



Duurzaam Slotervaart

**Rapportage verkennend onderzoek naar
verduurzaming en aardgasvrij**

Rapport

Kenmerken

Projectnummer	20956	Datum	26 juli 2023
Auteur	ir. M.A.W. Janssen	Co-lezer	ing. R.S. Raat
Onderwerp	Rapport		
Kenmerk	20956-726793	Status	Definitief
Opdrachtgever	De heer A. Burgmeijer Cornelis van Alkemadestraat 53 1065 AB AMSTERDAM	Uitgevoerd door	DWA B.V. Harderwijkweg 7 2803 PW GOUDA 088 - 163 53 00

Op al onze diensten en mededelingen is DNR 2011 van toepassing.

Inhoudsopgave

1	Aanleiding	4
1.1	Het onderzoek	4
2	Conclusies	6
2.1	Welke vervolgstappen zijn er nodig?	6
3	De wijk	8
3.1	Beschrijving van de wijk	8
3.2	Huidige staat van de woningen en kansen voor verduurzaming	9
4	Beschrijving van de technieken	14
4.1	Warmtenet 70°C	14
4.2	Warmtenet 15°C	16
4.3	Individuele warmtepomp	17
4.4	Individuele hybride warmtepomp	18
4.5	Andere warmteconcepten	18
4.6	Organisatievormen	19
4.7	Toepasbaarheid van de technieken in de woning	20
5	Conceptenvergelijking	23
5.1	Vergelijking op duurzaamheid	23
5.2	Kostenvergelijking	24
6	Energieopslag	27
6.1	Elektriciteitsopslag voor overbrugging dag-nachtcyclus	28
6.2	Seizoensopslag	29
6.3	Vergelijking van de opslagtechnieken	30
7	Bewonersavond	31
Bijlage 1 - Woningbezoeken		32

1 Aanleiding

De koplopersgroep Duurzaam Slotervaart in Amsterdam Nieuw-West is op zoek naar een verkenning voor verdere verduurzaming van de wijk (in hoofdstuk 3 is een omschrijving van de wijk te vinden). Na de 'kleinere' isolatiemaatregelen breekt voor de bewoner de fase aan van keuzes maken over meer kostbare ingrepen. Deze zijn veelal van een meer technische, bouwkundige aard. Hierbij is het belangrijk om nu keuzes te maken, waarbij slimme oplossingen op de lange termijn niet worden uitgesloten. De wijk bestaat op dit moment uit een hofjes structuur, met woningen die gebouwd zijn tussen 1946 en 1964. De woningen bestonden origineel uit twee bouwlagen, maar tegenwoordig zijn veel woningen uitgebreid met een extra verdieping of een uitbouw. De buurt kenmerkt zich door een sterk sociaal karakter. Via sociale media wordt veel gedeeld en er zijn al verschillende collectieve inkoopacties geweest met als doel de buurt te verduurzamen.

Het doel van dit onderzoek is bewoners duidelijkheid en handvatten te geven om zelf de volgende stappen te zetten in de verduurzaming van de wijk. De koplopers hebben het afgelopen jaar al acties gevoerd die hebben geleid tot meer groene daken en regentonnen. De meeste bewoners hebben al een aantal verbeteringen doorgevoerd in de woning. Zo zijn in verschillende woningen de spouwmuren geïsoleerd en is het glas vervangen door HR⁺⁺-glas. Dit is in samenwerking met het Regionale Energieloket uitgevoerd. Echter, er lijkt stagnatie op te treden. De vraag is wat voor bewoners de volgende stap in verduurzaming kan zijn.

1.1 Het onderzoek

In dit onderzoek ligt de focus op het zetten van de volgende stappen naar een Duurzaam Slotervaart. De eerste stappen in verduurzaming zijn al gezet. Maar hoe nu verder? Hiervoor worden de mogelijkheden op woningniveau, op wijkniveau en in de omgeving onderzocht. Naast deze rapportage worden warmtekaarten toegestuurd. Daarop is per techniek voor verduurzaming een overzicht gecreëerd van de voordelen, toepassing en kosten.

Mogelijkheden voor verduurzaming op woningniveau

Welke techniek gebruikt kan worden voor verwarming in de woning, is afhankelijk van de mate van isolatie en het soort verwarming in de woning (radiatoren, vloerverwarming et cetera). Hoe lager de benodigde temperatuur, hoe meer technieken kansrijk zijn. Om er achter te komen welke concepten kansrijk zijn voor de woningen in Slotervaart zijn vier woningen bezocht. Vervolgens is op basis van een wijkanalyse en bronnenanalyse in samenwerking met de koplopersgroep een keuze gemaakt voor vier duurzame technieken die kansrijk lijken voor de wijk. De onderstaande technieken zijn in dit rapport verder uitgewerkt.

- Warmtenet op 70°C met warmte uit de Sloterplas.
- Warmtenet op 15°C met warmte uit de Sloterplas.
- Individuele hybride warmtepomp als tussenoplossing naar volledig aardgasvrij.
- Individuele warmtepomp.

De warmtetransitie komt achter de voordeur van bewoners. We zien dat bewoners in de wijk de urgentie van de verduurzaming zien en al maatregelen treffen, maar ook dat er nog veel praktische vragen zijn. *Hoe beperk ik mijn warmtevraag? Kan ik zomaar mijn radiatoren vervangen of laat ik die beter nog even hangen? Welke warmteconcepten zijn er mogelijk in mijn woning?* Dit soort vragen zijn tijdens de bewonersavond beantwoord. De vragen die zijn gesteld en de antwoorden daarop zijn meegenomen in dit rapport en daarnaast ook gebundeld in de notulen van de bewonersavond.

Mogelijkheden voor verduurzaming omgeving: aansluiten op (lokale) oplossingen

Niet alleen Duurzaam Slotervaart is bezig met de verduurzaming. De gemeente Amsterdam heeft ook een plan. Het zou jammer zijn als keuzes die nu gemaakt worden, een beperking vormen in de toekomst. Om deze beperkingen te voorkomen, is het belangrijk om duidelijk te hebben welke initiatieven en plannen de gemeente op dit moment heeft. Sander Willemsen van de gemeente Amsterdam is de gebiedsregisseur en gaf aan dat er voor Slotervaart voor 2030 geen grootschalige verduurzaming gepland is. Dit betekent dat als de wijk nog niet aardgasvrij is tegen die tijd, de gemeente met een plan komt. Dit betekent echter niet dat de wijk zelf ook geen verduurzamingsinitiatieven kan uitvoeren voor die tijd. De gemeente moedigt juist aan om maatschappelijk gedragen plannen te vormen.

Mogelijk kan warmte uit de Sloterplas gehaald worden. En kan deze warmte alleen in het projectgebied benut worden of kan deze warmte gedeeld worden met andere buurten. De buurt Oostoever, ten noorden van het projectgebied, is ook onderzoek aan het doen naar deze warmteoptie.

Mogelijkheden voor verduurzaming op gebiedsniveau: energieopslag

Energie- en elektriciteitsopwekking is iets wat we in Nederland goed kunnen. Wat nu belangrijk wordt, is het opslaan van energie. Dit kan warmte zijn, maar ook elektriciteit. Door elektriciteit op te slaan, kan netcongestie worden verminderd en wellicht zelfs verdwijnen. Energieopslag kan individueel, per woning, maar ook collectief, met een deel van de buurt samen. De hofjesstructuur die in de buurt te vinden is, biedt wellicht mogelijkheden.

We zoeken uit wat het gebruik van een buurtaccu betekent voor de openbare ruimte in de wijk. We zorgen dat u alle benodigde informatie heeft om samen met de buurt verder te praten over deze accu's.

