WTW
vraagsturing	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	CO2-sturing op afvoer	CO2-sturing op afvoer
type zonneboiler	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
pv-panels	n.v.t.	n.v.t.	8 PV-panels - 300 Wp/paneel	24 PV-panels - 300 Wp/paneel - zuid/noord	24 PV-panels - 300 Wp/paneel - zuid/noord

Rekenresultaten

Elektriciteitsgebruik / Benodigde elektriciteitsopwekking	0. Referentie	1. Aardgasvrij met elektrische IR-verwarming	2. Aardgasvrij met warmtepomp	3. Energieneutraal (zeer goed isolatie)	4. Energieneutraal met verminderen piekvraag
verwarming, tapwater en koken	1034 m³ a.e.	9047 kWh e	3129 kWh e	1510 kWh e	zonder slimme regeling 64% uit net, met regeling 31 % uit net
hulpenergie en huishoudelijk	1461 kWh e	1461 kWh e	1461 kWh e	1723 kWh e	zonder slimme regeling 70% teruglevering, met regeling 36% teruglevering
Totaal opwekking	49832 MJ primair	96842 MJ primair	42301 MJ primair	29795 MJ primair	9237 MJ primair
Totaal CO2-emissie	2659 kg CO2-emissie	5884 kg CO2-emissie	2570 kg CO2-emissie	1810 kg CO2-emissie	561 kg CO2-emissie
Totaal energiekosten	€ 944,-/jaar	€ 2102,-/jaar	€ 550,-/jaar	€ 183,-/jaar	€ 63,-/ B.P. jaar
verwarming, tapwater en koken	1273 m³ a.e.	10686 kWh e	4336 kWh e	2555 kWh e	2555 kWh e
hulpenergie en huishoudelijk	3702 kWh e	3702 kWh e	3702 kWh e	3964 kWh e	3964 kWh e
Totaal opwekking	78892 MJ primair	132600 MJ primair	74078 MJ primair	60079 MJ primair	18625 MJ primair
Totaal CO2-emissie	4339 kg CO2-emissie	8057 kg CO2-emissie	4501 kg CO2-emissie	3651 kg CO2-emissie	1132 kg CO2-emissie
Totaal energiekosten	€ 1542,-/jaar	€ 2878,-/jaar	€ 1240,-/jaar	€ 200,-/jaar	€ 280,-/ B.P. jaar
verwarming, tapwater en koken	1338 m³ a.e.	13560 kWh e	4644 kWh e	2852 kWh e	2852 kWh e
hulpenergie en huishoudelijk	4355 kWh e	4355 kWh e	4355 kWh e	4618 kWh e	4618 kWh e
Totaal opwekking	87196 MJ primair	165105 MJ primair	82935 MJ primair	68844 MJ primair	21341 MJ primair
Totaal CO2-emissie	4820 kg CO2-emissie	10032 kg CO2-emissie	5039 kg CO2-emissie	4183 kg CO2-emissie	1297 kg CO2-emissie
Totaal energiekosten	€ 1714,-/jaar	€ 3583,-/jaar	€ 1432,-/jaar	€ 390,-/jaar	€ 343,-/ B.P. jaar
verwarming, tapwater en koken	1452 m³ a.e.	12476 kWh e	4290 kWh e	2142 kWh e	2142 kWh e
hulpenergie en huishoudelijk	1829 kWh e	1829 kWh e	1829 kWh e	2092 kWh e	2092 kWh e
Totaal opwekking	67926 MJ primair	131835 MJ primair	56393 MJ primair	39021 MJ primair	12096 MJ primair
Totaal CO2-emissie	3609 kg CO2-emissie	8011 kg CO2-emissie	3427 kg CO2-emissie	2371 kg CO2-emissie	735 kg CO2-emissie
Totaal energiekosten	€ 1281,-/jaar	€ 2861,-/jaar	€ 856,-/jaar	€ 103,-/jaar	€ 129,-/ B.P. jaar

opmerkingen
 primaire energiefactoren elektra : 2,56 | Gas : 1,0 | warmtelevering: 1,0
 CO2-emissie factoren elektra : 0,56 kg/kWh | Gas : 1,78 kg/m³ | Warmtelevering 87,7 kg/GJ | Biogas 0,0 kg/m³
 energiekosten: elektra : 0,20 €/kWh | Gas : 0,63 €/m³ | Warmtelevering 22,69 €/GJ | Biogas 0,63 €/m³
 energieopbrengst: PV-panels salderingsregels + terugleververgoeding 0,08 €/kWh
 om het effect van opslag financieel inzichtelijk te maken is bij concept 4 gerekend met een besparingspotentieel bij vervallen van de salderingsregels. Hierbij is gerekend met elektriciteit uit het net geleverd € 0,20 en terugleververgoeding € 0,08



Maatregelenpakket

Woningtype: galerijwoning 1975-1991

Variant: MT-warmtenet

Berekeningen/beoordelingen

Projectgegevens	
project	Verkenning tool aardgasloze woningen
projectnummer	20171691
opdrachtgever	RvO Utrecht
datum	22 maart 2018

Uitgangspunten	
Oriëntatie	voorgevel: noord
Woningtype	galerijwoning 1975-1991
Gebruiksoppervlak	49 m ²

Energiedrager				
Gasconcept	MT-warmtenet	MT-warmtenet	MT-warmtenet	
Matig geïsoleerde schil	maatregelen thermische schil	MT-warmtenet	MT-warmtenet	
HR-107 combiketel	MT-warmtenet	toevoeging PV-panelen	toevoeging PV-panelen	
Natuurlijke toe- en mechanische afvoer	Natuurlijke toe- en mechanische afvoer		slimme regeling vraag/aanbod elektra	

0. Referentie 1. Aardgasvrij met isolerende maatregelen i.v.m. MT-systeem 2. Aardgasvrij met verdere energiebesparing 3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)

Bouwkundig	0. Referentie	1. Aardgasvrij met isolerende maatregelen i.v.m. MT-systeem	2. Aardgasvrij met verdere energiebesparing	3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)
begane grondvloer	R _c = 2,00 m ² K/W - geïsoleerde vloer	R _c = 3,50 m ² K/W - geïsoleerde vloer	R _c = 3,50 m ² K/W - geïsoleerde vloer	R _c = 5,00 m ² K/W - geïsoleerde vloer
gevel	R _c = 2,00 m ² K/W - geïsoleerde spouwmuur	R _c = 3,50 m ² K/W - buitengevelisolatie	R _c = 3,50 m ² K/W - buitengevelisolatie	R _c = 4,50 m ² K/W - buitengevelisolatie
hellend dakconstructie	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
plat dakconstructie	R _c = 2,00 m ² K/W - geïsoleerd dak	R _c = 3,50 m ² K/W - geïsoleerd dak	R _c = 3,50 m ² K/W - geïsoleerd dak	R _c = 6,00 m ² K/W - geïsoleerd dak
beglazing	dubbel glas	HR ⁺⁺ -glas	HR ⁺⁺ -glas	triple-glas
kozijn	houten kozijnen	houten kozijnen	houten kozijnen	thermisch onderbroken / geïsoleerd kozijnen
glasopeningen (incl. kozijn)	U _g ≤ 2,90 W/m ² K (dubbel glas)	U _g ≤ 1,80 W/m ² K (HR ⁺⁺ -glas)	U _g ≤ 1,80 W/m ² K (HR ⁺⁺ -glas)	U _g ≤ 1,40 W/m ² K (triple-glas)
buitendeuren	U _d ≤ 3,40 W/m ² K - ongeïsoleerde deur	U _d ≤ 2,20 W/m ² K - deur met HR ⁺⁺ -glas	U _d ≤ 2,20 W/m ² K - deur met HR ⁺⁺ -glas	U _d ≤ 2,20 W/m ² K - deur met HR ⁺⁺ -glas
buitenzonwering	geen zonwering	geen zonwering	geen zonwering	geen zonwering
thermische capaciteit	traditioneel, gemengd zwaar	traditioneel, gemengd zwaar	traditioneel, gemengd zwaar	traditioneel, gemengd zwaar
infiltratie	aanname (q _{v,10,bar} = 0,60 dm ³ /s·m ²)	aanname (q _{v,10,bar} = 0,60 dm ³ /s·m ²)	o.b.v. gebouwkenmerken (q _{v,10,bar} = 0,60 dm ³ /s·m ²)	o.b.v. gebouwkenmerken (q _{v,10,bar} = 0,40 dm ³ /s·m ²)

Installatietechnisch	0. Referentie	1. Aardgasvrij met isolerende maatregelen i.v.m. MT-systeem	2. Aardgasvrij met verdere energiebesparing	3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)
verwarming - opwekking	HR-107 combiketel	MT-warmtenet H;gen 1,0 (afleverst)	MT-warmtenet H;gen 1,0 (afleverst)	MT-warmtenet H;gen 1,0 (afleverst)
verwarming - afgifte	HT-radiatoren	MT-radiatoren/convectoren	MT-radiatoren/convectoren	MT-radiatoren/convectoren
warmtapwater - opwekking	HR-107 combiketel	Elektrische boiler (COP: 1)	Elektrische boiler (COP: 1)	warmtepompbooster (COP: 3)
leidinglengten	werkelijk	werkelijk	werkelijk	werkelijk
koeling	n.v.t.	optioneel	optioneel	optioneel
ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer en mechanische afvoer	natuurlijke toevoer en mechanische afvoer	natuurlijke toevoer en mechanische afvoer	mechanische toevoer en mechanische afvoer met WTW
vraagsturing	n.v.t.	n.v.t.	CO ₂ -sturing op afvoer	CO ₂ -sturing op afvoer
type zonneboiler	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
pv-panelen	n.v.t.	n.v.t.	8 PV-panelen - 300 Wp/paneel	24 PV-panelen - 300 Wp/paneel - oost/west

Rekenresultaten

Elektriciteitsgebruik / Benodigde elektriciteitsopwekking	0. Referentie	1. Aardgasvrij met isolerende maatregelen i.v.m. MT-systeem	2. Aardgasvrij met verdere energiebesparing	3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)
verwarming, tapwater en koken	1032 m ³ a.e.	815 kWh e	815 kWh e	388 kWh e
hulpenergie en huishoudelijk	1482 kWh e	1421 kWh e	1421 kWh e	1590 kWh e
Totaal opwekking				
Totaal primaire energie	49956 MJ primair	44907 MJ primair	38807 MJ primair	26129 MJ primair
Totaal CO₂-emissie	2667 kg CO₂-emissie	3383 kg CO₂-emissie	2848 kg CO₂-emissie	1801 kg CO₂-emissie
Totaal energiekosten	€ 947,-/jaar	€ 999,-/jaar	€ 492,-/jaar	-€ 104,-/jaar
verwarming, tapwater en koken	1299 m ³ a.e.	2600 kWh e	2600 kWh e	983 kWh e
hulpenergie en huishoudelijk	3624 kWh e	3564 kWh e	3564 kWh e	3732 kWh e
Totaal opwekking				
Totaal primaire energie	79087 MJ primair	80707 MJ primair	73707 MJ primair	48753 MJ primair
Totaal CO₂-emissie	4342 kg CO₂-emissie	5548 kg CO₂-emissie	4934 kg CO₂-emissie	3105 kg CO₂-emissie
Totaal energiekosten	€ 1543,-/jaar	€ 1775,-/jaar	€ 1248,-/jaar	€ 56,-/jaar
verwarming, tapwater en koken	1373 m ³ a.e.	3106 kWh e	3106 kWh e	1152 kWh e
hulpenergie en huishoudelijk	4281 kWh e	4220 kWh e	4220 kWh e	4389 kWh e
Totaal opwekking				
Totaal primaire energie	87745 MJ primair	90916 MJ primair	83916 MJ primair	55666 MJ primair
Totaal CO₂-emissie	4841 kg CO₂-emissie	6155 kg CO₂-emissie	5541 kg CO₂-emissie	3506 kg CO₂-emissie
Totaal energiekosten	€ 1721,-/jaar	€ 1996,-/jaar	€ 1469,-/jaar	€ 109,-/jaar
verwarming, tapwater en koken	1317 m ³ a.e.	1213 kWh e	1213 kWh e	521 kWh e
hulpenergie en huishoudelijk	1818 kWh e	1757 kWh e	1757 kWh e	1926 kWh e
Totaal opwekking				
Totaal primaire energie	63076 MJ primair	56572 MJ primair	48672 MJ primair	30052 MJ primair
Totaal CO₂-emissie	3362 kg CO₂-emissie	4224 kg CO₂-emissie	3531 kg CO₂-emissie	2028 kg CO₂-emissie
Totaal energiekosten	€ 1193,-/jaar	€ 1257,-/jaar	€ 709,-/jaar	-€ 76,-/jaar

opmerkingen
 primaire energiefactoren elektra : 2,56 | Gas : 1,0 | warmtelevering: 1,0
 CO₂-emissie factoren elektra : 0,56 kg/kWh | Gas : 1,78 kg/m³ | Warmtelevering 87,7 kg/GJ | Biogas 0,0 kg/m³
 energiekosten: elektra : 0,20 €/kWh | Gas : 0,63 €/m³ | Warmtelevering 22,69 €/GJ | Biogas 0,63 €/m³
 energieopbrengst: PV-panelen salderingsregels + terugleververgoeding 0,08 €/kWh

Bijlage 3













Consequentie maatregelenpakketten

Rijwoning 2005 - heden – All-electric



Rijwoning 2005 - heden

	Referentie	1. Aardgasvrij zonder energiebesparing	2. Aardgasvrij met warmtepomp	3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)	4. Energieneutraal met verminderen piekvraag
Energiedrager	Gasconcept HR-107 combiketel 	All-electric 	All-electric 	All-electric 	All-electric
Energetische kenmerken	Geïsoleerde schil + HR ⁺⁺ -glas HR-107 combiketel Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer	Geïsoleerde schil + HR ⁺⁺ -glas IR-panels en elektrische boiler Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer	Geïsoleerde schil + HR ⁺⁺ -glas Lucht/water warmtepomp Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer 8 PV-panelen	Zeer goed geïsoleerde schil + triple-glas Lucht/water warmtepomp Gebalanceerde ventilatie met WTW o.b.v. CO ₂ 24 PV-panelen	Zie concept 3 + verminderen piekvraag
verwarming, tapwater en koken	1273 m ³ a.e.	10686 kWh e	4336 kWh e	2555 kWh e	2555 kWh e
hulpenergie en huishoudelijk	3702 kWh e	3702 kWh e	3702 kWh e	3964 kWh e	3964 kWh e
Opwekking (optioneel)			1840 kWh e	5520 kWh e	5520 kWh e
Enmalige kosten (indicatief/bandbreedte)		Investering: €10.000,- á €15.000,-	Investering: €15.000,- á €20.000,-	Investering: €40.000,- á €45.000,-	Investering: €45.000,- á €50.000,-
Beheerskosten (indicatief)	Vastrecht gas: € -220,-/jaar Vastrecht elektra: € -278,-/jaar Heffingskorting: € + 375,-/jaar Netto energie: € - 1542,-/jaar Onderhoudscontract ketel : € 50,-/jaar	Vastrecht gas: € 0,-/jaar Vastrecht elektra: €-278,-/jaar Heffingskorting: € +375,-/jaar Netto energie: € -2878,-/jaar Onderhoudscontract boiler: €30,-/jaar	Vastrecht gas: € 0,-/jaar Vastrecht elektra: €-278,-/jaar Heffingskorting: € +375,-/jaar Netto energie: € -1240,-/jaar Onderhoudscontract warmtepomp : €150,-/jaar	Vastrecht gas: € 0,-/jaar Vastrecht elektra: €-278,-/jaar Heffingskorting: € +375,-/jaar Netto energie: € -200,-/jaar Onderhoud vervangen filters : €50,-/jaar Onderhoudscontract warmtepomp : €150,-/jaar	Vastrecht gas: € 0,-/jaar Vastrecht elektra: €-278,-/jaar Heffingskorting: € +375,-/jaar Netto energie besparing bij vervallen salderingsregels: € +280,-/jaar Onderhoud vervangen filters : €50,-/jaar Onderhoudscontract warmtepomp : €150,-/jaar
Ingrep in de woning (tijdens werkzaamheden)	Bestaande CV (positie kan per woning verschillen) Gasmeter in meterkast	<ul style="list-style-type: none"> • Verwijderen CV-ketel en gasmeter en bestaande radiatoren, afdoppen gas en cv-leidingen • Aanbrengen IR-panels in woning • Plaatsen boiler voor warmtapwater • Waterleidingen naar boiler en elektraleidingen naar IR-panels • Groepenkast uitbreiden voor elektraboiler en elektrisch koken; indien uitbreiding niet mogelijk is, dan nieuwe groepenkast • Zwaardere aansluiting (3 x 25A) in meterkast • Aanbrengen leiding/elektra aansluiting in keuken voor koken op inductie 	<ul style="list-style-type: none"> • Verwijderen CV-ketel en gasmeter en bestaande radiatoren, afdoppen gas en cv-leidingen • Aanbrengen binnenunit warmtepomp in woning • Aanbrengen nieuwe (LT-) radiatoren, of aanbrengen vloerverwarming • NB: aanpassen leidingwerk bij CV-ketel op zolder • Aanbrengen buitenunit bij split systeem op dak/gevel/tuin • Aanbrengen koelleiding tussen binnen/buiten • Groepenkast uitbreiden voor elektraboiler en elektrisch koken; indien uitbreiding niet mogelijk is, dan nieuwe groepenkast • Zwaardere aansluiting (3 x 25A) in meterkast • Aanbrengen leiding/elektra aansluiting in keuken voor koken op inductie • Aanbrengen PV-panelen/inverter 	<ul style="list-style-type: none"> • Verwijderen CV-ketel en gasmeter en bestaande radiatoren, afdoppen gas en cv-leidingen • Aanbrengen binnenunit warmtepomp in woning • Aanbrengen nieuwe (LT-) radiatoren, of aanbrengen vloerverwarming • NB: aanpassen leidingwerk bij CV-ketel op zolder • Aanbrengen buitenunit bij split systeem op dak/gevel/tuin • Aanbrengen koelleiding tussen binnen/buiten • Groepenkast uitbreiden voor elektraboiler en elektrisch koken; indien uitbreiding niet mogelijk is, dan nieuwe groepenkast • Zwaardere aansluiting (3 x 25A) in meterkast • Aanbrengen leiding/elektra aansluiting in keuken voor koken op inductie • Aanbrengen vloerisolatie (5,0 m²K/W) • Aanbrengen gevelisolatie (4,5 m²K/W) • Aanbrengen dakisolatie (6,0 m²K/W) • Plaatsen nieuwe kozijnen met triple-glas • Aanbrengen wtw-unit en luchtkanalen + • Aanbrengen PV-panelen/inverter • Aanbrengen slimme regeling en/of thuisaccu 	<ul style="list-style-type: none"> • Verwijderen CV-ketel en gasmeter en bestaande radiatoren, afdoppen gas en cv-leidingen • Aanbrengen binnenunit warmtepomp in woning • Aanbrengen nieuwe (LT-) radiatoren, of aanbrengen vloerverwarming • NB: aanpassen leidingwerk bij CV-ketel op zolder • Aanbrengen buitenunit bij split systeem op dak/gevel/tuin • Aanbrengen koelleiding tussen binnen/buiten • Groepenkast uitbreiden voor elektraboiler en elektrisch koken; indien uitbreiding niet mogelijk is, dan nieuwe groepenkast • Zwaardere aansluiting (3 x 25A) in meterkast • Aanbrengen leiding/elektra aansluiting in keuken voor koken op inductie • Aanbrengen vloerisolatie (5,0 m²K/W) • Aanbrengen gevelisolatie (4,5 m²K/W) • Aanbrengen dakisolatie (6,0 m²K/W) • Plaatsen nieuwe kozijnen met triple-glas • Aanbrengen wtw-unit en luchtkanalen + • Aanbrengen PV-panelen/inverter • Aanbrengen slimme regeling en/of thuisaccu










Gewinning voor de bewoner	-	<ul style="list-style-type: none"> Lagere ruimtetemperatuur + lokaal stralingswarmte 	<ul style="list-style-type: none"> Laag temperatuur afgifte in plaats van hoog temperatuur; Geen nachtverlaging toepassen (max. 2°C) Traag opwarmen na langere afwezigheid 	<ul style="list-style-type: none"> Laag temperatuur afgifte in plaats van hoog temperatuur Geen nachtverlaging toepassen (max. 2°C) Traag opwarmen na langere afwezigheid vervanging / schoonmaken filters wtw (periodiek) Ventilatiesysteem zorgt voor luchtverversing op basis van CO2-regeling in verblijfsruimten 	<ul style="list-style-type: none"> Laag temperatuur afgifte in plaats van hoog temperatuur Geen nachtverlaging toepassen (max. 2°C) Traag opwarmen na langere afwezigheid vervanging / schoonmaken filters wtw (periodiek) Ventilatiesysteem zorgt voor luchtverversing op basis van CO2-regeling in verblijfsruimten gebruik van apparatuur tijdens aanbod zonne-energie
Gebruik (permanente wijziging)		Koken op inductie + (deels) andere pannen	Koken op inductie + (deels) andere pannen	Koken op inductie + (deels) andere pannen	Koken op inductie + (deels) andere pannen
Ruimtebeslag		<p>Elektrische boiler: afhankelijk van omvang voorraadvat; diameter ± 600 á 800 mm </p> <p>Afmeting stralingspaneel afmeting afhankelijk van vermogen: 1192 x 592 x 30 mm bij 700 W</p> <p>Verwijderen CV-ketel/expansievat/gasmeter levert ruimte op</p>	<p>Buitenunit: 600 x 800 x 300 mm </p> <p>Binnenunit: 1000 x 1000 x 2100 mm (lxbxh)</p> <p>Geïntegreerde binnenunit (warmtepomp/ventilatiesysteem/regeling) buiten de woning: 770 x 1430 x 2350 mm</p> <p>Verwijderen CV-ketel/expansievat/gasmeter levert ruimte op</p>	<p>Buitenunit: 600 x 800 x 300 mm </p> <p>Binnenunit: 1000 x 1000 x 2100 mm (lxbxh)</p> <p>Geïntegreerde binnenunit (warmtepomp/ventilatiesysteem/regeling) buiten de woning: 770 x 1430 x 2350 mm</p> <p>Verwijderen CV-ketel/expansievat/gasmeter levert ruimte op</p>	<p>Buitenunit: 600 x 800 x 300 mm (lxbxh) </p> <p>Binnenunit: 1000 x 1000 x 2100 mm (lxbxh)</p> <p>Batterij: 1200 x 780 x 160 mm (lxbxh)</p> <p>Geïntegreerde binnenunit (warmtepomp/ventilatiesysteem/regeling) buiten de woning: 770 x 1430 x 2350 mm</p> <p>Verwijderen CV-ketel/expansievat/gasmeter levert ruimte op</p>
Nog te treffen maatregelen richting CO ₂ -neutraliteit		<ul style="list-style-type: none"> Vraagbeperking zeer wenselijk/noodzakelijk Opwekking duurzame elektra op dak (PV) en/of duurzame warmte (zonneboiler) mogelijk 	<ul style="list-style-type: none"> Opwekking duurzame elektra op dak (PV) en/of duurzame warmte (zonneboiler) mogelijk Verdere vraagbeperking: isolatie, douche-WTW etc. 	Geen	Geen
Veiligheid		geen aardgas in woning geen risico op koolmonoxide	geen aardgas in woning geen risico op koolmonoxide	geen aardgas in woning geen risico op koolmonoxide	geen aardgas in woning geen risico op koolmonoxide
Toelichting benodigde onderhoudswerkzaamheden		Periodiek onderhoud elektrische boiler	Periodiek onderhoud warmtepomp en mv-unit	Periodiek onderhoud warmtepomp en wtw-unit	Periodiek onderhoud warmtepomp en wtw-unit
Installatietechnische aandachtspunten		IR-panels als hoofdverwarming vergt grotere inzet van elektriciteitsnet (op wijkniveau meer middenspanningskasten)	<ul style="list-style-type: none"> Inpasbaarheid ventilatiekanalen Inpasbaarheid leidingenwerk voor krachtgroepen 	<ul style="list-style-type: none"> Groot aantal PV-panels kan alsnog hoge piekstroom geven, met gevolgen op wijkniveau Inpasbaarheid aantal pv-panels Inpasbaarheid ventilatiekanalen Inpasbaarheid leidingenwerk voor krachtgroepen Inpasbaarheid CO2-regeling in verblijfsruimten 	<ul style="list-style-type: none"> Minder kans op hoge piekstroom, minder gevolgen op wijkniveau (op wijkniveau beperkt aantal middenspanningskasten) Inpasbaarheid aantal pv-panels Inpasbaarheid ventilatiekanalen Inpasbaarheid leidingenwerk voor krachtgroepen Inpasbaarheid batterij Inpasbaarheid CO2-regeling in verblijfsruimten
Esthetica	-	IR-panels aanbrengen in diverse ruimten in de woning en opstelplaats boiler voor warmtapwater 	<ul style="list-style-type: none"> Buitenunit op het dak/bij de gevel of in de tuin in combinatie met binnenunit in de woning  Geïntegreerde unit buiten naast de woning (warmtepomp, ventilatiesysteem en regeling) PV-panels op het dak 	<ul style="list-style-type: none"> Buitenunit op het dak/bij de gevel of in de tuin in combinatie met binnenunit in de woning  Geïntegreerde unit buiten naast de woning (warmtepomp, ventilatiesysteem en regeling) PV-panels op het dak 	<ul style="list-style-type: none"> Buitenunit op het dak/bij de gevel of in de tuin in combinatie met binnenunit in de woning  Batterij binnen of buiten de woning Geïntegreerde unit buiten naast de woning (warmtepomp, ventilatiesysteem en regeling) PV-panels op het dak
Comfort / behaaglijkheid		<ul style="list-style-type: none"> IR-panels leveren lokaal warmte kans op discomfort  Vraagbeperking (isolatie) noodzakelijk in verband met comfort en realiseren beperking piekvraag Natuurlijke ventilatie kan in de praktijk comfort- en binnenlucht kwaliteit problemen geven 	<ul style="list-style-type: none"> lage temperatuur ruimteverwarming Risico op koudeval Koeling mogelijk, bij bodem/water warmtepomp een voorwaarde en energiezuiniger dan bij een lucht/water warmtepomp  Aandacht voor maatregelen ter beperking installatiegeluid (buitenunit warmtepomp en ventilatiesysteem) 	<ul style="list-style-type: none"> lage temperatuur ruimteverwarming Koeling mogelijk, bij bodem/water warmtepomp een voorwaarde en energiezuiniger dan bij een lucht/water warmtepomp  Aandacht voor maatregelen ter beperking installatiegeluid (buitenunit warmtepomp en ventilatiesysteem) 	<ul style="list-style-type: none"> lage temperatuur ruimteverwarming Koeling mogelijk, bij bodem/water warmtepomp een voorwaarde en energiezuiniger dan bij een lucht/water warmtepomp  Aandacht voor maatregelen ter beperking installatiegeluid (buitenunit warmtepomp en ventilatiesysteem)













Overig	Diverse mogelijkheden om schil te isoleren en gasverbruik fors te verminderen: slim investering spreiden kan lock-in in 'halve' oplossing aardgasvrij voorkomen. B.v. stap voor stap schil zeer goed isoleren. TZT investeren in volledige (ventilatie)warmtepomp	Lock-in voor verdere energiebesparing doordat CV-systeem verwijderd is. Warmtepomp alleen nog met forse investering en desinvestering mogelijk. Ongeïsoleerde schil komt niet zoveel meer voor. Aanvullend isoleren = forse besparingsmogelijkheden op elektrische verwarming. Uitstellen van besparende maatregelen = nu meer IR-panelen nodig; deel van investering wordt in toekomst overbodig.	Lock-in door ventilatiesysteem zonder mechanische aanvoer: energie technisch verbeteren vergt structurele ingrepen in woning. Uitbreiding PV-panelen tot zelfde niveau energieneutraal wel mogelijk.	Overgedimensioneerd CV-systeem door nisolatie mogelijk (deels) geschikt voor lage-temperatuur verwarming met warmtepomp Aanvullende maatregelen mogelijk om energievraag te verminderen. (Zonneboiler, douche-WTW, ventilatiewarmtepomp ipv WTW)	Optie: toepassing van een bodem/water warmtepomp blijft ook bij lagere buitentemperaturen efficiënt en kan de elektrische piekvraag op zeer koude winterdagen verminderen ten opzichte van een lucht/water warmtepomp
--------	---	---	--	---	---