2 Conclusies

De bewoners in Slotervaart zijn al bezig met het verduurzamen van hun woningen. Er zijn al veel zonnepanelen geplaatst en veel huizen zijn al geïsoleerd. Ook zijn er enkele woningen met een (hybride) warmtepomp. Deze woningen zijn het voorbeeld dat de woningen aardgasvrij kunnen worden gemaakt.

Middentemperatuurwarmtenet minste aanpassingen in de woning

Op de bewonersavond kwam het middentemperatuur warmtenet op 70°C naar voren als het populairst onder de aanwezigen. Dit kwam onder andere doordat deze techniek minimale aanpassingen aan de woningen vereist. Daarnaast worden bewoners ontzorgd, omdat de organisatie centraal geregeld wordt. De bewonerslasten zijn voor alle technieken vergelijkbaar.

Hybride warmtepomp mogelijk als tussenoplossing naar aardgasvrij

Deze techniek was ook populair op de bewonersavond. Ook voor deze techniek geldt dat er weinig woningaanpassingen nodig zijn. Deze techniek is nog niet volledig aardgasvrij, maar er wordt al wel veel bespaard op het huidige aardgasgebruik. Dit geeft tijd om de woning goed te isoleren en het afgiftesysteem aan te passen en hiermee voor te bereiden op een volledige warmtepomp. De bewonerslasten zijn voor alle technieken vergelijkbaar.

Laagtemperatuurwarmtenet of individuele warmtepomp zijn technisch mogelijk, maar vereisen veel aanpassingen

Het laagtemperatuur warmtenet op 15 °C en de individuele warmtepomp waren niet populair op de bewonersavond. Er zijn veel aanpassingen aan de woningen nodig, zowel op het gebied van isolatie als het afgiftesysteem. Daarnaast is voor deze technieken meer ruimte nodig in de woning dan er voor het huidige systeem wordt gebruikt. Deze ruimte is in sommige woningen wel en in andere woningen niet beschikbaar. De bewonerslasten zijn voor alle technieken vergelijkbaar.

Energieopslag

Er zijn momenteel verschillende technieken voor energieopslag die nog volop in ontwikkeling zijn, zowel op technisch als financieel vlak. Hiervan zijn de Li-ion batterijen, ook wel bekend van de elektrische auto's en telefoons het verst in de ontwikkeling. Op dit moment zijn deze batterijen geschikt om op woningniveau zelfvoorzienender te worden. Op momenten dat er meer eigen productie dan consumptie is kan de zelf opgewekte zonnestroom opgeslagen worden in plaats van dat het teruggeleverd wordt aan het elektriciteitsnet. Op financieel vlak zijn de ontwikkelingen nog niet zo ver dat er door het gebruik van batterijen bespaard kan worden op de kosten.

Omdat de ontwikkelingen op financieel en technisch vlak nog volop in gang zijn, is het raadzaam om dit in de gaten te houden. Wat nu financieel nog geen goede investering is, kan dat over een paar jaar wel zijn. Daarnaast zijn er allemaal externe factoren die ook veranderen, bijvoorbeeld het afbouwen van de salderingsregeling. De verschillende opslagtechnieken zijn onafhankelijk van de gekozen warmtetechniek toe te passen voor de woningen.

2.1 Welke vervolgstappen zijn er nodig?

En nu? Hoe kan Duurzaam Slotervaart vervolgstappen zetten richting het aardgasvrij maken van de wijk? Op de bewonersavond kwamen twee technieken als het populairst naar voren. Afhankelijk van de wensen van buurtbewoners kan de haalbaarheid van deze twee technieken in meer detail bepaald worden in een aanvullend

onderzoek. Een eerste stap kan zijn om nogmaals met elkaar in gesprek te gaan en te kijken of er nog steeds veel animo is voor een collectieve techniek of wat er nodig is om deze interesse te vergroten. Welke criteria zijn belangrijk voor bewoners om een keuze te maken in een verwarmingsconcept?

Gaat dit puur om de investeringskosten of is geluidsoverlast in de wijk een doorslaggevende factor? Ook is het belangrijk om bewoners die nog niet aangehaakt zijn bij Duurzaam Slotervaart alsnog te betrekken. Hoe groter het commitment bij bewoners, hoe meer impact er kan worden gemaakt in de wijk. Hier kan ook gekeken worden naar mogelijkheden om mensen met minder financiële ruimte ook stappen te laten zetten in het verduurzamen van hun woning.

Op de bewonersavond kwam ook naar voren dat er interesse is om aan te sluiten op het bestaande warmtenet als deze uitgebreid zou worden. Hiervoor moet gepeild worden bij Westpoort Warmte/Vattenfall of er plannen zijn voor uitbreiding. Een mogelijkheid is het oprichten van een energiecoöperatie. Door aantoonbaar draagvlak te hebben in de wijk kan Westpoort Warmte/Vattenfall meer aanleiding zien om de uitrol van het warmtenet uit te voeren of te versnellen.

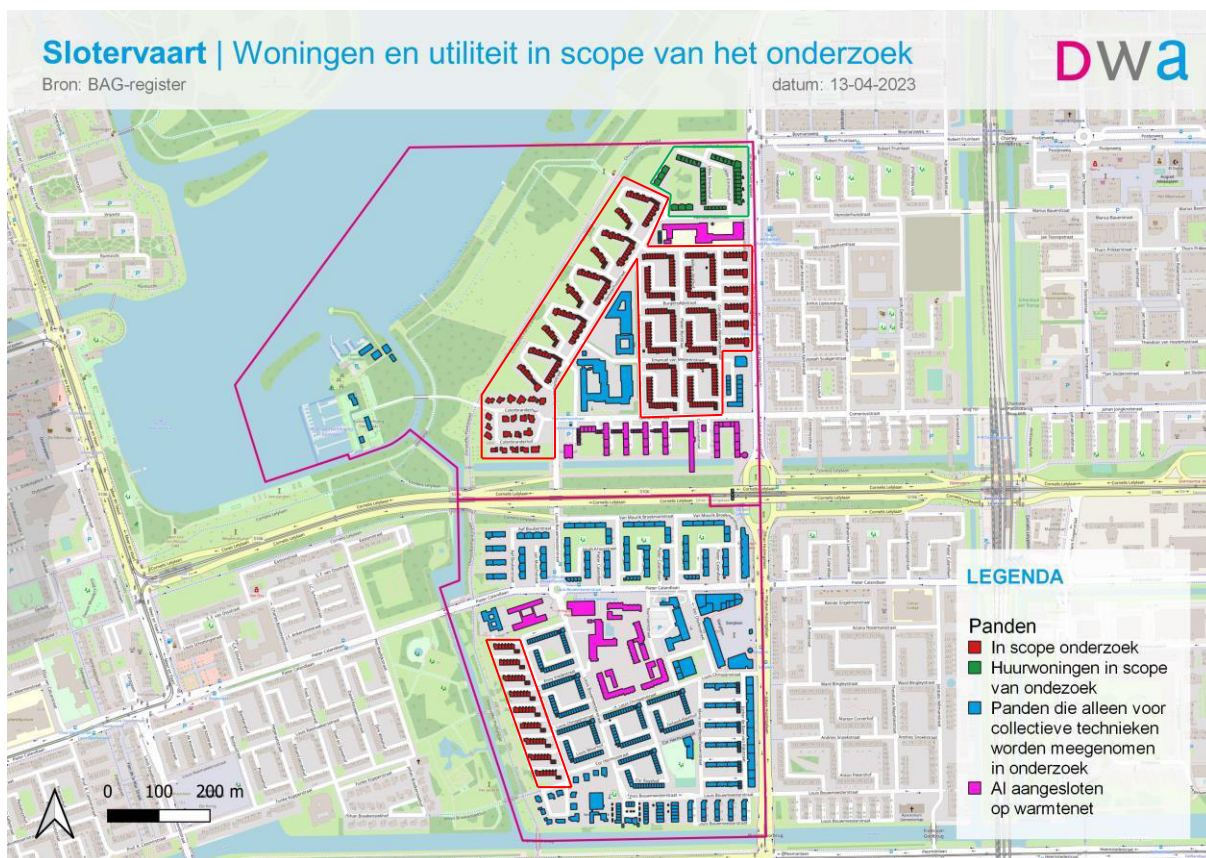
Een energiecoöperatie kan leden werven in de wijk om de draagkracht te vergroten. Het hebben van veel leden versterkt ook de samenwerkingspositie met gemeente of een commercieel warmtebedrijf. Ook is het eenvoudiger om subsidies aan te vragen voor vervolgonderzoek als energiecoöperatie. Daarnaast kan een energiecoöperatie helpen in de ontzorging van wijkbewoners door vervolgstappen gezamenlijk te regelen.

3 De wijk

3.1 Beschrijving van de wijk

Dit onderzoek richt zich op het deel van Slotervaart dat is gemarkeerd in figuur 1. Dit is het gebied waar Duurzaam Slotervaart actief is. In eerste instantie richt het onderzoek zich op de rode woningen (431 stuks, particulier bezit) en de groene woningen (180 stuks, in bezit van woningcorporatie). Voor een mogelijk collectief systeem worden ook de blauwe panden meegenomen in het onderzoek om te kijken of schaalvergroting financiële voordelen oplevert (1.311 woningen en 25.876 m² utiliteit). De roze panden vallen buiten de scope van het onderzoek omdat deze al zijn aangesloten op het warmtenet van Westpoort Warmte/Vattenfall.

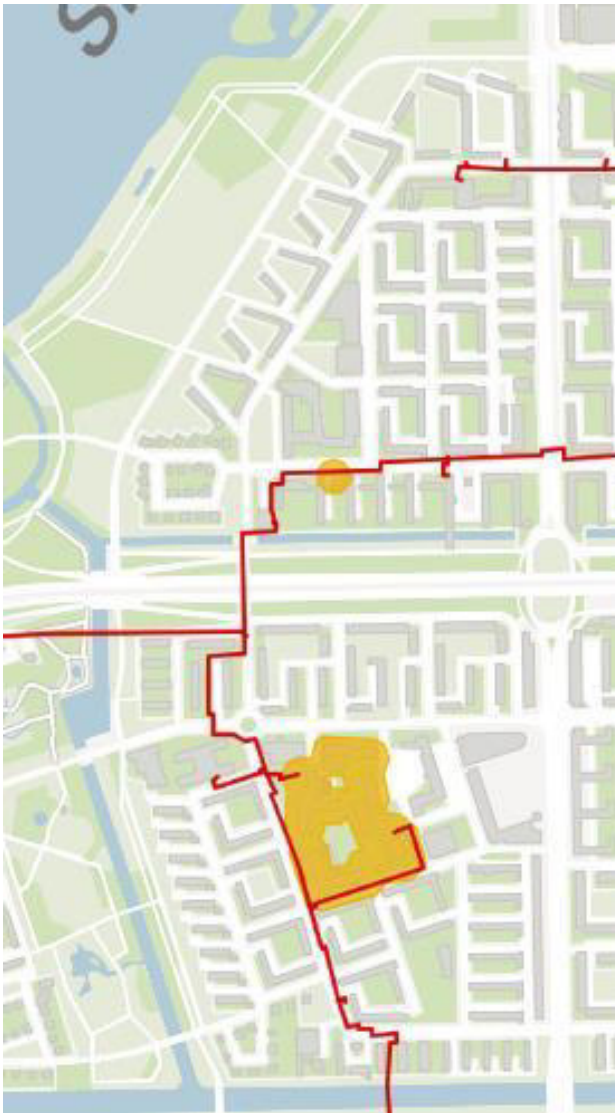
De woningen binnen de scope van het onderzoek zijn gebouwd tussen 1956 en 1960. De woningen in particulier bezit zijn rijwoningen met twee of drie bouwlagen. De huurwoningen zijn appartementen. Een deel van de wijk is opgebouwd in een hofjesstructuur.



Figuur 1 Scope van het onderzoek

Warmtenet in de wijk

In de wijk ligt het warmtenet van Westpoort Warmte waarvan Vattenfall mede-eigenaar is. In figuur 1 is met roze aangegeven welke panden zijn aangesloten en in figuur 2 is aangegeven waar het warmtenet loopt.



Figuur 2 Warmtenet van Westpoort Warmte

3.2 Huidige staat van de woningen en kansen voor verduurzaming

Om gevoel te krijgen bij de wijk en te kijken wat de huidige staat van de woningen is, zijn er vier voorbeeldwoningen bezocht in de wijk. Figuur 3 toont de locaties van de bezochte woningen. Tijdens de woningbezoeken is gekeken naar isolatie, ventilatie, het huidig verwarmingssysteem, de temperatuur van het cv-water, de aanwezigheid van zonnepanelen, mogelijke ruimte in de woning voor techniek en de huidige gas- en elektra-aansluiting.

Tabel 1 toont het energiegebruik van de woningen die bezocht zijn.



Figuur 3 Locaties van woningbezoeken

Tabel 1 Energiegebruik van de bezochte woning in vergelijking met gemiddelde waarden

Locatie	Kenmerken	Gemiddeld aardgasgebruik [m ³ /jaar]	Gemiddeld elektriciteitsgebruik [kWh/jaar]
Woningbezoek 1: Bakhuizen van Den Brinkhof 10	Rijwoning met twee bouwlagen, 91 m ² , nog niet veel geïsoleerd	364	820
Woningbezoek 2: Willem Mollhof 6	Rijwoning met drie bouwlagen, 125 m ² , redelijk geïsoleerd	1.200	4.125
Woningbezoek 3: Cornelis van Alkemadestraat 15	Rijwoning met drie bouwlagen, 150 m ² , redelijk geïsoleerd, hybride warmtepomp, zonnepanelen, elektrische auto	531	4.886
Woningbezoek 4: Pieter Borstraat 21	Rijwoning met drie bouwlagen, 147 m ² , redelijk geïsoleerd, zonnepanelen	1.293	-179 (jaarlijks meer opwek van zonnepanelen dan verbruik)
Gemiddeldes in de wijk (bron: CBS data op postcode-6 niveau)			
Appartementen	182 woningen, gemiddeld 60 m ²	1.152	2.035
Rij- en hoekwoningen	398 woningen, gemiddeld 106 m ²	1.642	2.567
Twee-onder-één-kap en vrijstaande woningen	25 woningen, gemiddeld 170 m ²	1.552	5.180

Conclusies van de woningbezoeken

Veel woningen in de wijk hebben al een of meerdere isolatiemaatregelen doorgevoerd. De bezochte woning die nog het meest in de originele staat was, was voorzien van dubbelglas. In de wijk hebben veel woningen een dakopbouw, de meesten zijn in de laatste 20-30 jaar geplaatst. In deze jaren waren de isolatiestandaarden al veel beter dan tijdens de oorspronkelijke bouw waardoor veel woningen dus over een geïsoleerd dak en een geïsoleerde bovenste verdieping beschikken.