Vrijstaande woning < 1964 – All-electric



Vrijstaande woning < 1964

	Referentie	1. Aardgasvrij zonder energiebesparing	2. Aardgasvrij met goede isolatie	3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)	4. Energieneutraal met verminderen piekvrage
Energiedrager	Gasconcept HR-107 combiketel 	All-electric 	All-electric 	All-electric 	All-electric 
Energetische kenmerken	Ongeïsoleerde schil HR-107 combiketel Natuurlijk toe- en afvoer	Ongeïsoleerde schil IR-panels en elektrische boiler Natuurlijk toe- en afvoer 	Geïsoleerde schil + HR ⁺⁺ -glas Lucht/water warmtepomp Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer 8 PV-panelen 	Zeer goed geïsoleerde schil + triple-glas Lucht/water warmtepomp Gebalanceerde ventilatie met WTW o.b.v. CO ₂ 24 PV-panelen	Zie concept 3 + verminderen piekvrage
Verwarming, tapwater en koken	4179 m ³ a.e.	39459 kWh e	7869 kWh e	3876 kWh e	3876 kWh e
Hulpenergie en huishoudelijk	4092 kWh e	4092 kWh e	4162 kWh e	4425 kWh e	4425 kWh e
Opwekking (optioneel)			1840 kWh e	5520 kWh e	5520 kWh e
Enmalige kosten (indicatief/bandbreedte)		Investering: €10.000,- á €15.000,-	Investering: €30.000,- á €35.000,-	Investering: €60.000,- á €65.000,-	Investering: €65.000,- á €70.000,-
Beheerskosten (indicatief)	Vastrecht gas: € -220,-/jaar Vastrecht elektra: € -278,-/jaar Heffingskorting: € + 375,-/jaar Netto energie: € - 3.451,-/jaar Onderhoudscontract ketel : € 50,-/jaar	Vastrecht gas: € 0,-/jaar Vastrecht elektra: € -278,-/jaar Heffingskorting: € +375,-/jaar Netto energie: € -8.710,-/jaar Onderhoudscontract boiler: €30,-/jaar	Vastrecht gas: € 0,-/jaar Vastrecht elektra: € -278,-/jaar Heffingskorting: € +375,-/jaar Netto energie: € -2.038,-/jaar Onderhoudscontract warmtepomp : €150,-/jaar	Vastrecht gas: € 0,-/jaar Vastrecht elektra: € -278,-/jaar Heffingskorting: € +375,-/jaar Netto energie: € -4,-/jaar Onderhoud vervangen filters : €50,-/jaar Onderhoudscontract warmtepomp : €150,-/jaar	Vastrecht gas: € 0,-/jaar Vastrecht elektra: € -278,-/jaar Heffingskorting: € +375,-/jaar Netto energie besparing bij vervallen salderingsregels: € +398,-/jaar Onderhoud vervangen filters : €50,-/jaar Onderhoudscontract warmtepomp : €150,-/jaar
Ingreep in de woning (tijdens werkzaamheden)	Bestaande CV (positie kan per woning verschillen) Gasmeter in meterkast	<ul style="list-style-type: none"> Verwijderen CV-ketel en gasmeter en bestaande radiatoren, afdoppen gas en cv-leidingen  Aanbrengen IR-panels in woning Plaatsen boiler voor warmtapwater Waterleidingen naar boiler en elektraleidingen naar IR-panels Groepenkast uitbreiden voor elektraboiler en elektrisch koken; indien uitbreiding niet mogelijk is, dan nieuwe groepenkast Zwaardere aansluiting (3 x 25A) in meterkast Aanbrengen leiding/elektra aansluiting in keuken voor koken op inductie 	<ul style="list-style-type: none"> Verwijderen CV-ketel en gasmeter en bestaande radiatoren, afdoppen gas en cv-leidingen  Aanbrengen binnenunit warmtepomp in woning Aanbrengen nieuwe (LT-) radiatoren, of aanbrengen vloerverwarming NB: aanpassen leidingwerk bij CV-ketel op zolder Aanbrengen buitenunit bij split systeem op dak/gevel/tuin Aanbrengen koelleiding tussen binnen/buiten Groepenkast uitbreiden voor elektraboiler en elektrisch koken; indien uitbreiding niet mogelijk is, dan nieuwe groepenkast Zwaardere aansluiting (3 x 25A) in meterkast Aanbrengen leiding/elektra aansluiting in keuken voor koken op inductie Aanbrengen vloerisolatie (3,5 m²K/W) Aanbrengen spouwmuurisolatie (1,3 m²K/W) Aanbrengen dakisolatie (3,5 m²K/W) Plaatsen HR⁺⁺-glas Aanbrengen mv-unit en luchtkanalen Aanbrengen PV-panelen/inverter 	<ul style="list-style-type: none"> Verwijderen CV-ketel en gasmeter en bestaande radiatoren, afdoppen gas en cv-leidingen Aanbrengen binnenunit warmtepomp in woning Aanbrengen nieuwe (LT-) radiatoren, of aanbrengen vloerverwarming NB: aanpassen leidingwerk bij CV-ketel op zolder Aanbrengen buitenunit bij split systeem op dak/gevel/tuin Aanbrengen koelleiding tussen binnen/buiten Groepenkast uitbreiden voor elektraboiler en elektrisch koken; indien uitbreiding niet mogelijk is, dan nieuwe groepenkast Zwaardere aansluiting (3 x 25A) in meterkast Aanbrengen leiding/elektra aansluiting in keuken voor koken op inductie Aanbrengen vloerisolatie (5,0 m²K/W) Aanbrengen gevelisolatie (4,5 m²K/W) Aanbrengen dakisolatie (6,0 m²K/W) Plaatsen nieuwe kozijnen met triple-glas Aanbrengen wtw-unit en luchtkanalen Aanbrengen PV-panelen/inverter 	<ul style="list-style-type: none"> Verwijderen CV-ketel en gasmeter en bestaande radiatoren, afdoppen gas en cv-leidingen Aanbrengen binnenunit warmtepomp in woning Aanbrengen nieuwe (LT-) radiatoren, of aanbrengen vloerverwarming NB: aanpassen leidingwerk bij CV-ketel op zolder Aanbrengen buitenunit bij split systeem op dak/gevel/tuin Aanbrengen koelleiding tussen binnen/buiten Groepenkast uitbreiden voor elektraboiler en elektrisch koken; indien uitbreiding niet mogelijk is, dan nieuwe groepenkast Zwaardere aansluiting (3 x 25A) in meterkast Aanbrengen leiding/elektra aansluiting in keuken voor koken op inductie Aanbrengen vloerisolatie (5,0 m²K/W) Aanbrengen gevelisolatie (4,5 m²K/W) Aanbrengen dakisolatie (6,0 m²K/W) Plaatsen nieuwe kozijnen met triple-glas Aanbrengen wtw-unit en luchtkanalen + Aanbrengen PV-panelen/inverter Aanbrengen slimme regeling en/of thuisaccu


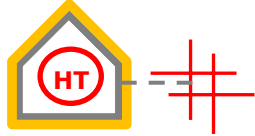
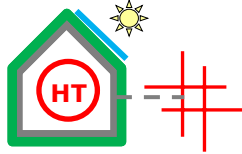
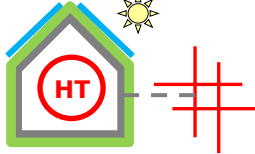
Gewinning voor de bewoner	-	<ul style="list-style-type: none"> Lagere ruimtetemperatuur + lokaal stralingswarmte 	<ul style="list-style-type: none"> Laag temperatuur afgifte in plaats van hoog temperatuur; Geen nachtverlaging toepassen (max. 2°C) Traag opwarmen na langere afwezigheid 	<ul style="list-style-type: none"> Laag temperatuur afgifte in plaats van hoog temperatuur Geen nachtverlaging toepassen (max. 2°C) Traag opwarmen na langere afwezigheid vervanging / schoonmaken filters wtw (periodiek) Ventilatiesysteem zorgt voor luchtverversing op basis van CO2-regeling in verblijfsruimten 	<ul style="list-style-type: none"> Laag temperatuur afgifte in plaats van hoog temperatuur Geen nachtverlaging toepassen (max. 2°C) Traag opwarmen na langere afwezigheid vervanging / schoonmaken filters wtw (periodiek) Ventilatiesysteem zorgt voor luchtverversing op basis van CO2-regeling in verblijfsruimten gebruik van apparatuur tijdens aanbod zonne-energie
Gebruik (permanente wijziging)		Koken op inductie + (deels) andere pannen	Koken op inductie + (deels) andere pannen	Koken op inductie + (deels) andere pannen	Koken op inductie + (deels) andere pannen
Ruimtebeslag		<p>Elektrische boiler: afhankelijk van omvang voorraadvat; diameter ± 600 á 800 mm </p> <p>Afmeting stralingspaneel afmeting afhankelijk van vermogen: 1192 x 592 x 30 mm bij 700 W</p> <p>Verwijderen CV-ketel/expansievat/gasmeter levert ruimte op</p>	<p>Buitenunit: 600 x 800 x 300 mm </p> <p>Binnenunit: 1000 x 1000 x 2100 mm (lxbxh)</p> <p>Geïntegreerde binnenunit (warmtepomp/ventilatiesysteem/regeling) buiten de woning: 770 x 1430 x 2350 mm</p> <p>Verwijderen CV-ketel/expansievat/gasmeter levert ruimte op</p>	<p>Buitenunit: 600 x 800 x 300 mm </p> <p>Binnenunit: 1000 x 1000 x 2100 mm (lxbxh)</p> <p>Geïntegreerde binnenunit (warmtepomp/ventilatiesysteem/regeling) buiten de woning: 770 x 1430 x 2350 mm</p> <p>Verwijderen CV-ketel/expansievat/gasmeter levert ruimte op</p>	<p>Buitenunit: 600 x 800 x 300 mm (lxbxh) </p> <p>Binnenunit: 1000 x 1000 x 2100 mm (lxbxh)</p> <p>Batterij: 1200 x 780 x 160 mm (lxbxh)</p> <p>Geïntegreerde binnenunit (warmtepomp/ventilatiesysteem/regeling) buiten de woning: 770 x 1430 x 2350 mm</p> <p>Verwijderen CV-ketel/expansievat/gasmeter levert ruimte op</p>
Nog te treffen maatregelen richting CO ₂ -neutraliteit		<ul style="list-style-type: none"> Vraagbeperking zeer wenselijk/noodzakelijk Opwekking duurzame elektra op dak (PV) en/of duurzame warmte (zonneboiler) mogelijk 	<ul style="list-style-type: none"> Opwekking duurzame elektra op dak (PV) en/of duurzame warmte (zonneboiler) mogelijk Verdere vraagbeperking: isolatie, douche-WTW etc. 	Geen	Geen
Veiligheid		<p>geen aardgas in woning</p> <p>geen risico op koolmonoxide</p>	<p>geen aardgas in woning</p> <p>geen risico op koolmonoxide</p>	<p>geen aardgas in woning</p> <p>geen risico op koolmonoxide</p>	<p>geen aardgas in woning</p> <p>geen risico op koolmonoxide</p>
Toelichting benodigde onderhoudswerkzaamheden		Periodiek onderhoud elektrische boiler	Periodiek onderhoud warmtepomp en mv-unit	Periodiek onderhoud warmtepomp en wtw-unit	Periodiek onderhoud warmtepomp en wtw-unit
Installatietechnische aandachtspunten		IR-panels als hoofdverwarming vergt grotere inzet van elektriciteitsnet (op wijkniveau meer middenspanningskasten)	<ul style="list-style-type: none"> Inpasbaarheid ventilatiekanalen Inpasbaarheid leidingenwerk voor krachtgroepen 	<ul style="list-style-type: none"> Groot aantal PV-panelen kan alsnog hoge piekstroom geven, met gevolgen op wijkniveau Inpasbaarheid aantal pv-panelen Inpasbaarheid ventilatiekanalen Inpasbaarheid leidingenwerk voor krachtgroepen Inpasbaarheid CO2-regeling in verblijfsruimten 	<ul style="list-style-type: none"> Minder kans op hoge piekstroom, minder gevolgen op wijkniveau (op wijkniveau beperkt aantal middenspanningskasten) Inpasbaarheid aantal pv-panelen Inpasbaarheid ventilatiekanalen Inpasbaarheid leidingenwerk voor krachtgroepen Inpasbaarheid CO2-regeling in verblijfsruimten Inpasbaarheid batterij
Esthetica	-	IR-panels aanbrengen in diverse ruimten in de woning en opstelplaats boiler voor warmtapwater 	<ul style="list-style-type: none"> Buitenunit op het dak/bij de gevel of in de tuin in combinatie met binnenunit in de woning  Geïntegreerde unit buiten naast de woning (warmtepomp, ventilatiesysteem en regeling) PV-panelen op het dak 	<ul style="list-style-type: none"> Buitenunit op het dak/bij de gevel of in de tuin in combinatie met binnenunit in de woning  Geïntegreerde unit buiten naast de woning (warmtepomp, ventilatiesysteem en regeling) PV-panelen op het dak 	<ul style="list-style-type: none"> Buitenunit op het dak/bij de gevel of in de tuin in combinatie met binnenunit in de woning  Batterij binnen of buiten in de woning Geïntegreerde unit buiten naast de woning (warmtepomp, ventilatiesysteem en regeling) PV-panelen op het dak
Comfort / behaaglijkheid		<ul style="list-style-type: none"> IR-panels leveren lokaal warmte kans op discomfort  Vraagbeperking (isolatie) noodzakelijk in verband met comfort en realiseren beperking piekvraag Natuurlijke ventilatie kan in de praktijk comfort- en binnenlucht kwaliteit problemen geven 	<ul style="list-style-type: none"> lage temperatuur ruimteverwarming Risico op koudeval Koeling mogelijk, bij bodem/water warmtepomp een voorwaarde en energiezuiniger dan bij een lucht/water warmtepomp  Aandacht voor maatregelen ter beperking installatiegeluid (buitenunit warmtepomp en ventilatiesysteem) 	<ul style="list-style-type: none"> lage temperatuur ruimteverwarming Koeling mogelijk, bij bodem/water warmtepomp een voorwaarde en energiezuiniger dan bij een lucht/water warmtepomp  Aandacht voor maatregelen ter beperking installatiegeluid (buitenunit warmtepomp en ventilatiesysteem) 	<ul style="list-style-type: none"> lage temperatuur ruimteverwarming Koeling mogelijk, bij bodem/water warmtepomp een voorwaarde en energiezuiniger dan bij een lucht/water warmtepomp  Aandacht voor maatregelen ter beperking installatiegeluid (buitenunit warmtepomp en ventilatiesysteem)




Overig	Diverse mogelijkheden om schil te isoleren en gasverbruik fors te verminderen: slim investering spreiden kan lock-in in 'halve' oplossing aardgasvrij voorkomen. B.v. stap voor stap schil zeer goed isoleren. TZT investeren in volledige (ventilatie)warmtepomp	Lock-in voor verdere energiebesparing doordat CV-systeem verwijderd is. Warmtepomp alleen nog met forse investering en desinvestering mogelijk. Ongeïsoleerde schil komt niet zoveel meer voor. Aanvullend isoleren = forse besparingsmogelijkheden op elektrische verwarming. Uitstellen van besparende maatregelen = nu meer IR-panelen nodig; deel van investering wordt in toekomst overbodig.	Lock-in door ventilatiesysteem zonder mechanische aanvoer: energie technisch verbeteren vergt structurele ingrepen in woning. Uitbreiding PV-panelen tot zelfde niveau energieneutraal wel mogelijk.	Overgedimensioneerd CV-systeem door nisolatie mogelijk (deels) geschikt voor lage-temperatuur verwarming met warmtepomp Aanvullende maatregelen mogelijk om energievraag te verminderen. (Zonneboiler, douche-WTW, ventilatiewarmtepomp ipv WTW)	Optie: toepassing van een bodem/water warmtepomp blijft ook bij lagere buitentemperaturen efficiënt en kan de elektrische piekvraag op zeer koude winterdagen verminderen ten opzichte van een lucht/water warmtepomp
--------	---	---	--	---	---