De woningen hebben geen officiële kruipruimte. In de loop van de tijd is de grond onder de woningen verzakt waardoor er een ruimte is ontstaan. Het verschilt erg per woning hoeveel ruimte er is onder de vloer. Bij veel woningen is de ruimte niet bereikbaar. Zolang de ruimte onder de vloer niet in verbinding staat met de buitenlucht, is het warmteverlies beperkt. Dit komt omdat de grond veel minder koud wordt in de winter dan de buitenlucht. Als er toegang is tot de kruipruimte is het mogelijk deze te isoleren met isolatieparels. Hierdoor kan er bespaard worden op het energiegebruik, maar de invloed is vele malen kleiner dan bijvoorbeeld het vervangen van glas door isolerend HR⁺⁺-glas.

Tijdens de woningbezoeken hebben we twee woningen gezien die al met een verwarmingstemperatuur van 50°C aangenaam warm konden worden. Beiden woningen waren redelijk geïsoleerd. De ene woning had spouwmuurisolatie en dubbelglas. De andere woning had een recente dakopbouw en dus een goed geïsoleerde derde woonlaag en in de rest van de woning dubbelglas. Om met 50°C te kunnen verwarmen, is het dus niet noodzakelijk om én het dak én het glas én de gevel te isoleren. Dit is echter wel aan te raden om het energiegebruik verder te reduceren. De woningen die met 50°C cv-water comfortabel warm blijven, kunnen al met bijvoorbeeld een hybride warmtepomp verwarmd worden. Een warmtepomp werkt efficiënter bij lagere temperaturen en verbruikt dan dus minder stroom.

Eén van de bezochte woningen heeft een hybride warmtepomp. Tabel 1 laat zien dat deze woning minder dan een derde van het gemiddelde gasgebruik in de wijk heeft. Door een hybride warmtepomp te installeren, kan er dus al fors worden bespaard op het aardgasgebruik. Belangrijk om te melden is dat de bewoner de instellingen van de warmtepomp dusdanig heeft aangepast dat de cv-ketel alleen warm tapwater bereidt ongeacht de buitentemperatuur. In de meeste gevallen helpt de cv-ketel ook met het maken van warmte voor ruimteverwarming op het moment dat de warmtepomp dit met een minder goed rendement begint te doen.

Voor het plaatsen van zonnepanelen om duurzame stroom op te wekken zijn de platte daken in de wijk erg geschikt. Een deel van de woningen is al voorzien van zonnepanelen, bijvoorbeeld het derde en vierde huis die bezocht zijn. Het vierde huis heeft zelfs zoveel zonnepanelen dat er op jaarbasis meer wordt opgewekt dan verbruikt.

De beschikbare ruimte wordt in de bezochte woningen goed gebruikt. Er is niet direct vrije ruimte voor een grotere verwarmingsinstallatie dan het huidige systeem. Dit betekent niet dat het niet mogelijk is om ruimte te maken voor de techniek. Het is aan de individuele woningeigenaren om te beslissen of het gewenst is de ruimte vrij te maken voor techniek.

Uitleg isolatiemogelijkheden

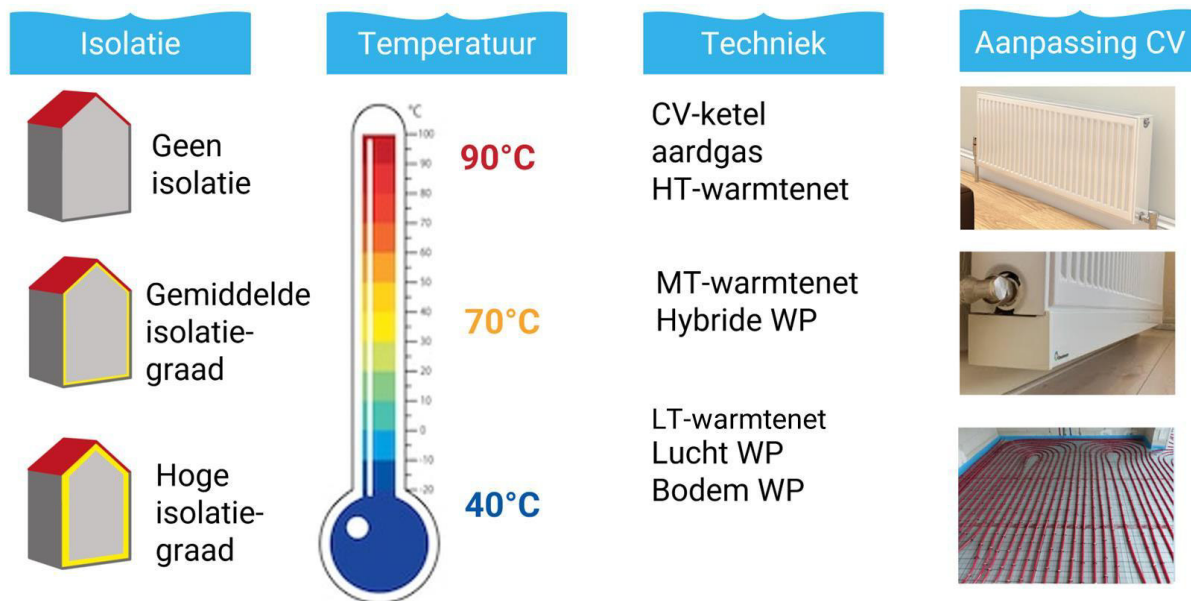
Met het isoleren van een woning kan er flink bespaard worden op het energiegebruik. Daarnaast draagt isolatie bij aan het wooncomfort, omdat er minder sprake is van tocht en muren of ramen bijvoorbeeld minder koud zullen aanvoelen.

Een goed geïsoleerde woning kan met een lagere verwarmingstemperatuur aangenaam warm worden. Niet geïsoleerde woningen hebben een temperatuur nodig van ongeveer 90°C (hogetemperatuur HT), slecht tot matig geïsoleerde woningen hebben een temperatuur nodig van ongeveer 70°C (midentemperatuur MT) en redelijk tot goed geïsoleerde woningen al met 50°C aangenaam warm kunnen worden. Erg goed geïsoleerde woningen

kunnen met 30°C (lagetemperatuur LT) worden verwarmd. Meer isolatie en daardoor een lagere verwarmingstemperatuur is ook voordelig voor de efficiëntie van de verwarmingsinstallatie, die werken efficiënter op lagere temperaturen.

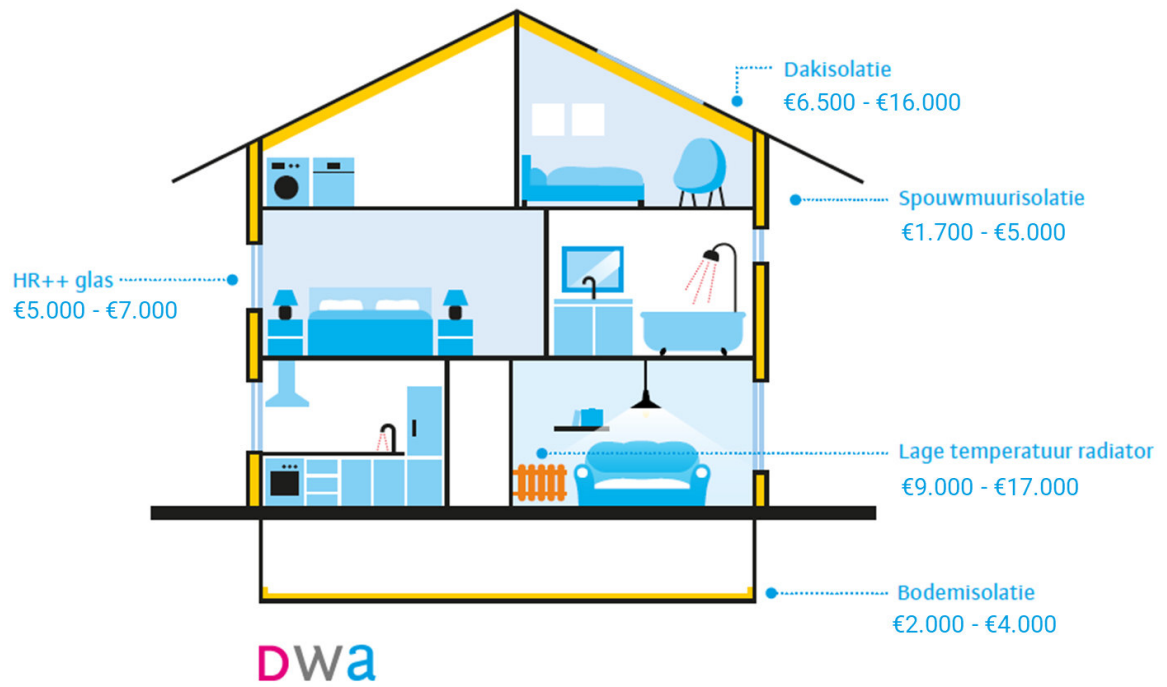
Verwarmingstemperaturen van 50-90°C passen bij een afgiftesysteem van radiatoren (de bovenste en middelste foto in figuur 4, waarbij de middelste foto aanvullende radiatorventilatoren wat zorgt voor meer afgifte van warmte en soms nodig is als de temperatuur lager is). Verwarmingstemperaturen van 30-50°C passen bij een afgiftesysteem met vloerverwarming (de onderste foto in figuur 4) of laagtemperatuurconvectoren.

De relatie tussen isolatie, verwarmingstemperatuur en het afgiftesysteem is gevisualiseerd in figuur 4.



Figuur 4 Relatie tussen isolatie, temperatuur en afgiftesysteem

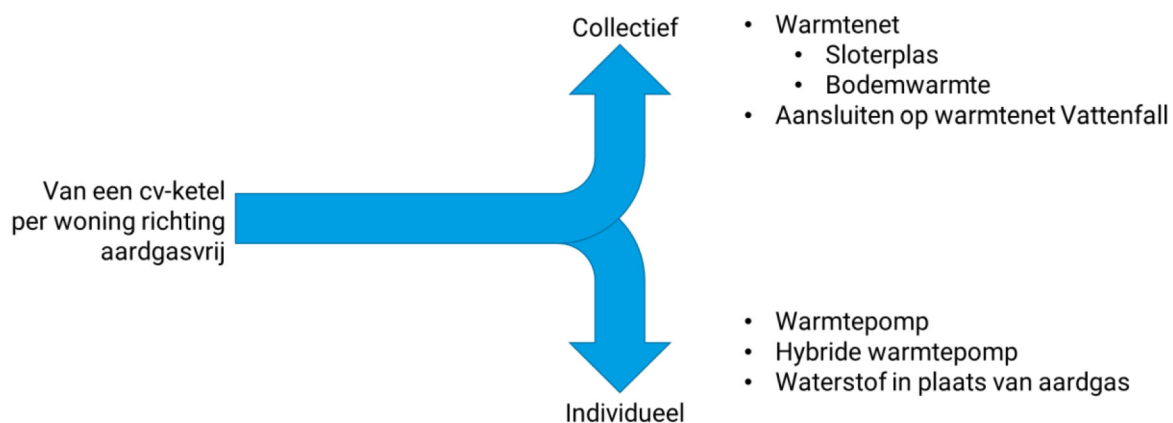
In figuur 5 staan de kosten voor isolatie voor de woningen in Slotervaart. Per categorie is er een range. De kleinere woningen horen bij de laagste prijs en de grotere woningen bij de hogere prijs. Om volledig aardgasvrij te zijn, komen bovenop de isolatiekosten ook kosten voor de overstap naar elektrisch koken.



Figuur 5 Kosten voor isolatie (exclusief btw)

4 Beschrijving van de technieken

Woningen kunnen op verschillende manieren richting aardgasvrij. Er is onderscheid te maken tussen collectieve opties en individuele opties, zie ook figuur 6. Collectieve opties zijn bijvoorbeeld het aanleggen van een warmtenet in de wijk dat gebruikmaakt van warmte uit de Sloterplas of aansluiten op het bestaande warmtenet van Westpoort Warmte/Vattenfall. Individuele opties zijn een (hybride) warmtepomp of bijvoorbeeld een waterstofketel.

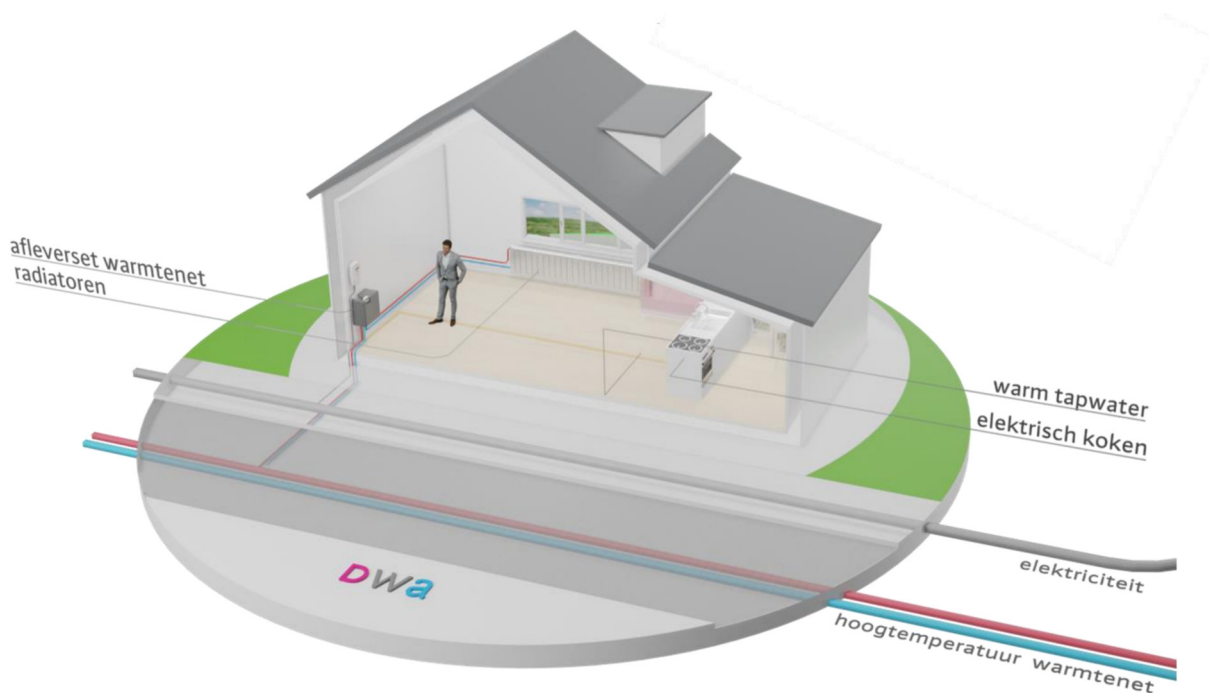


Figuur 6 Mogelijkheden richting aardgasvrije woningen

In overleg met Duurzaam Slotervaart zijn vier technieken gekozen die verder uitgewerkt zijn. Deze worden in de volgende paragrafen uitgebreid toegelicht. Naast deze vier technieken zijn er nog vele andere technieken waarvan er een aantal in paragraaf 4.5 kort worden toegelicht.