Rijwoning 1965- 1975 – HT-warmtenet



rijwoning 1965 - 1975


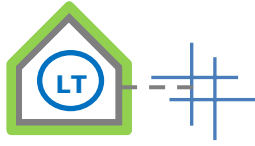
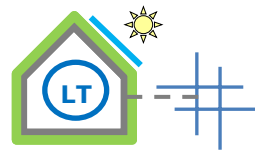
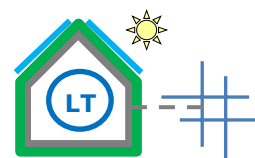
	Referentie	1. Aardgasvrij zonder energiebesparing		2. Aardgasvrij met goede isolatie		3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)	
Energiedrager	Gasconcept HR-combiketel 	HT-warmtenet 		HT-warmtenet 		HT-warmtenet 	
Energetische kenmerken	Matig geïsoleerde schil HR-combiketel Natuurlijk toe- en afvoer	Matig geïsoleerde schil HT-warmtenet Natuurlijk toe- en afvoer		Goed geïsoleerde schil HT-warmtenet Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer o.b.v. CO ₂ 8 PV-panelen		Zeer goed geïsoleerde schil HT-warmtenet Gebalanceerde ventilatie met WTW o.b.v. CO ₂ 24 PV-panelen	
Verwarming, tapwater en koken	1506 m ³ a.e.	175 kWh e	47,1 G.J.	175 kWh e	33,2 G.J.	175 kWh e	16,0 G.J.
Hulpenergie en huishoudelijk	3797 kWh e	3797 kWh e		3867 kWh e		4130 kWh e	
Opwekking (optioneel)				1840 kWh e		5520 kWh e	
Eenmalige kosten (indicatief/bandbreedte)		Investering: €10.000,-		Investering: €20.000,- á €25.000,-		Investering: €40.000,- á €45.000,-	
Beheerskosten (indicatief)	Vastrecht gas: € -220,-/jaar Vastrecht elektra: € -278,-/jaar Heffingskorting: € + 375,-/jaar Netto energie: € - 1708,-/jaar Onderhoudscontract ketel : € 50,-/jaar	Vaste kosten warmtenet: max € 309,-/jaar Vastrecht elektra: €- 278,-/jaar Heffingskorting: € + 375,-/jaar Netto energie: € - 1863,-/jaar		Vaste kosten warmtenet: max € 309,-/jaar Vastrecht elektra: €- 278,-/jaar Heffingskorting: € + 375,-/jaar Netto energie: € - 1194,-/jaar		Vastrecht gas: € 0,-/jaar Vastrecht elektra: € - 278,-/jaar Heffingskorting: € + 375,-/jaar Netto energie: € + 120,-/jaar Onderhoud vervangen filters p: €50,-/jaar	
Ingreep in de woning (tijdens werkzaamheden)	Bestaande CV (positie kan per woning verschillen) Gasmeter in meterkast	<ul style="list-style-type: none"> • Verwijderen CV-ketel en gasmeter, afdoppen gasleidingen • Afleverset in meterkast • NB: wijzigen leidingen bij CV-ketel op zolder • Bij aanleg graafwerkzaamheden in tuin/straat • Aanbrengen leidingen door kruipruimte/vloer • Boren (grotere) sparingen in meterkast voor aanvoer- en retourleidingen • Aanbrengen nieuwe radiatoren en waterzijdig inregelen • Mogelijk geen verzwaarde aansluiting in meterkast nodig (1 x 35A) • Aanbrengen leiding/elektra aansluiting in keuken voor koken op inductie • Aanpassen leidingtracé warm tapwater • Aanbrengen vuilwaterafvoer bij opstelplaats afleverset • Aanbrengen / vergroten ventilatie meterkast 		<ul style="list-style-type: none"> • Verwijderen CV-ketel en gasmeter, afdoppen gasleidingen • Afleverset in meterkast • NB: wijzigen leidingen bij CV-ketel op zolder • Bij aanleg graafwerkzaamheden in tuin/straat • Aanbrengen leidingen door kruipruimte/vloer • Boren (grotere) sparingen in meterkast voor aanvoer- en retourleidingen • Aanbrengen nieuwe radiatoren en waterzijdig inregelen • Mogelijk geen verzwaarde aansluiting in meterkast nodig (1 x 35A) • Aanbrengen leiding/elektra aansluiting in keuken voor koken op inductie • Aanbrengen vloerisolatie (3,5 m²K/W) • Aanbrengen dakisolatie (3,5 m²K/W) • Plaatsen HR⁺⁺-glas • Aanbrengen mv-unit en luchtkanalen • Aanbrengen PV-panelen/inverter • Aanpassen leidingtracé warm tapwater • Aanbrengen vuilwaterafvoer bij opstelplaats afleverset • Aanbrengen / vergroten ventilatie meterkast 		<ul style="list-style-type: none"> • Verwijderen CV-ketel en gasmeter, afdoppen gasleidingen • Afleverset in meterkast • NB: wijzigen leidingen bij CV-ketel op zolder • Bij aanleg graafwerkzaamheden in tuin/straat • Aanbrengen leidingen door kruipruimte/vloer • Boren (grotere) sparingen in meterkast voor aanvoer- en retourleidingen • Aanbrengen nieuwe radiatoren en waterzijdig inregelen • Mogelijk geen verzwaarde aansluiting in meterkast nodig (1 x 35A) • Aanbrengen leiding/elektra aansluiting in keuken voor koken op inductie • Aanbrengen vloerisolatie (5,0 m²K/W) • Aanbrengen gevelisolatie (4,5 m²K/W) • Aanbrengen dakisolatie (6,0 m²K/W) • Plaatsen nieuwe kozijnen met triple-glas • Aanbrengen wtw-unit en luchtkanalen • Aanbrengen PV-panelen/inverter • Aanpassen leidingtracé warm tapwater • Aanbrengen vuilwaterafvoer bij opstelplaats afleverset • Aanbrengen / vergroten ventilatie meterkast 	

Gewinning voor de bewoner	-	warmte afgifte blijft radiatoren	warmte afgifte blijft radiatoren <ul style="list-style-type: none"> Ventilatiesysteem zorgt voor luchtverversing op basis van CO2-regeling in verblijfsruimte 	<ul style="list-style-type: none"> warmte afgifte blijft radiatoren vervanging / schoonmaken filters wtw (periodiek) Ventilatiesysteem zorgt voor luchtverversing op basis van CO2-regeling in verblijfsruimte
Gebruik (permanente wijziging)		Koken op inductie + (deels) andere pannen	Koken op inductie + (deels) andere pannen	Koken op inductie + (deels) andere pannen
Ruimtebeslag		<ul style="list-style-type: none"> Afmeting afleverset: ± 570 x 170 x 390 mm (bxdxh) NB: bij hoogbouw aparte meterkast voor afleverset + distributieleidingen Verwijderen CV-ketel/expansievat/gasmeter levert ruimte op 	<ul style="list-style-type: none"> Afmeting afleverset: ± 570 x 170 x 390 mm (bxdxh) NB: bij hoogbouw aparte meterkast voor afleverset + distributieleidingen Verwijderen CV-ketel/expansievat/gasmeter levert ruimte op 	<ul style="list-style-type: none"> Afmeting afleverset: ± 570 x 170 x 390 mm (bxdxh) NB: bij hoogbouw aparte meterkast voor afleverset + distributieleidingen Verwijderen CV-ketel/expansievat/gasmeter levert ruimte op
Nog te treffen maatregelen richting CO ₂ -neutraliteit		<ul style="list-style-type: none"> Aanpak thermische schil in toekomst nodig Opwekking duurzame elektra op dak (PV) mogelijk Verduurzamen bron warmtenet (buiten bewoner om) 	<ul style="list-style-type: none"> Meer opwekking duurzame elektra op dak (PV) mogelijk Verduurzamen bron warmtenet (buiten bewoner om) 	<ul style="list-style-type: none"> Geen, op voorwaarde in de toekomst 100% duurzaam warmtenet
Veiligheid		geen aardgas in woning, geen risico op koolmonoxide	geen aardgas in woning, geen risico op koolmonoxide	geen aardgas in woning, geen risico op koolmonoxide
Toelichting benodigde onderhoudswerkzaamheden			Periodiek onderhoud mv-unit	Periodiek onderhoud wtw-unit
Installatietechnische aandachtspunten		<ul style="list-style-type: none"> Inpasbaarheid leidingenwerk voor krachtgroepen Inpasbaarheid leidingwerk warm water Inpasbaarheid afleverset in meterkast 	<ul style="list-style-type: none"> Inpasbaarheid aantal pv-panelen Inpasbaarheid ventilatiekanalen Inpasbaarheid leidingenwerk voor krachtgroepen Inpasbaarheid leidingwerk warm water Inpasbaarheid afleverset in meterkast Inpasbaarheid CO2-regeling in verblijfsruimten 	<ul style="list-style-type: none"> Groot aantal PV-panelen kan alsnog hoge piekstromen geven, met gevolgen op wijkniveau Inpasbaarheid aantal pv-panelen Inpasbaarheid ventilatiekanalen Inpasbaarheid leidingenwerk voor krachtgroepen Inpasbaarheid leidingwerk warm water Inpasbaarheid afleverset in meterkast Inpasbaarheid CO2-regeling in verblijfsruimten
Esthetica	-	Plaats afleverset binnen de woning, bij plaats in meterkast geen effect op esthetica 	<ul style="list-style-type: none"> Plaats afleverset binnen de woning, bij plaats in meterkast geen effect op esthetica  PV-panelen op het dak 	<ul style="list-style-type: none"> Plaats afleverset binnen de woning, bij plaats in meterkast geen effect op esthetica  PV-panelen op het dak
Comfort / behaaglijkheid		Midden temperatuur vergelijkbaar aan situatie met CV-ketel	Midden temperatuur vergelijkbaar aan situatie met CV-ketel	Midden temperatuur vergelijkbaar aan situatie met CV-ketel
Overig			Lock-in door ventilatiesysteem zonder mechanische aanvoer: energie technisch verbeteren vergt structurele ingrepen in woning. Uitbreiding PV-panelen tot zelfde niveau energieneutraal wel mogelijk.	




Rijwoning 1965- 1975 – LT-warmtenet



rijwoning 1965 - 1975

	Referentie	1. Aardgasvrij met isolerende maatregelen i.v.m. LT systeem		2. Aardgasvrij met verdere energiebesparing		3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)	
Energiedrager	Gasconcept HR-combiketel 	LT-warmtenet 		LT-warmtenet 		LT-warmtenet 	
Energetische kenmerken	Matig geïsoleerde schil HR-combiketel Natuurlijk toe- en afvoer	Goed geïsoleerde schil LT-warmtenet Natuurlijk toe- en afvoer		Goed geïsoleerde schil LT-warmtenet Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer o.b.v. CO ₂ 8 PV-panelen		Zeer goed geïsoleerde schil LT-warmtenet Gebalanceerde ventilatie met WTW o.b.v. CO ₂ 24 PV-panelen	
Verwarming, tapwater en koken	1506 m ³ a.e.	983 kWh e	29,3 G.J.	983 kWh e	24,5 G.J.	983 kWh e	7,2 G.J.
Hulpenergie en huishoudelijk	3797 kWh e	3797 kWh e		3867 kWh e		4130 kWh e	
Opwekking (optioneel)				1840 kWh e		5520 kWh e	
Eenmalige kosten (indicatief/bandbreedte)		Investering: €10.000,-		Investering: €20.000,- á €25.000,-		Investering: €40.000,- á €45.000,-	
Beheerskosten (indicatief)	Vastrecht gas: € -220,-/jaar Vastrecht elektra: € -278,-/jaar Heffingskorting: € + 375,-/jaar Netto energie: € - 1.708,-/jaar Onderhoudscontract ketel : € 50,-/jaar	Vaste kosten warmtenet: max € 309,-/jaar Vastrecht elektra: €- 278,-/jaar Heffingskorting: € + 375,-/jaar Netto energie: € - 1.621,-/jaar		Vaste kosten warmtenet: max € 309,-/jaar Vastrecht elektra: €- 278,-/jaar Heffingskorting: € + 375,-/jaar Netto energie: € - 1.158,-/jaar		Vastrecht gas: € 0,-/jaar Vastrecht elektra: € - 278,-/jaar Heffingskorting: € + 375,-/jaar Netto energie: € + 131,-/jaar Onderhoud vervangen filters : €50,-/jaar	



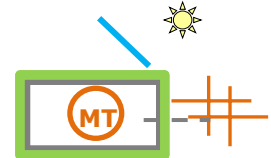
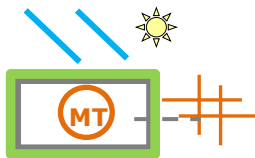
Ingrep in de woning (tijdens werkzaamheden)	Bestaande CV (positie kan per woning verschillen) Gasmeter in meterkast	<ul style="list-style-type: none"> • Verwijderen CV-ketel en gasmeter, afdoppen gasleidingen • Afleverset in meterkast • NB: wijzigen leidingen bij CV-ketel op zolder • Bij aanleg graafwerkzaamheden in tuin/straat • Aanbrengen leidingen door kruipruimte/vloer • Boren (grotere) sparingen in meterkast voor aanvoer- en retourleidingen • Aanbrengen nieuwe radiatoren en waterzijdig inregelen of keuze voor vloerverwarming (in tegenstelling tot radiatoren heeft vloerverwarming een ingrijpende renovatie van alle vloeren tot gevolg) • Mogelijk geen verzwaarde aansluiting in meterkast nodig (1 x 35A) • Aanbrengen leiding/elektra aansluiting in keuken voor koken op inductie • Aanpassen leidingtracé warm tapwater • Aanbrengen vuilwaterafvoer bij opstelplaats afleverset • Aanbrengen / vergroten ventilatie meterkast 	<ul style="list-style-type: none"> • Verwijderen CV-ketel en gasmeter, afdoppen gasleidingen • Afleverset in meterkast • NB: wijzigen leidingen bij CV-ketel op zolder • Bij aanleg graafwerkzaamheden in tuin/straat • Aanbrengen leidingen door kruipruimte/vloer • Boren (grotere) sparingen in meterkast voor aanvoer- en retourleidingen • Aanbrengen nieuwe radiatoren en waterzijdig inregelen of keuze voor vloerverwarming (in tegenstelling tot radiatoren heeft vloerverwarming een ingrijpende renovatie van alle vloeren tot gevolg) • Mogelijk geen verzwaarde aansluiting in meterkast nodig (1 x 35A) • Aanbrengen leiding/elektra aansluiting in keuken voor koken op inductie • Aanbrengen vloerisolatie (3,5 m²K/W) • Aanbrengen dakisolatie (3,5 m²K/W) • Plaatsen HR⁺⁺-glas • Aanbrengen mv-unit en luchtkanalen • Aanbrengen PV-panelen/inverter • Aanpassen leidingtracé warm tapwater • Aanbrengen vuilwaterafvoer bij opstelplaats afleverset • Aanbrengen / vergroten ventilatie meterkast 	<ul style="list-style-type: none"> • Verwijderen CV-ketel en gasmeter, afdoppen gasleidingen • Afleverset in meterkast • NB: wijzigen leidingen bij CV-ketel op zolder • Bij aanleg graafwerkzaamheden in tuin/straat • Aanbrengen leidingen door kruipruimte/vloer • Boren (grotere) sparingen in meterkast voor aanvoer- en retourleidingen • Aanbrengen nieuwe radiatoren en waterzijdig inregelen of keuze voor vloerverwarming (in tegenstelling tot radiatoren heeft vloerverwarming een ingrijpende renovatie van alle vloeren tot gevolg) • Mogelijk geen verzwaarde aansluiting in meterkast nodig (1 x 35A) • Aanbrengen leiding/elektra aansluiting in keuken voor koken op inductie • Aanbrengen vloerisolatie (5,0 m²K/W) • Aanbrengen gevelisolatie (4,5 m²K/W) • Aanbrengen dakisolatie (6,0 m²K/W) • Plaatsen nieuwe kozijnen met triple-glas • Aanbrengen wtw-unit en luchtkanalen • Aanbrengen PV-panelen/inverter • Aanpassen leidingtracé warm tapwater • Aanbrengen vuilwaterafvoer bij opstelplaats afleverset • Aanbrengen / vergroten ventilatie meterkast
Gewenning voor de bewoner	-	<ul style="list-style-type: none"> • Laag temperatuur afgifte in plaats van hoog temperatuur; • Geen nachtverlaging toepassen (max. 2°C) • Traag opwarmen na langere afwezigheid 	<ul style="list-style-type: none"> • Laag temperatuur afgifte in plaats van hoog temperatuur; • Geen nachtverlaging toepassen (max. 2°C) • Traag opwarmen na langere afwezigheid • Ventilatiesysteem zorgt voor luchtverversing op basis van CO₂-regeling in verblijfsruimte 	<ul style="list-style-type: none"> • Laag temperatuur afgifte in plaats van hoog temperatuur; • Geen nachtverlaging toepassen (max. 2°C) • Traag opwarmen na langere afwezigheid • vervanging / schoonmaken filters wtw (periodiek) • Ventilatiesysteem zorgt voor luchtverversing op basis van CO₂-regeling in verblijfsruimte
Gebruik (permanente wijziging)		Koken op inductie + (deels) andere pannen	Koken op inductie + (deels) andere pannen	Koken op inductie + (deels) andere pannen
Ruimtebeslag		<ul style="list-style-type: none"> • Afmeting afleverset: ± 570 x 170 x 390 mm (bxdxh) • NB: bij hoogbouw aparte meterkast voor afleverset + distributieleidingen • Verwijderen CV-ketel/expansievat/gasmeter levert ruimte op 	<ul style="list-style-type: none"> • Afmeting afleverset: ± 570 x 170 x 390 mm (bxdxh) • NB: bij hoogbouw aparte meterkast voor afleverset + distributieleidingen • Verwijderen CV-ketel/expansievat/gasmeter levert ruimte op 	<ul style="list-style-type: none"> • Afmeting afleverset: ± 570 x 170 x 390 mm (bxdxh) • NB: bij hoogbouw aparte meterkast voor afleverset + distributieleidingen • Verwijderen CV-ketel/expansievat/gasmeter levert ruimte op
Nog te treffen maatregelen richting CO ₂ -neutraliteit		<ul style="list-style-type: none"> • Aanpak thermische schil in toekomst nodig • Opwekking duurzame elektra op dak (PV) mogelijk • Verduurzamen bron warmtenet (buiten bewoner om) 	<ul style="list-style-type: none"> • Aanpak thermische schil in toekomst nodig • Meer opwekking duurzame elektra op dak (PV) mogelijk • Verduurzamen bron warmtenet (buiten bewoner om) 	<ul style="list-style-type: none"> • Geen, op voorwaarde in de toekomst 100% duurzaam warmtenet
Veiligheid		geen aardgas in woning, geen risico op koolmonoxide	geen aardgas in woning, geen risico op koolmonoxide	geen aardgas in woning, geen risico op koolmonoxide
Toelichting benodigde onderhoudswerkzaamheden			Periodiek onderhoud mv-unit	Periodiek onderhoud wtw-unit

Installatietechnische aandachtspunten		<ul style="list-style-type: none"> • Inpasbaarheid leidingenwerk voor krachtgroepen • Inpasbaarheid leidingwerk warm water • Inpasbaarheid afleverset in meterkast 	<ul style="list-style-type: none"> • Inpasbaarheid aantal pv-panelen • Inpasbaarheid ventilatiekanalen • Inpasbaarheid leidingenwerk voor krachtgroepen • Inpasbaarheid leidingwerk warm water • Inpasbaarheid afleverset in meterkast • Inpasbaarheid CO2-regeling in verblijfsruimte 	<ul style="list-style-type: none"> • Groot aantal PV-panelen kan alsnog hoge piekstroom geven, met gevolgen op wijkniveau • Inpasbaarheid aantal pv-panelen • Inpasbaarheid ventilatiekanalen • Inpasbaarheid leidingenwerk voor krachtgroepen • Inpasbaarheid leidingwerk warm water • Inpasbaarheid afleverset in meterkast • Inpasbaarheid CO2-regeling in verblijfsruimte
Esthetica	-	Plaats afleverset binnen de woning, bij plaats in meterkast geen effect op esthetica 	<ul style="list-style-type: none"> • Plaats afleverset binnen de woning, bij plaats in meterkast geen effect op esthetica  • PV-panelen op het dak 	<ul style="list-style-type: none"> • Plaats afleverset binnen de woning, bij plaats in meterkast geen effect op esthetica  • PV-panelen op het dak
Comfort / behaaglijkheid		LT afgiftesysteem geeft warmte langzamer af aan de ruimte dan met HT	LT afgiftesysteem geeft warmte langzamer af aan de ruimte dan met HT	LT afgiftesysteem geeft warmte langzamer af aan de ruimte dan met HT
Overig		Vloerverwarming is optioneel maar veroorzaakt een grotere en langdurige ingreep van alle vloeren in de woning	<ul style="list-style-type: none"> • Vloerverwarming is optioneel maar veroorzaakt een grotere en langdurige ingreep van alle vloeren in de woning • Lock-in door ventilatiesysteem zonder mechanische aanvoer: energie technisch verbeteren vergt structurele ingrepen in woning. • Uitbreiding PV-panelen tot zelfde niveau energieneutraal wel mogelijk. 	Vloerverwarming is optioneel maar veroorzaakt een grotere en langdurige ingreep van alle vloeren in de woning




Galerijwoning 1975- 1991 – MT-warmtenet



Galerijwoning 1975 - 1991

	Referentie	1. Aardgasvrij met isolerende maatregelen i.v.m. MT systeem		2. Aardgasvrij met verdere energiebesparing		3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)	
Energiedrager	Gasconcept HR-combiketel 	MT-warmtenet 		MT-warmtenet 		MT-warmtenet 	
Energetische kenmerken	Matig geïsoleerde schil HR-combiketel Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer	Goed geïsoleerde schil MT-warmtenet Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer		Goed geïsoleerde schil MT-warmtenet Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer o.b.v. CO ₂ 8 PV-panelen		Zeer goed geïsoleerde schil MT-warmtenet Gebalanceerde ventilatie met WTW o.b.v. CO ₂ 24 PV-panelen	
Verwarming, tapwater en koken	1299 m ³ a.e.	2600 kWh e	23,9 G.J.	2600 kWh e	16,9 G.J.	983 kWh e	5,3 G.J.
Hulpenergie en huishoudelijk	3624 kWh e	3564 kWh e		3564 kWh e		3732 kWh e	
Opwekking (optioneel)				1840 kWh e		5520 kWh e	
Enmalige kosten (indicatief/bandbreedte)		Investering: €10.000,-		Investering: €20.000,- á €25.000,-		Investering: €40.000,- á €45.000,-	
Beheerskosten (indicatief)	Vastrecht gas: € -220,-/jaar Vastrecht elektra: € -278,-/jaar Heffingskorting: € + 375,-/jaar Netto energie: € - 1.543,-/jaar Onderhoudscontract ketel : € 50,-/jaar	Vaste kosten warmtenet: max € 309,-/jaar Vastrecht elektra: €- 278,-/jaar Heffingskorting: € + 375,-/jaar Netto energie: € - 1.775,-/jaar		Vaste kosten warmtenet: max € 309,-/jaar Vastrecht elektra: €- 278,-/jaar Heffingskorting: € + 375,-/jaar Netto energie: € - 1.248,-/jaar		Vastrecht gas: € 0,-/jaar Vastrecht elektra: € - 278,-/jaar Heffingskorting: € + 375,-/jaar Netto energie: € -56,-/jaar Onderhoud vervangen filters : €50,-/jaar	






Ingrep in de woning (tijdens werkzaamheden)	Bestaande CV (positie kan per woning verschillen) Gasmeter in meterkast	<ul style="list-style-type: none"> • Verwijderen CV-ketel en gasmeter, afdoppen gasleidingen • Afleverset in meterkast • NB: wijzigen leidingen bij CV-ketel op zolder • Bij aanleg graafwerkzaamheden in tuin/straat • Aanbrengen leidingen door kruipruimte/vloer • Boren (grotere) sparingen in meterkast voor aanvoer- en retourleidingen • Aanbrengen nieuwe radiatoren en waterzijdig inregelen of keuze voor vloerverwarming (in tegenstelling tot radiatoren heeft vloerverwarming heeft een ingrijpende renovatie van alle vloeren tot gevolg) • Mogelijk geen verzwaarde aansluiting in meterkast nodig (1 x 35A) • Aanbrengen leiding/elektra aansluiting in keuken voor koken op inductie • Aanpassen leidingtracé warm tapwater • Aanbrengen vuilwaterafvoer bij opstelplaats afleverset • Aanbrengen / vergroten ventilatie meterkast 	<ul style="list-style-type: none"> • Verwijderen CV-ketel en gasmeter, afdoppen gasleidingen • Afleverset in meterkast • NB: wijzigen leidingen bij CV-ketel op zolder • Bij aanleg graafwerkzaamheden in tuin/straat • Aanbrengen leidingen door kruipruimte/vloer • Boren (grotere) sparingen in meterkast voor aanvoer- en retourleidingen • Aanbrengen nieuwe radiatoren en waterzijdig inregelen of keuze voor vloerverwarming (in tegenstelling tot radiatoren heeft vloerverwarming heeft een ingrijpende renovatie van alle vloeren tot gevolg) • Mogelijk geen verzwaarde aansluiting in meterkast nodig (1 x 35A) • Aanbrengen leiding/elektra aansluiting in keuken voor koken op inductie • Aanbrengen vloerisolatie (3,5 m²K/W) • Aanbrengen dakisolatie (3,5 m²K/W) • Plaatsen HR⁺⁺-glas • Aanbrengen mv-unit en luchtkanalen • Aanbrengen PV-panelen/inverter • Aanpassen leidingtracé warm tapwater • Aanbrengen vuilwaterafvoer bij opstelplaats afleverset • Aanbrengen / vergroten ventilatie meterkast 	<ul style="list-style-type: none"> • Verwijderen CV-ketel en gasmeter, afdoppen gasleidingen • Afleverset in meterkast • NB: wijzigen leidingen bij CV-ketel op zolder • Bij aanleg graafwerkzaamheden in tuin/straat • Aanbrengen leidingen door kruipruimte/vloer • Boren (grotere) sparingen in meterkast voor aanvoer- en retourleidingen • Aanbrengen nieuwe radiatoren en waterzijdig inregelen of keuze voor vloerverwarming (in tegenstelling tot radiatoren heeft vloerverwarming heeft een ingrijpende renovatie van alle vloeren tot gevolg) • Mogelijk geen verzwaarde aansluiting in meterkast nodig (1 x 35A) • Aanbrengen leiding/elektra aansluiting in keuken voor koken op inductie • Aanbrengen vloerisolatie (5,0 m²K/W) • Aanbrengen gevelisolatie (4,5 m²K/W) • Aanbrengen dakisolatie (6,0 m²K/W) • Plaatsen nieuwe kozijnen met triple-glas • Aanbrengen wtw-unit en luchtkanalen • Aanbrengen PV-panelen/inverter • Aanpassen leidingtracé warm tapwater • Aanbrengen vuilwaterafvoer bij opstelplaats afleverset • Aanbrengen / vergroten ventilatie meterkast
Gewenning voor de bewoner	-	<ul style="list-style-type: none"> • Laag temperatuur afgifte in plaats van hoog temperatuur; • Geen nachtverlaging toepassen (max. 2°C) • Traag opwarmen na langere afwezigheid 	<ul style="list-style-type: none"> • Laag temperatuur afgifte in plaats van hoog temperatuur; • Geen nachtverlaging toepassen (max. 2°C) • Traag opwarmen na langere afwezigheid • Ventilatiesysteem zorgt voor luchtverversing op basis van CO₂-regeling in verblijfsruimten 	<ul style="list-style-type: none"> • Laag temperatuur afgifte in plaats van hoog temperatuur; • Geen nachtverlaging toepassen (max. 2°C) • Traag opwarmen na langere afwezigheid • vervanging / schoonmaken filters wtw (periodiek) • Ventilatiesysteem zorgt voor luchtverversing op basis van CO₂-regeling in verblijfsruimten
Gebruik (permanente wijziging)		Koken op inductie + (deels) andere pannen	Koken op inductie + (deels) andere pannen	Koken op inductie + (deels) andere pannen
Ruimtebeslag		<ul style="list-style-type: none"> • Afmeting afleverset: ± 570 x 170 x 390 mm (bxdxh) • NB: bij hoogbouw aparte meterkast voor afleverset + distributieleidingen • Verwijderen CV-ketel/expansievat/gasmeter levert ruimte op 	<ul style="list-style-type: none"> • Afmeting afleverset: ± 570 x 170 x 390 mm (bxdxh) • NB: bij hoogbouw aparte meterkast voor afleverset + distributieleidingen • Verwijderen CV-ketel/expansievat/gasmeter levert ruimte op 	<ul style="list-style-type: none"> • Afmeting afleverset: ± 570 x 170 x 390 mm (bxdxh) • NB: bij hoogbouw aparte meterkast voor afleverset + distributieleidingen • Verwijderen CV-ketel/expansievat/gasmeter levert ruimte op
Nog te treffen maatregelen richting CO ₂ -neutraliteit		<ul style="list-style-type: none"> • Aanpak thermische schil in toekomst nodig • Opwekking duurzame elektra op dak (PV) mogelijk • Verduurzamen bron warmtenet (buiten bewoner om) 	<ul style="list-style-type: none"> • Aanpak thermische schil in toekomst nodig • Meer opwekking duurzame elektra op dak (PV) mogelijk • Verduurzamen bron warmtenet (buiten bewoner om) 	<ul style="list-style-type: none"> • Geen, op voorwaarde in de toekomst 100% duurzaam warmtenet
Veiligheid		geen aardgas in woning, geen risico op koolmonoxide	geen aardgas in woning, geen risico op koolmonoxide	geen aardgas in woning, geen risico op koolmonoxide
Toelichting benodigde onderhoudswerkzaamheden			Periodiek onderhoud mv-unit	Periodiek onderhoud wtw-unit





Installatietechnische aandachtspunten		<ul style="list-style-type: none"> • Inpasbaarheid leidingenwerk voor krachtgroepen • Inpasbaarheid leidingwerk warm water • Inpasbaarheid afleverset in meterkast 	<ul style="list-style-type: none"> • Inpasbaarheid aantal pv-panelen • Inpasbaarheid ventilatiekanalen • Inpasbaarheid leidingenwerk voor krachtgroepen • Inpasbaarheid leidingwerk warm water • Inpasbaarheid afleverset in meterkast • Inpasbaarheid CO2-regeling in verblijfsruimten 	<ul style="list-style-type: none"> • Groot aantal PV-panelen kan alsnog hoge piekstroom geven, met gevolgen op wijkniveau • Inpasbaarheid aantal pv-panelen • Inpasbaarheid ventilatiekanalen • Inpasbaarheid leidingenwerk voor krachtgroepen • Inpasbaarheid leidingwerk warm water • Inpasbaarheid afleverset in meterkast • Inpasbaarheid CO2-regeling in verblijfsruimten
Esthetica	-	Plaats afleverset binnen de woning, bij plaats in meterkast geen effect op esthetica 	<ul style="list-style-type: none"> • Plaats afleverset binnen de woning, bij plaats in meterkast geen effect op esthetica  • PV-panelen op het dak 	<ul style="list-style-type: none"> • Plaats afleverset binnen de woning, bij plaats in meterkast geen effect op esthetica  • PV-panelen op het dak
Comfort / behaaglijkheid		LT afgiftesysteem geeft warmte langzamer af aan de ruimte dan met HT, uit warmteverlies berekening moet blijken of voldoende afgiftevermogen wordt opgesteld	LT afgiftesysteem geeft warmte langzamer af aan de ruimte dan met HT, uit warmteverlies berekening moet blijken of voldoende afgiftevermogen wordt opgesteld	LT afgiftesysteem geeft warmte langzamer af aan de ruimte dan met HT
Overig		Vloerverwarming is optioneel maar veroorzaakt een grotere en langdurige ingreep van alle vloeren in de woning	<ul style="list-style-type: none"> • Vloerverwarming is optioneel maar veroorzaakt een grotere en langdurige ingreep van alle vloeren in de woning • Lock-in door ventilatiesysteem zonder mechanische aanvoer: energie technisch verbeteren vergt structurele ingrepen in woning. • Uitbreiding PV-panelen tot zelfde niveau energieneutraal wel mogelijk. 	Vloerverwarming is optioneel maar veroorzaakt een grotere en langdurige ingreep van alle vloeren in de woning