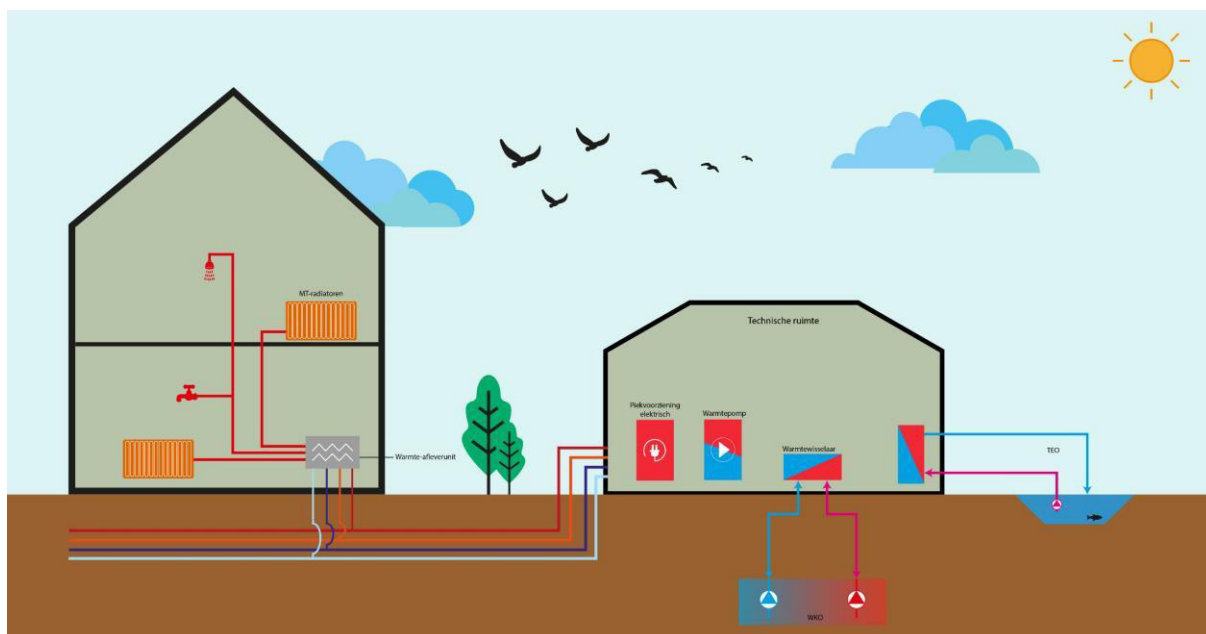
4.1 Warmtenet 70°C

Bij deze techniek lopen er buizen met warm water door de straat: één buis met de aanvoer van 70°C en één retourleiding. De warmte wordt aan de woningen geleverd met een afleverset waar een warmtewisselaar in zit. De warmte van 70°C kan met bestaande radiatoren en zonder aanvullende isolatie de woningen comfortabel warm krijgen. Wel is het aan te raden om de woningen te isoleren, om de energievraag te beperken. Hoe deze techniek er in de woning uitziet, is te zien in figuur 7. Een aansluiting op een warmtenet heeft als voordeel dat er onbeperkt warm water kan worden gebruikt, bijvoorbeeld voor het douchen of een bad. Er is geen boiler die op den duur leeg is waardoor er alleen maar koud water uit de kraan komt.



Figuur 7 Warmtenet 70°C in de woning

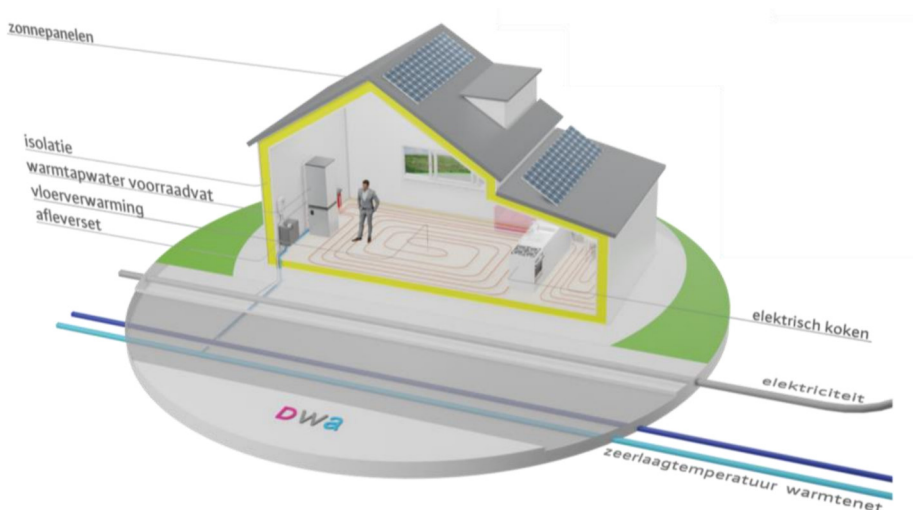
Een van de mogelijke bronnen om deze warmte te maken is met warm water uit de Sloterplas in de zomer. Dit water wordt met warmtepompen in een centrale technische ruimte op een temperatuur van 70°C gebracht. In de winter kan er geen warmte uit de Sloterplas worden gehaald. Daarom wordt in de zomer het water uit de Sloterplas opgeslagen in een warmte- en koudeopslag (wko) in de bodem. In de winter wordt het warme water uit de wko gebruikt in plaats van warmte direct uit de Sloterplas. Vanuit de centrale technische ruimte wordt het warme water in het warmtenet richting de woningen gepompt. In figuur 8 is een schematische tekening van de werking van de techniek te zien.



Figuur 8 Warmtenet 70°C met warmte uit de Sloterplas, in de afbeelding ook met twee leidingen voor koeling. In de concepten is koeling bij het warmtenet op 70°C niet meegenomen.

4.2 Warmtenet 15°C

Bij deze techniek lopen er buizen met water van 15°C door de straat: één buis met de aanvoer en één retourleiding. De warmte wordt aan de woningen geleverd met een warmtewisselaar. Na de warmtewisselaar verwarmt een warmtepomp het water verder op tot 30-50°C om de woning te kunnen verwarmen. Het warme tapwater wordt met een boiler¹ gemaakt. Om de woning comfortabel warm te krijgen, is het noodzakelijk om goed te isoleren en om het warmteafgiftesysteem te vervangen door een systeem dat geschikt is voor lage temperaturen, bijvoorbeeld vloerverwarming of laagtemperatuurconvectoren. Hoe deze techniek er in de woning uitziet, is te zien in figuur 9.



Figuur 9 Warmtenet 15°C in de woning

Een van de mogelijke warmtebronnen is de warmte uit de Slotterplas te halen in de zomer. Dit water wordt rondgepompt in het warmtenet richting de woningen. In de winter kan er geen warmte uit de Slotterplas worden gehaald. Daarom wordt in de zomer het water uit de Slotterplas opgeslagen in een wko. In de winter wordt het water uit de wko gebruikt in plaats van direct uit de Slotterplas. In figuur 10 is een schematische tekening van de werking van de techniek te zien.

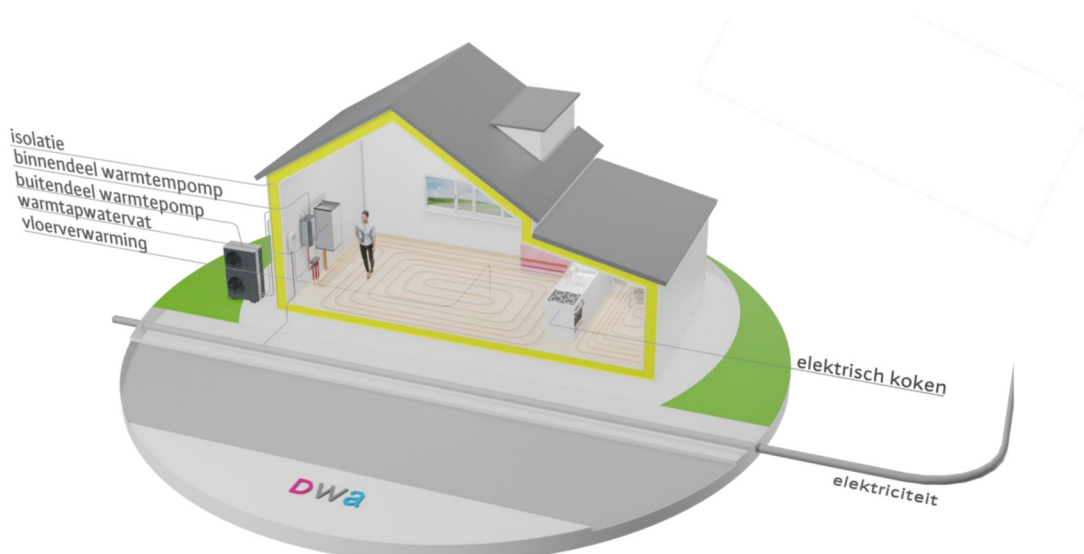
¹ Een boiler voor het tapwater is de meest gebruikelijke optie, daarnaast zijn er ook andere technieken beschikbaar met andere voor- en nadelen.



Figuur 10 Warmtenet 15°C met warmte uit de Sloterplas

4.3 Individuele warmtepomp

De individuele warmtepomp haalt warmte uit de buitenlucht en warmt dit op tot 30-50°C. Het warme tapwater wordt met een boiler² gemaakt. Om de woning comfortabel warm te krijgen, is het noodzakelijk om goed te isoleren en om het warmteafgiftesysteem te vervangen door een systeem dat geschikt is voor lage temperaturen, bijvoorbeeld vloerverwarming of laagtemperatuurconvectoren. Hoe deze techniek er in de woning uitziet, is te zien in figuur 11.



Figuur 11 Individuele warmtepomp in de woning

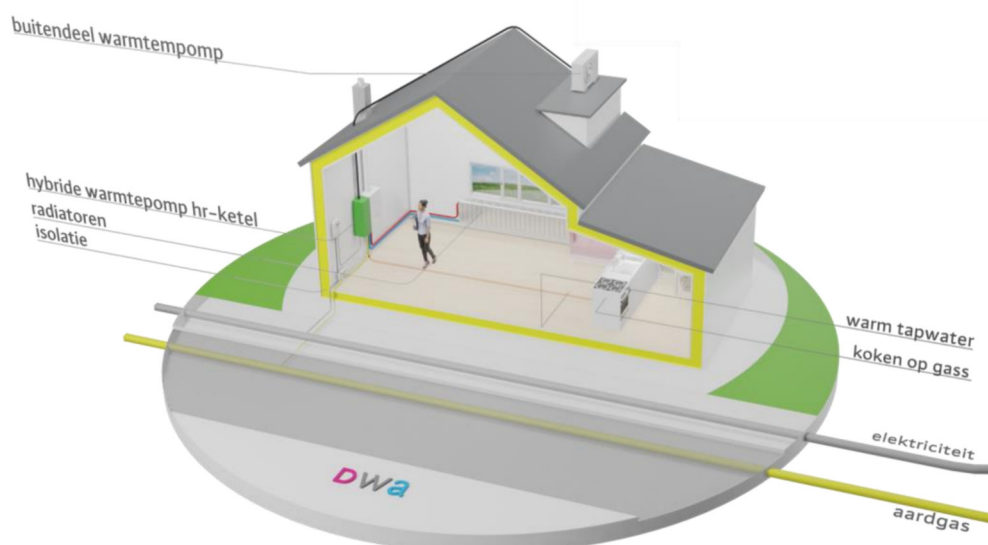
Het buitendeel van de warmtepomp produceert geluid. Dit geluid moet binnen wettelijke grenzen vallen. Zolang de geluidsproductie niet groter is dan de wettelijke norm, is de buitenunit toegestaan. Door steeds strengere regelgeving omtrent geluidsproductie maken warmtepompproducenten steeds stillere warmtepompen. Ook kan

² Een boiler² voor het tapwater is de meest gebruikelijke optie, daarnaast zijn er ook andere technieken beschikbaar met andere voor- en nadelen.

geluidsoverlast verminderd worden door een warmtepomp op een plek te plaatsen waar er zo weinig mogelijk overlast is en door geluidproducerende delen af te schermen met een omkasting.

4.4 Individuele hybride warmtepomp

De hybride warmtepomp haalt warmte uit de buitenlucht en werkt samen met een gasketel om warmte van 50°C cv-water te produceren. De warmtepomp produceert het grootste deel van de warmte en de gasketel is aangesloten als piekvoorziening voor bijvoorbeeld erg koude dagen. Het warme tapwater wordt met de gasketel gemaakt. De warmte van 50°C kan met bestaande radiatoren en zonder aanvullende isolatie de woningen comfortabel warm krijgen. Wel is het aan te raden om de woningen goed te isoleren om de energievraag te beperken. Ook werkt de warmtepomp efficiënter bij lagere temperaturen waardoor isoleren ook als resultaat heeft dat het stroomverbruik van de warmtepomp wordt verlaagd. Hoe deze techniek er in de woning uitziet, is te zien in figuur 12. De hybride warmtepomp is erg geschikt voor mensen die in kleine stapjes willen verduurzamen omdat niet alle maatregelen in één keer genomen hoeven te worden. Omdat de techniek al werkt zonder aanvullende isolatie kan er op een later moment alsnog geïsoleerd worden voor verdere verduurzaming. Omdat de gasaansluiting blijft hoeven mensen niet direct over te stappen naar elektrisch koken, dit kan gedaan worden op een later moment. Als er in de jaren na het plaatsen van de hybride warmtepomp voldoende geïsoleerd wordt is de woning ook geschikt om volledig aardgasvrij te worden. Dit kan gedaan worden door de aardgasketel te verwijderen en te vervangen door een boiler voor warm tapwater. Met de verschillende stappen samen kan er uiteindelijk toegewerkt worden naar een volledig aardgasvrije woning.



Figuur 12 Individuele hybride warmtepomp in de woning

Het buitendeel van de warmtepomp produceert geluid. Dit geluid moet binnen wettelijke grenzen vallen. Zolang de geluidsproductie niet groter is dan de wettelijke norm, is de buitenunit toegestaan. Afhankelijk van waar deze geplaatst wordt, is het bijvoorbeeld in de tuin beter of slechter te horen. Ervaring van een buurtbewoner met warmtepomp op het dak is dat hij geen overlast ervaart in de tuin of in de zomer als er ramen open staan.

4.5 Andere warmteconcepten

Naast de technieken hierboven zullen we kort ingaan op een aantal andere warmteconcepten.