Vrijstaande woning < 1964 – Groengas



Vrijstaande woning < 1964

	Referentie	1. Aardgasvrij zonder energiebesparing	2. Aardgasvrij met goede isolatie	3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)	4. Energieneutraal met verminderen piekvraag
Energiedrager	Gasconcept HR-combiketel 	Groengas 	Groengas 	Groengas 	All-electric 
Energetische kenmerken	Ongeïsoleerde schil HR-107 combiketel Natuurlijk toe- en afvoer	Ongeïsoleerde schil HR-107 combiketel Natuurlijk toe- en afvoer	Geïsoleerde schil + HR ⁺⁺ -glas HR-107 combiketel Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer o.b.v. CO ₂ 8 PV-panelen	Zeer goed geïsoleerde schil + triple-glas Hybride Lucht/water warmtepomp i.c.m. cv-ketel Gebalanceerde ventilatie met WTW o.b.v. CO ₂ 24 PV-panelen	Zie concept 3 + verminderen piekvraag
Verwarming, tapwater en koken	4179 m ³ a.e.	4179 m ³ a.e.	2367 m ³ a.e.	2961 kWh e	246 m ³ a.e.
Hulpenergie en huishoudelijk	4092 kWh e	4092 kWh e	4162 kWh e	4425 kWh e	4425 kWh e
Opwekking (optioneel)			1840 kWh e	5520 kWh e	5520 kWh e
Eenmalige kosten (indicatief/bandbreedte)		n.v.t.	Investering: € 20.000,- á 25.000,-	Investering: € 60.000,- á 65.000,-	Investering: € 65.000,- á 70.000,-
Beheerskosten (indicatief)	Vastrecht gas: € -220,-/jaar Vastrecht elektra: € -278,-/jaar Heffingskorting: € + 375,-/jaar Netto energie: € - 3451,-/jaar Onderhoudscontract ketel : € 50,-/jaar	Vastrecht gas: € -220,-/jaar Vastrecht elektra: € -278,-/jaar Heffingskorting: € + 375,-/jaar Netto energie: € - 3395,-/jaar Onderhoudscontract ketel : € 50,-/jaar	Vastrecht gas: € -220,-/jaar Vastrecht elektra: € -278,-/jaar Heffingskorting: € + 375,-/jaar Netto energie: € - 1027,-/jaar Onderhoudscontract ketel : € 50,-/jaar	Vastrecht gas: € -220,-/jaar Vastrecht elektra: € -278,-/jaar Heffingskorting: € + 375,-/jaar Netto energie: € - 528,-/jaar Onderhoudscontract ketel : € 50,-/jaar Onderhoud vervangen filters : €50,-/jaar Onderhoudscontract warmtepomp : €150,-/jaar	Vastrecht gas: € -220,-/jaar Vastrecht elektra: € -278,-/jaar Heffingskorting: € + 375,-/jaar Onderhoudscontract ketel : € 50,-/jaar Onderhoud vervangen filters : €50,-/jaar Onderhoudscontract warmtepomp : €150,-/jaar Netto energie besparing bij vervallen salderingsregels: € +337,-/jaar
Ingrep in de woning (tijdelijk)	Plaats CV Gasmeter in meterkast	<ul style="list-style-type: none"> Behoud (positie) CV-ketel Behoud gaskookplaat, desgewenst vervangen door inductie 	<ul style="list-style-type: none"> Behoud gaskookplaat, desgewenst vervangen door inductie Aanbrengen mv-unit en ventilatiekanalen Aanbrengen PV-panelen op dak 	<ul style="list-style-type: none"> Aanbrengen hybride warmtepomp Behoud gaskookplaat, desgewenst vervangen door inductie Aanbrengen wtw-unit en ventilatiekanalen Aanbrengen PV-panelen op dak 	<ul style="list-style-type: none"> Aanbrengen hybride warmtepomp Behoud gaskookplaat, desgewenst vervangen door inductie Aanbrengen wtw-unit en ventilatiekanalen Aanbrengen PV-panelen op dak Aanbrengen slimme regeling en/of thuisaccu
Gewenning voor de bewoner	-	Geen, warmteafgifte blijft gelijk	Geen, warmteafgifte kan gelijk blijven Ventilatiesysteem zorgt voor luchtverversing op basis van CO ₂ -regeling in verblijfsruimten	<ul style="list-style-type: none"> Geen, warmteafgifte kan gelijk blijven vervanging / schoonmaken filters wtw (periodiek) 	<ul style="list-style-type: none"> Geen, warmteafgifte kan gelijk blijven vervanging / schoonmaken filters wtw (periodiek) gebruik van apparatuur tijdens aanbod zonne-energie
Gebruik (permanente wijziging)	-	-	-	-	-
Ruimtebeslag		<ul style="list-style-type: none"> CV-ketel blijft behouden 	<ul style="list-style-type: none"> CV-ketel blijft behouden 	<ul style="list-style-type: none"> CV-ketel blijft behouden Toevoegen lucht warmtepomp en buffervat 	<ul style="list-style-type: none"> CV-ketel blijft behouden Toevoegen lucht warmtepomp en buffervat Batterij: 1200 x 780 x 160 mm (lxbxh)
Nog te treffen maatregelen richting CO ₂ -neutraliteit		Aanpak thermische schil in toekomst nodig Opwekking duurzame elektra op dak (PV)	Aanpak thermische schil in toekomst nodig Opwekking duurzame elektra op dak (PV)	Aanpak thermische schil in toekomst nodig Opwekking duurzame elektra op dak (PV)	Aanpak thermische schil in toekomst nodig Opwekking duurzame elektra op dak (PV)
Veiligheid		biogas in woning risico op koolmonoxide	biogas in woning risico op koolmonoxide	biogas in woning risico op koolmonoxide	biogas in woning risico op koolmonoxide

Toelichting benodigde onderhoudswerkzaamheden			Periodiek onderhoud cv-ketel	Periodiek onderhoud cv-ketel, hybride warmtepomp en wtw-unit	Periodiek onderhoud cv-ketel, warmtepomp en wtw-unit
Installatietechnische aandachtspunten			<ul style="list-style-type: none"> Inpasbaarheid ventilatiekanalen Inpasbaarheid CO2-regeling in verblijfsruimten 	<ul style="list-style-type: none"> Groot aantal PV-panelen kan alsnog hoge piekstroom geven, met gevolgen op wijkniveau Inpasbaarheid warmtepomp en buffervat Inpasbaarheid aantal pv-panelen Inpasbaarheid ventilatiekanalen en wtw-unit Inpasbaarheid CO2-regeling in verblijfsruimten 	<ul style="list-style-type: none"> Groot aantal PV-panelen kan alsnog hoge piekstroom geven, met gevolgen op wijkniveau Inpasbaarheid warmtepomp en buffervat Inpasbaarheid aantal pv-panelen Inpasbaarheid ventilatiekanalen en wtw-unit Inpasbaarheid CO2-regeling in verblijfsruimten Inpasbaarheid batterij
Esthetica	-	Geen wijzigingen ten opzichte van referentiesituatie 	<ul style="list-style-type: none"> Geen wijzigingen in de woning ten opzichte van referentiesituatie, tenzij keuze hybride lucht/water PV-panelen op het dak 	<ul style="list-style-type: none"> Geen wijzigingen in de woning ten opzichte van referentiesituatie, tenzij keuze hybride lucht/water PV-panelen op het dak 	<ul style="list-style-type: none"> Geen wijzigingen in de woning ten opzichte van referentiesituatie, tenzij keuze hybride lucht/water PV-panelen op het dak Batterij binnen of buiten in de woning 
Comfort / behaaglijkheid		Hoog temperatuur gelijk aan situatie met CV-ketel	Hoog temperatuur gelijk aan situatie met CV-ketel	Hoog temperatuur gelijk aan situatie met CV-ketel	Hoog temperatuur gelijk aan situatie met CV-ketel
Overig			Lock-in door ventilatiesysteem zonder mechanische aanvoer: energie technisch verbeteren vergt structurele ingrepen in woning. Uitbreiding PV-panelen tot zelfde niveau energieneutraal wel mogelijk.		

Bijlage 4

Achtergrondinformatie


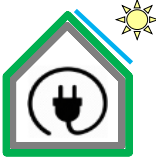

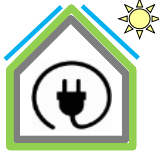
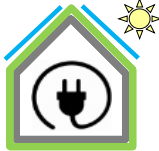


Indicatie investeringskosten

Woningtype: vrijstaande woning < 1964

Variant: all-electric

Indicatie

			aantal	prijs/stuk	kosten
Pakket 1		IR-panelen (thuisbaas) boiler 300 liter (thuisbaas) koken op inductie (kookplaat + aansluit + pannen) elektrische aanpassingen (stelpost)	8 1 1 1	900 3100 900 2000	€ 7.200,00 € 3.100,00 € 900,00 € 2.000,00 € 13.200,00
Pakket 2		vloerisolatie Rc: 3,5 spouwmuurisolatie Rc: 1,3 dakisolatie Rc: 3,5 HR++-glas - EBV lucht/water warmtepomp 8 kW natuurlijke toevoer / mechanische afvoer koken op inductie (kookplaat + aansluit + pannen) elektrische aanpassingen (stelpost) PV-panelen	1 1 1 1 1 1 1 1 8	2000 2700 7500 4800 10000 2300 900 2000 400	€ 2.000,00 € 2.700,00 € 7.500,00 € 4.800,00 € 10.000,00 € 2.300,00 € 900,00 € 2.000,00 € 3.200,00 € 35.400,00
Pakket 3	 	vloerisolatie Rc: 5,0 gevelisolatie Rc: 4,5 dakisolatie Rc: 6,0 triple-glas - EBV lucht/water warmtepomp 8 kW gebalanceerde ventilatie met WTW koken op inductie (kookplaat + aansluit + pannen) elektrische aanpassingen (stelpost) PV-panelen	1 1 1 1 1 1 1 1 24	3100 18000 9500 5800 10000 4100 900 2000 400	€ 3.100,00 € 18.000,00 € 9.500,00 € 5.800,00 € 10.000,00 € 4.100,00 € 900,00 € 2.000,00 € 9.600,00 € 63.000,00
Pakket 4		thuisaccu (10 kW) slimme regeling	1 1	6500 2000	€ 6.500,00 € 2.000,00 € 71.500,00

1. De investeringen zijn gebaseerd op de energiebesparingsverkenner van RvO. De kosten zijn inclusief BTW.



Indicatie investeringskosten
Woningtype: vrijstaande woning < 1964
Variante: biogas

Indicatie			aantal	prijs/stuk	kosten
Pakket 1		Geen maatregelen			€ -
					€ -
Pakket 2		vloerisolatie Rc: 3,5 spouwmuurisolatie Rc: 1,3 dakisolatie Rc: 3,5 HR++-glas - EBV natuurlijke toevoer / mechanische afvoer PV-panelen	1 1 1 1 1 8	2000 2700 7500 4800 2300 400	€ 2.000,00 € 2.700,00 € 7.500,00 € 4.800,00 € 2.300,00 € 3.200,00 € 22.500,00
Pakket 3		vloerisolatie Rc: 5,0 gevelisolatie Rc: 4,5 dakisolatie Rc: 6,0 triple-glas - EBV hybride warmtepomp met CV-ketel gebalanceerde ventilatie met WTW elektrische aanpassingen (stelpost) PV-panelen	1 1 1 1 1 1 1 24	3100 18000 9500 5800 8000 4100 2000 400	€ 3.100,00 € 18.000,00 € 9.500,00 € 5.800,00 € 8.000,00 € 4.100,00 € 2.000,00 € 9.600,00 € 60.100,00
Pakket 4		thuisaccu (10 kW) slimme regeling	1 1	6500 2000	€ 6.500,00 € 2.000,00 € 68.600,00

1. De investeringen zijn gebaseerd op de energiebesparingsverkenner van RvO. De kosten zijn inclusief BTW.



Indicatie investeringskosten
Woningtype: rijwoning 1965-1975
Variante: HT-warmtenet

Indicatie

			aantal	prijs/stuk	kosten
Pakket 1		aansluiting op warmtenet	1	6000	€ 6.000,00
		koken op inductie (kookplaat + aansluit + pannen)	1	900	€ 900,00
		aanpassingen in woning (stelpost)	1	2000	€ 2.000,00
Pakket 2		vloerisolatie Rc: 3,5	1	1800	€ 1.800,00
		dakisolatie Rc: 3,5	1	3900	€ 3.900,00
		HR++-glas - EBV	1	4400	€ 4.400,00
		aansluiting op warmtenet	1	6000	€ 6.000,00
		natuurlijke toevoer / mechanische afvoer	1	2300	€ 2.300,00
		koken op inductie (kookplaat + aansluit + pannen)	1	900	€ 900,00
		aanpassingen in woning (stelpost)	1	2000	€ 2.000,00
		PV-panelen	8	400	€ 3.200,00
				€ 24.500,00	
Pakket 3		vloerisolatie Rc: 5,0	1	2800	€ 2.800,00
		gevelisolatie Rc: 4,5	1	5400	€ 5.400,00
		dakisolatie Rc: 6,0	1	4800	€ 4.800,00
		triple-glas - EBV	1	5300	€ 5.300,00
		aansluiting op warmtenet	1	6000	€ 6.000,00
		gebalanceerde ventilatie met WTW	1	4100	€ 4.100,00
		koken op inductie (kookplaat + aansluit + pannen)	1	900	€ 900,00
		elektrische aanpassingen (stelpost)	1	2000	€ 2.000,00
		PV-panelen	24	400	€ 9.600,00

1. De investeringen zijn gebaseerd op de energiebesparingsverkenner van RvO. De kosten zijn inclusief BTW.



Indicatie investeringskosten
Woningtype: rijwoning 1965-1975
Variant: LT-warmtenet

Indicatie

		aantal	prijs/stuk	kosten	
Pakket 1		vloerisolatie Rc: 3,5	1	1800	€ 1.800,00
		gevelisolatie Rc: 3,5	1	5400	€ 5.400,00
		dakisolatie Rc: 3,5	1	3900	€ 3.900,00
		aansluiting op warmtenet	1	6000	€ 6.000,00
		opwekker tapwater (booster WP)	1	2500	€ 2.500,00
		koken op inductie (kookplaat + aansluit + pannen)	1	900	€ 900,00
		aanpassingen in woning (stelpost)	1	2000	€ 2.000,00
					€ 22.500,00
Pakket 2		vloerisolatie Rc: 3,5	1	1800	€ 1.800,00
		gevelisolatie Rc: 3,5	1	5400	€ 5.400,00
		dakisolatie Rc: 3,5	1	3900	€ 3.900,00
		HR++-glas - EBV	1	4400	€ 4.400,00
		aansluiting op warmtenet	1	6000	€ 6.000,00
		opwekker tapwater (booster WP)	1	2500	€ 2.500,00
		natuurlijke toevoer / mechanische afvoer	1	2300	€ 2.300,00
		koken op inductie (kookplaat + aansluit + pannen)	1	900	€ 900,00
		aanpassingen in woning (stelpost)	1	2000	€ 2.000,00
PV-panelen	8	400	€ 3.200,00		
			€ 32.400,00		
Pakket 3		vloerisolatie Rc: 5,0	1	2800	€ 2.800,00
		gevelisolatie Rc: 4,5	1	5400	€ 5.400,00
		dakisolatie Rc: 6,0	1	4800	€ 4.800,00
		triple-glas - EBV	1	5300	€ 5.300,00
		aansluiting op warmtenet	1	6000	€ 6.000,00
		opwekker tapwater (booster WP)	1	2500	€ 2.500,00
		gebalanceerde ventilatie met WTW	1	4100	€ 4.100,00
		koken op inductie (kookplaat + aansluit + pannen)	1	900	€ 900,00
		elektrische aanpassingen (stelpost)	1	2000	€ 2.000,00
		PV-panelen	24	400	€ 9.600,00
			€ 43.400,00		

1. De investeringen zijn gebaseerd op de energiebesparingsverkenner van RvO. De kosten zijn inclusief BTW.


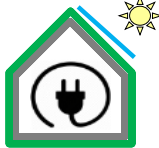
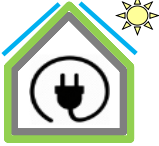



Indicatie investeringskosten

Woningtype: rijwoning 2005-heden

Variant: all-electric

Indicatie

			aantal	prijs/stuk	kosten
Pakket 1		IR-panels (thuisbaas)	6	900	€ 5.400,00
		boiler 300 liter (thuisbaas)	1	3100	€ 3.100,00
		koken op inductie (kookplaat + aansluit + pannen)	1	900	€ 900,00
		elektrische aanpassingen (stelpost)	1	2000	€ 2.000,00
Pakket 2		lucht/water warmtepomp 4 kW	1	8000	€ 8.000,00
		koken op inductie (kookplaat + aansluit + pannen)	1	900	€ 900,00
		elektrische aanpassingen (stelpost)	1	2000	€ 2.000,00
		PV-panels	8	400	€ 3.200,00
Pakket 3		vloerisolatie Rc: 5,0	1	1600	€ 1.600,00
		gevelisolatie Rc: 4,5	1	5000	€ 5.000,00
		dakisolatie Rc: 6,0	1	4500	€ 4.500,00
		triple-glas - EBV	1	5000	€ 5.000,00
		lucht/water warmtepomp 4 kW	1	8000	€ 8.000,00
		gebalanceerde ventilatie met WTW	1	3500	€ 3.500,00
		koken op inductie (kookplaat + aansluit + pannen)	1	900	€ 900,00
		elektrische aanpassingen (stelpost)	1	2000	€ 2.000,00
		PV-panels	24	400	€ 9.600,00
				€ 40.100,00	
Pakket 4		thuisaccu (10 kW)	1	6500	€ 6.500,00
		slimme regeling	1	2000	€ 2.000,00

1. De investeringen zijn gebaseerd op de energiebesparingsverkenner van RvO. De kosten zijn inclusief BTW.



Indicatie investeringskosten

Woningtype: galerijwoning 1975-1991

Variante: MT-warmtenet

Indicatie

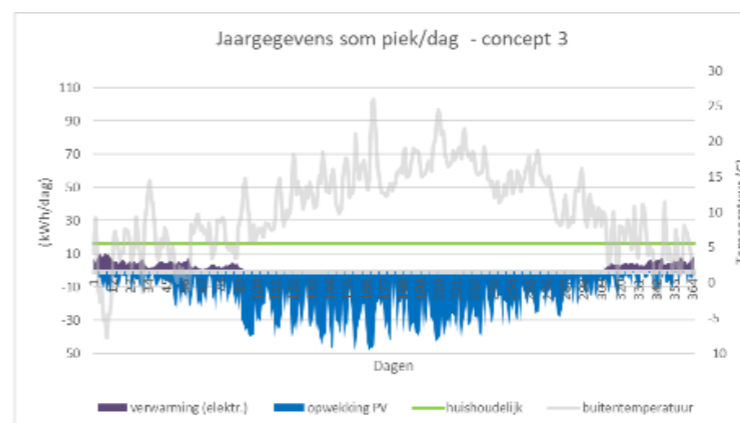
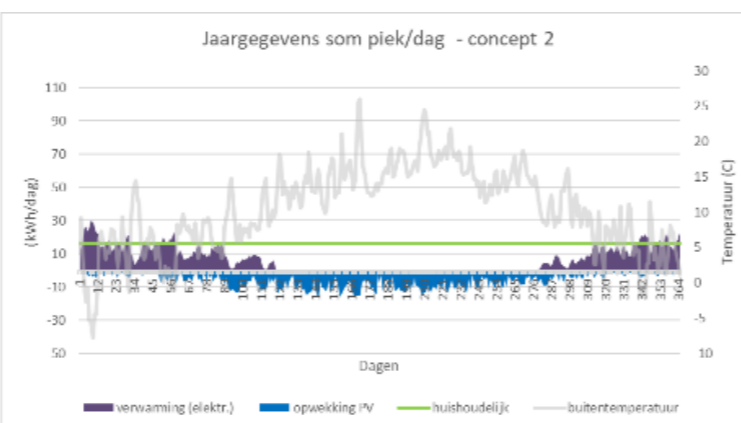
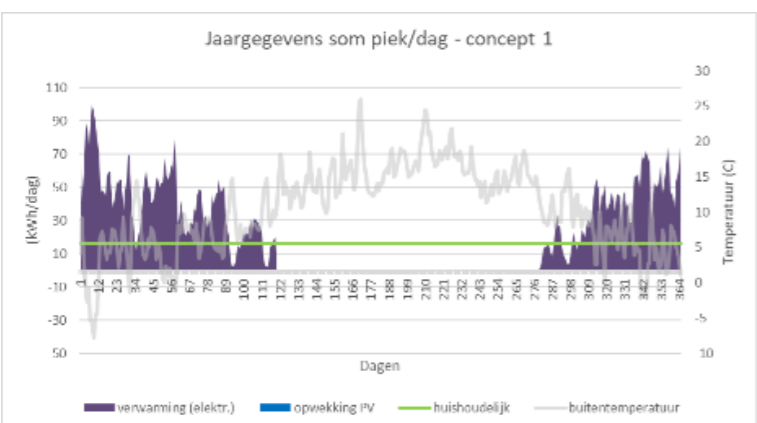
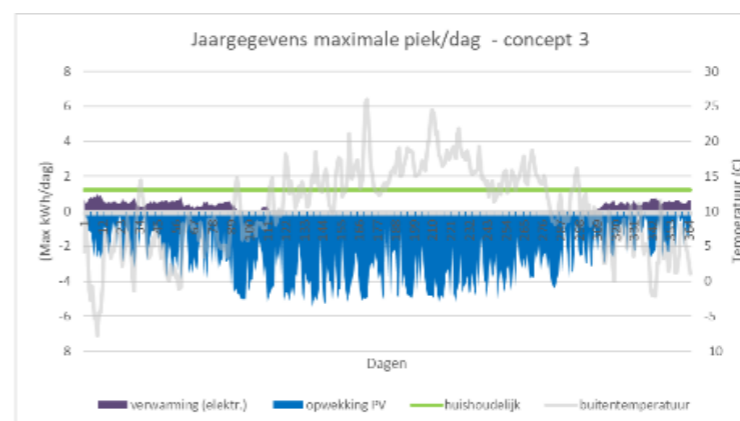
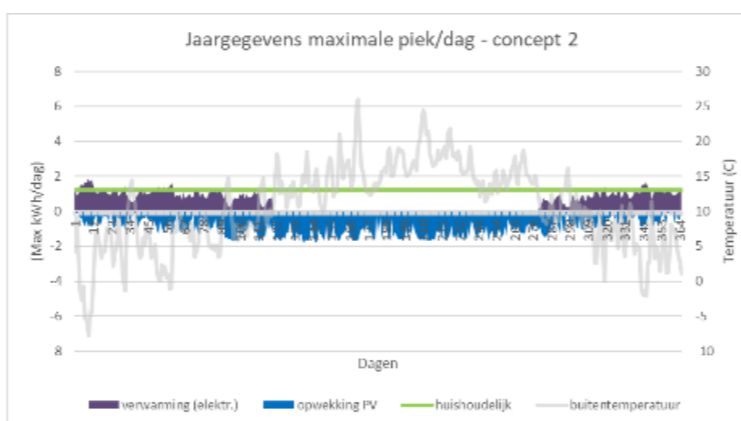
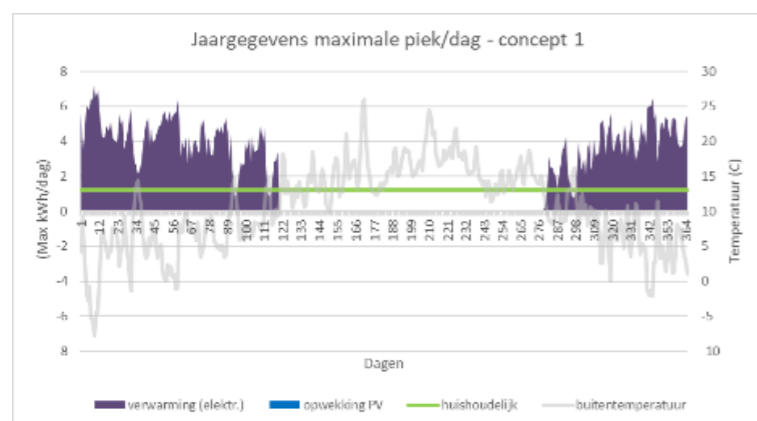
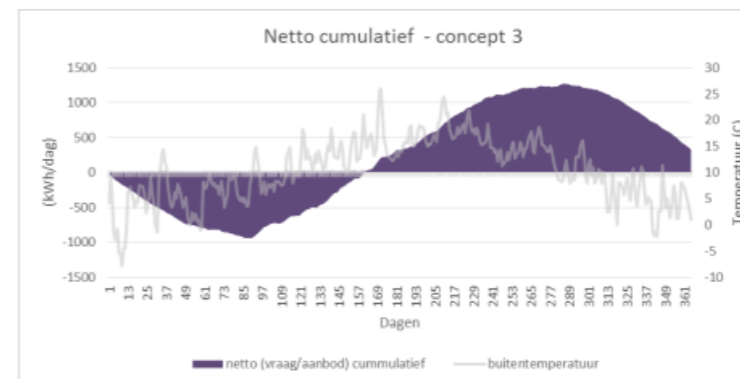
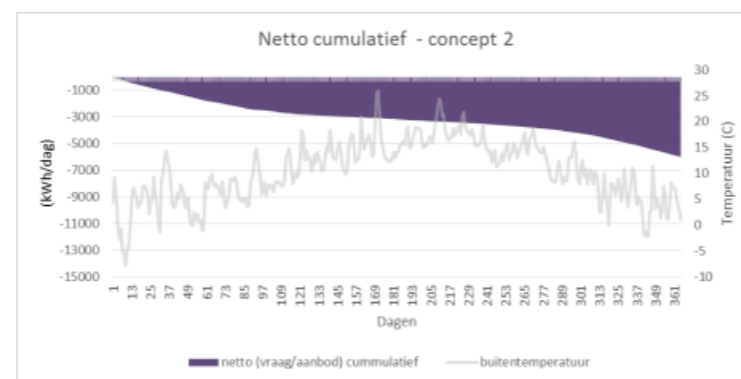
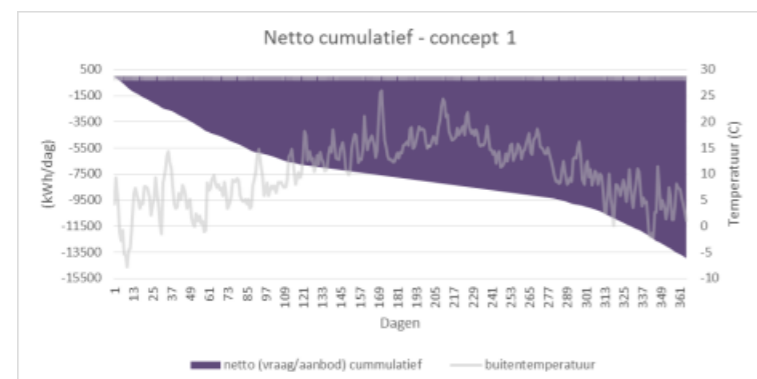
		aantal	prijs/stuk	kosten	
Pakket 1		vloerisolatie Rc: 3,5	1	1800	€ 1.800,00
		gevelisolatie Rc: 3,5	1	4700	€ 4.700,00
		aansluiting op warmtenet	1	6000	€ 6.000,00
		opwekker tapwater (booster WP)	1	2500	€ 2.500,00
		koken op inductie (kookplaat + aansluit + pannen)	1	900	€ 900,00
		aanpassingen in woning (stelpost)	1	2000	€ 2.000,00
				€ 17.900,00	
Pakket 2		vloerisolatie Rc: 3,5	1	1800	€ 1.800,00
		gevelisolatie Rc: 3,5	1	4700	€ 4.700,00
		HR++-glas - EBV	1	2500	€ 2.500,00
		aansluiting op warmtenet	1	6000	€ 6.000,00
		opwekker tapwater (booster WP)	1	2500	€ 2.500,00
		natuurlijke toevoer / mechanische afvoer	1	2300	€ 2.300,00
		koken op inductie (kookplaat + aansluit + pannen)	1	900	€ 900,00
		aanpassingen in woning (stelpost)	1	2000	€ 2.000,00
PV-panelen	8	400	€ 3.200,00		
				€ 25.900,00	
Pakket 3		vloerisolatie Rc: 5,0	1	2800	€ 2.800,00
		gevelisolatie Rc: 4,5	1	5400	€ 5.400,00
		triple-glas - EBV	1	2800	€ 2.800,00
		aansluiting op warmtenet	1	6000	€ 6.000,00
		opwekker tapwater (booster WP)	1	2500	€ 2.500,00
		gebalanceerde ventilatie met WTW	1	4100	€ 4.100,00
		koken op inductie (kookplaat + aansluit + pannen)	1	900	€ 900,00
		elektrische aanpassingen (stelpost)	1	2000	€ 2.000,00
		PV-panelen	24	400	€ 9.600,00
				€ 36.100,00	

1. De investeringen zijn gebaseerd op de energiebesparingsverkenner van RvO. De kosten zijn inclusief BTW.

gemiddeld huishoudelijk energiegebruik in NL	
Gas voor verwarming	1191 m3/j gas
Gas voor warm water	276 m3/j gas
Gas voor koken	37 m3/j gas
Elektriciteit	3300 kWh/j

Aantal bewoners	Gemiddeld hh in NL	Tweeverdieners	Gezin 2 kinderen	Seniorenstel	Alleenstaande	
	2,17	2	4	2	1	
Verwarming; gasverbruik		90%	120%	140%	70%	
Warm water; gasverbruik						
Koken op gas						
Verwarming en warm water elektriciteitsgebruik HR-ketel						
Verwarming en warm water elektriciteitsgebruik VR-ketel						
Verlichting	totaal in kWh/j	390	353	436	391	290
Huiskamer en keuken			90%	110%	110%	80%
Huiskamer en keuken	kWh/j	262	236	288	288	210
Gang, WC, Badkamer, zolder, garage, schuur			100%	110%	80%	60%
Gang, WC, Badkamer, zolder, garage, schuur	kWh/j	91	91	100	72,8	55
Slaapkamers			70%	130%	80%	70%
Slaapkamers	kWh/j	37	26	48	30	26
Wassen en drogen	totaal in kWh/j	437	662	918	90	90
Wasmachine keer per week aan		4,6	4	8	3	3
Wasmachine keer per jaar aan		220	192	384	144	144
Wasmachine jaarverbruik	kWh/j	138	120	241	90	90
Wasdroger keer per week aan		2,2	4	5	0	0
Wasdroger keer per jaar aan		106	192	240	0	0
Wasdroger jaarverbruik	kWh/j	299	542	677	0	0
Keuken	totaal in kWh/j	1323	1623	1424	379	434
Close-in boiler	kWh/j	220	220	220		
Oven	kWh/j	50	50	50	50	30
Overig (boiler, waterkoker, magnetron, afzuigkap, koffie)	kWh/j	300	300	400	150	150
Koelkast		279	496	363	179	198
Vaatwasser	keer per week	4,5	6	7	0	1
Vaatwasser	kWh/j	247	329	384	0	55
Extra koelkast	kWh/j	222	222	0	0	0
Overig elektriciteitsgebruik	totaal in kWh/j	825	600	1000	600	400
Totaal stand-by en steady state	kWh/j	356	400	600	400	200
Overig elektronica	kWh/j	469	200	400	200	200
Totaal electronica, incl stand-by	kWh/j	825	600	1000	600	400
Overig elektriciteitsgebruik, afhankelijk van woningtype en huishouden						
Diversen vrijstaande woning	kWh/j	400	500	700	400	200
Diversen Rijkswoning 65-75	kWh/j	200	300	500	300	100
Diversen galerijwoning 75-91	kWh/j	100	100	200	50	0
Diversen Rijkswoning 2005- nu	kWh/j	100	200	300	100	0
Totalen per woning en huishouden gemiddeld	Gemiddeld hh in NL	Tweeverdieners	Gezin 2 kinderen	Seniorenstel	Alleenstaande	
Vrijstaande woning < 64						
Gasgebruik verwarming, warm water + koken	m3/j aardgas	3.220	3.021	3.995	4.334	2.190
Gasgebruik omgerekend naar warmtegebruik	MJ/j	125.522	119.170	157.131	167.153	84.618
Elektriciteitsgebruik	kWh/j	3.610	3.946	4.743	2.194	1.589
Rijkswoning 65-75						
Gasgebruik verwarming, warm water + koken	m3/j aardgas	1.670	1.626	2.135	2.164	1.105
Gasgebruik omgerekend naar warmtegebruik	MJ/j	66.268	65.842	86.027	84.198	43.140
Elektriciteitsgebruik	kWh/j	3.296	3.649	4.418	1.925	1.401
Galerijwoning 75 - 91						
Gasgebruik verwarming, warm water + koken	m3/j aardgas	990	1.014	1.319	1.212	629
Gasgebruik omgerekend naar warmtegebruik	MJ/j	40.273	42.446	54.833	47.805	24.944
Elektriciteitsgebruik	kWh/j	3.145	3.407	4.064	1.601	1.263
Rijkswoning 2005 - nu						
Gasgebruik verwarming, warm water + koken	m3/j aardgas	630	690	887	708	377
Gasgebruik omgerekend naar warmtegebruik	MJ/j	26.511	30.060	38.318	28.538	15.310
Elektriciteitsgebruik	kWh/j	3.118	3.484	4.135	1.611	1.242
Realistisch hoog verbruik per woning en huishouden	Gemiddeld hh in NL	Tweeverdieners	Gezin 2 kinderen	Seniorenstel	Alleenstaande	
Vrijstaande woning < 64 VR						
Gasgebruik verwarming, warm water + koken	m3/j aardgas	5.396	5.017	6.644	7.331	3.693
Gasgebruik omgerekend naar warmtegebruik	MJ/j	242.644	228.844	302.032	325.530	164.320
Elektriciteitsgebruik	kWh/j	3.772	4.098	4.951	2.407	1.699
Rijkswoning 65-75 VR						
Gasgebruik verwarming, warm water + koken	m3/j aardgas	2.613	2.512	3.305	3.435	1.745
Gasgebruik omgerekend naar warmtegebruik	MJ/j	120.297	118.731	155.215	154.243	78.676
Elektriciteitsgebruik	kWh/j	3.365	3.712	4.503	2.019	1.454
Galerijwoning 75 - 91 VR						
Gasgebruik verwarming, warm water + koken	m3/j aardgas	1.371	1.394	1.814	1.696	876
Gasgebruik omgerekend naar warmtegebruik	MJ/j	65.695	69.589	89.693	77.801	40.455
Elektriciteitsgebruik	kWh/j	3.173	3.429	4.093	1.640	1.290
Rijkswoning 2005 - nu HR-ketel						
Gasgebruik verwarming, warm water + koken	m3/j aardgas	670	726	935	764	405
Gasgebruik omgerekend naar warmtegebruik	MJ/j	31.238	36.178	45.893	32.713	17.622
Elektriciteitsgebruik	kWh/j	3.126	3.487	4.136	1.624	1.257
Overige waarden gebruikt in berekeningen						
Aantal weken per jaar thuis	wk/j	48	basisgegevens Milieu Centraal			
Aantal dagen thuis per jaar	dagen/j	337	basisgegevens Milieu Centraal			
Energieinhoud aardgas	MJ/m3	35,17	basisgegevens Milieu Centraal			
Gasverbruik per l. warm water VR-ketel	m3/l gas per l water	0,00605	berekening Milieu Centraal			
Gasverbruik per l. warm water HR-ketel gemiddeld	m3/l gas per l water	0,00469	berekening Milieu Centraal			
Rendement gem. VR-ketel voor warm water	%	55	basisgegevens Milieu Centraal			
Rendement gem. HR-ketel voor warm water	%	70,9	basisgegevens Milieu Centraal			
Rendement VR-ketel voor verwarming	%	80	basisgegevens Milieu Centraal			
Rendement gemiddelde HR-ketel voor verwarming	%	92	basisgegevens Milieu Centraal			
Gemiddeld jaarverbruik inductiekookplaat	kWh/j	175	basisgegevens Milieu Centraal			

■ verwarming (elektr.)
 ■ opwekking PV
 ■ huishoudelijk
 — buitentemperatuur

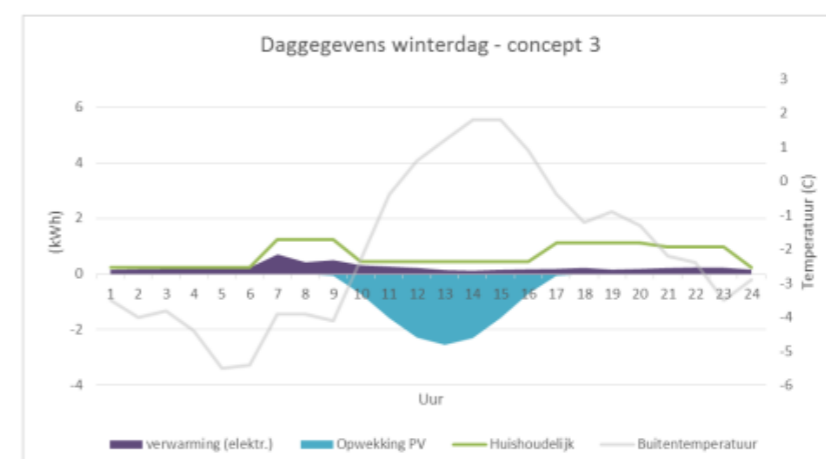
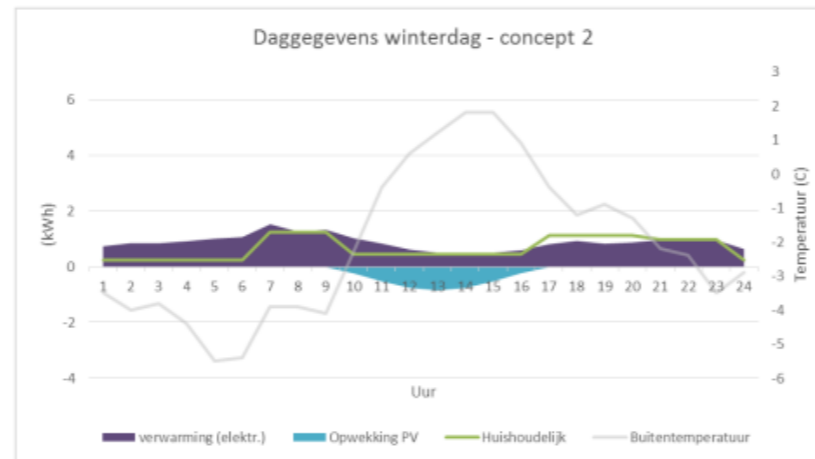
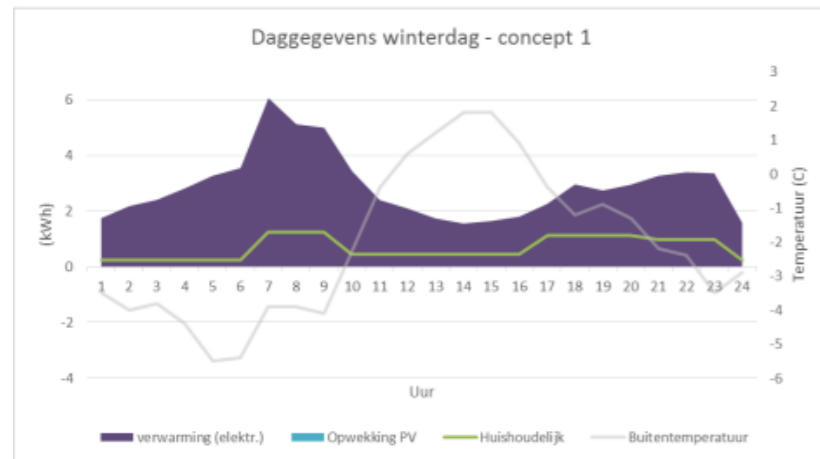
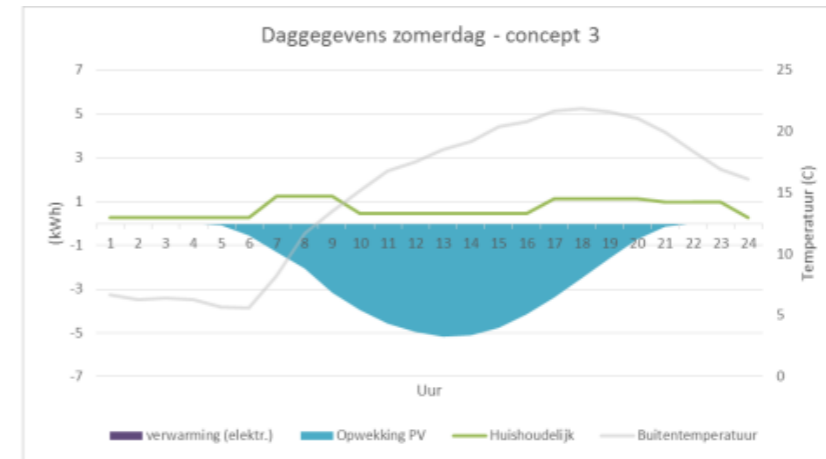
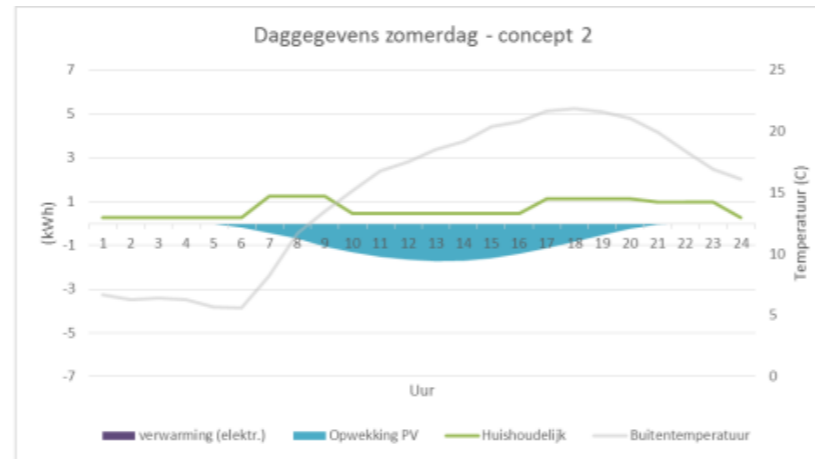
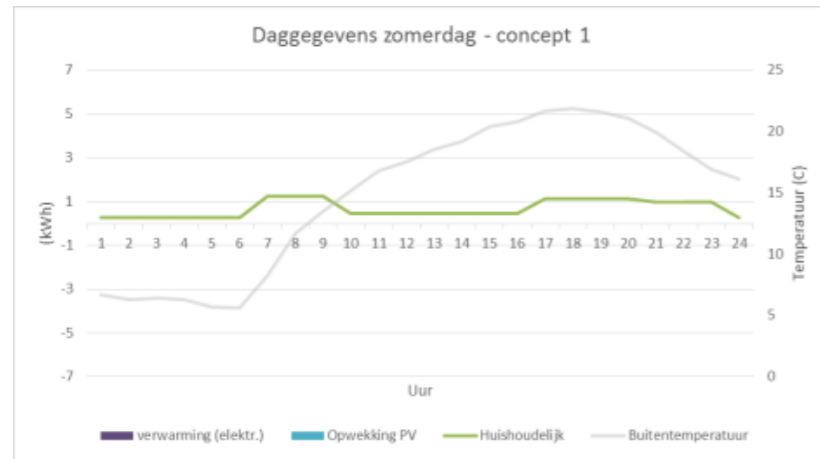


Concept 1
 Ongeïsoleerde schil
 $R_c: 0,3 \text{ m}^2 \text{ K/W}$
 IR-panelen / elec. boiler
 Natuurlijke toe- en afvoer

Concept 2
 Goede thermische schil ($R_c: 3,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$)
 Lucht/water warmtepomp
 Natuurlijke toevoer/mech. afvoer
 8 PV-panelen

Concept 3
 Verbeterde schil ($R_c: 5 \text{ á } 6 \text{ m}^2 \text{ K/W}$)
 Lucht/water warmtepomp
 gebalanceerde ventilatie met WTW
 24 PV-panelen

■ verwarming (elektr.)
 ■ opwekking PV
 ■ huishoudelijk
 — buitentemperatuur



Concept 1

Ongeïsoleerde schil ($R_c: 0,3 \text{ m}^2 \text{K/W}$)
 IR-panelen / elec. boiler
 Natuurlijke toe- en afvoer

Concept 2

Goede thermische schil ($R_c: 3,5 \text{ m}^2 \text{K/W}$)
 Lucht/water warmtepomp
 Natuurlijke toevoer/mech. afvoer
 8 PV-panelen

Concept 3

Verbeterde schil ($R_c: 5 \text{ á } 6 \text{ m}^2 \text{K/W}$)
 Lucht/water warmtepomp
 gebalanceerde ventilatie met WTW
 24 PV-panelen

Dagniveau all-electric maatregelenpakket 1 t/m 3, rijwoning 2005 - heden



RAADGEVENDE INGENIEURS

Nieman

Bouwfysica, -techniek en -regelgeving

Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.

Vestiging Utrecht

Atoomweg 400
Postbus 40217
3504 AA Utrecht
T 030-241 34 27

Vestiging Zwolle

Dr. Van Lookeren -
Campagneweg 16
Postbus 40147
8004 DC Zwolle
T 038-467 00 30



NI LID INGENIEURS

In 't Hart van de Bouw

Dit is een publicatie van:

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
Croeselaan 15 | 3521 BJ Utrecht
Postbus 8242 | 3503 RE Utrecht
T +31 (0) 88 042 42 42
E klantcontact@rvo.nl
www.rvo.nl

Deze publicatie is tot stand gekomen in opdracht van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.

© Rijksdienst voor Ondernemend Nederland | juni 2018
Publicatienummer: RVO-066-1801/RP-DUZA

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) stimuleert duurzaam, agrarisch, innovatief en internationaal ondernemen. Met subsidies, het vinden van zakenpartners, kennis en het voldoen aan wet- en regelgeving. RVO.nl werkt in opdracht van ministeries en de Europese Unie.

RVO.nl is een onderdeel van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.