70°C warmtenet van Westpoort Warmte/Vattenfall

Aansluiten op het bestaande warmtenet lijkt voor de bewoners op de techniek met het 70°C warmtenet vanuit de Sloterplas. Bij deze optie komt er ook een afleverset in de woningen en twee buizen door de straat voor het warmtenet. Westpoort Warmte is samenwerking tussen de gemeente en Vattenfall. Vattenfall verzorgt alle klantcontacten.

De warmte uit het warmtenet komt onder andere van het Afval Energie Bedrijf waarvan de restwarmte van afvalverbranding wordt benut. Momenteel is nog niet alle warmte duurzaam, maar het plan is om in 2040 CO₂-neutrale warmte te kunnen leveren. Eén van de mogelijkheden is dat er warmte uit de Sloterplas wordt gewonnen. Dit geeft eventueel ook een mogelijkheid om samen te werken aan dit plan.

Het is nog onbekend of Westpoort Warmte/Vattenfall interesse heeft om het huidige warmtenet uit te breiden. Daarvoor kan Duurzaam Slotervaart informeren bij Vattenfall.

Warmtepomp per hofje

Een ander alternatief is om een warmtesysteem te creëren per hofje. Er zou bijvoorbeeld een luchtwarmtepomp kunnen worden geplaatst met leidingen naar alle woningen in het hofje. Dit is een klein-collectief systeem.

Het nadeel aan dit systeem is dat het op organisatorisch gebied veel vraagt van de bewoners van een hofje. Er moet een gezamenlijke energiecorporatie of warmtebedrijf worden opgericht om de warmte onderling te kunnen verrekenen. Daarnaast moeten de kosten voor de aanleg van warmteleidingen en warmtepomp en de kosten voor onderhoud (voor)gefinancierd worden. Dit systeem werkt alleen wanneer alle huishoudens in een hofje meedoen. Een mogelijkheid is de exploitatie uitbesteden aan de gemeente of een externe. Hierdoor kan het eventuele voordeel van een warmtepomp per hofje wel kleiner worden.

Het systeem wordt ontworpen op het aantal bewoners dat mee wil doen. Als een bewoner op een later moment zou besluiten om niet meer mee te doen met het collectief worden de kosten voor de overige deelnemers mogelijk hoger.

Geothermie

Geothermie is warmte diep uit de aarde. Deze warmte kan op verschillende dieptes worden aangeboord. Hoe dieper er geboord wordt, hoe warmer. Voor een temperatuur van 70°C moet er ongeveer 2km diep worden geboord. Momenteel is het nog niet financieel rendabel om zo een diepe boring te doen voor deze wijk. De schaalgrootte is te klein. Geothermie is pas rendabel wanneer er ongeveer 5.000 warmteafnemers zijn.

Waterstof

Op dit moment is waterstof nog niet beschikbaar in de gasleiding om huizen mee te verwarmen. Het is nog onbekend wanneer waterstof ingezet gaat worden op grote schaal in Amsterdam. Maar de verwachting is dat het in eerste instantie ingezet wordt voor de industrie en eventueel in het oude centrum waar het lastig kan zijn om bijvoorbeeld warmtepompen te plaatsen doordat er veel oude panden staan.

4.6 Organisatievormen

Er zijn verschillende organisatievormen mogelijk voor een collectief systeem. Zowel het eigenaarschap als de exploitatie kunnen bij de bewoners, de gemeente of een marktpartij (bijvoorbeeld een energiemaatschappij) liggen. Wanneer bewoners de eigenaar zijn van het warmtenet en dit zelf exploiteren, hebben zij volledig zeggenschap, maar is de financiering uitdagend door de hoge investeringskosten. Bewoners kunnen ook zelf eigenaar zijn, maar de exploitatie (deels) uit handen geven om de risico's te verlagen. Het is altijd goed om 51% van de aandelen te houden om de doorslaggevende keuzes te kunnen maken. Hieronder staan de gevolgen van verschillende samenwerkingsverbanden.

- Samenwerking tussen bewoners en gemeente.

- Bewoners kunnen merendeel aandelen behouden om veel zeggenschap te houden.
- De risico's worden gespreid.
- Gemeente kan wellicht lening aanbieden tegen gunstige voorwaarden.
- Samenwerking tussen bewoners en marktpartij.
 - Bewoners kunnen merendeel aandelen behouden om veel zeggenschap te houden.
 - Bewoners en marktpartij hebben vaak tegenovergestelde belangen, vooral op financieel gebied omdat de marktpartij winst wil maken en de bewoners zo goedkoop mogelijke warmte willen.
 - Marktpartij heeft vaak eenvoudigere toegang tot kapitaal om te investeren.
- Samenwerking tussen bewoners, gemeente en marktpartij.
 - Bewoners raken op afstand door constructie waardoor goede afspraken noodzakelijk zijn.
 - Eenvoudigere financiering.

Bewoners kunnen zich verenigen in een energiecoöperatie. Dit hebben ze in Oostoever ook gedaan. Het voordeel van een coöperatie is dat bewoners niet persoonlijk aansprakelijk zijn. Ook komen de financiën los te staan van de personen die betrokken zijn. Winst zou ten goede kunnen komen aan de leden.

4.7 Toepasbaarheid van de technieken in de woning

In tabel 2 is een vergelijking tussen de technieken te vinden. Hierin is opgenomen wat er moet gebeuren om de technieken toe te passen in de woningen en in de wijk.

Tabel 2 Vergelijking tussen de energieconcepten

	Warmtenet 70°C	Warmtenet 15°C	Individuele warmtepomp	Individuele hybride warmtepomp
Isolatiemaatregelen	Niet noodzakelijk maar wel aan te raden: dubbelglas, spouwmuurisolatie en dakisolatie	Isolatie: HR ⁺⁺ -glas, spouwmuurisolatie, dakisolatie en eventueel bodemisolatie	Isolatie: HR ⁺⁺ -glas, spouwmuurisolatie, dakisolatie en eventueel bodemisolatie	Niet noodzakelijk maar wel aan te raden: dubbelglas, spouwmuurisolatie en dakisolatie
Opwekking warmte	Warmtenet met centrale warmtepompen, transport via warmtenet door de wijk.	Mogelijke bron is warmte uit de Sloterplas (aquathermie) in combinatie met warmte- en koudeopslag in een wko. Dit wordt met een warmtenet van 15°C naar de woningen gebracht. In de woning verwarmt de warmtepomp dit verder en warm tapwater wordt in het boiler vat op temperatuur gemaakt.	Luchtwarmtepomp met boiler vat	Bestaande aardgasketel, aanvullende hybride warmtepomp
Bron van warmte	Mogelijke bron is warmte uit de Sloterplas. De centrale warmtepompen werken op elektriciteit. Voor piekmomenten is er een elektrische piekvoorziening.	Warmte uit de Sloterplas. De warmtepomp per woning werkt op elektriciteit.	De warmtepomp werkt op elektriciteit.	De hybride warmtepomp werkt op elektriciteit en de aardgasketel op aardgas.
Temperatuur cv-water	50-70°C	30-50°C	30-50°C	70°C
Afgifte warmte in de woning	Bestaande radiatoren	Laagtemperatuur-convectoren of vloerverwarming	Laagtemperatuur-convectoren of vloerverwarming	Bestaande radiatoren
Mogelijkheid om te koelen	Nee. Wel mogelijk om losse airco's te plaatsen.	Ja	Ja	Nee. Wel mogelijk om losse airco's te plaatsen.
Flexibiliteit in tapwater	Ja	Nee, de capaciteit wordt beperkt door de grootte van het boiler vat.	Nee, de capaciteit wordt beperkt door de grootte van het boiler vat.	Ja

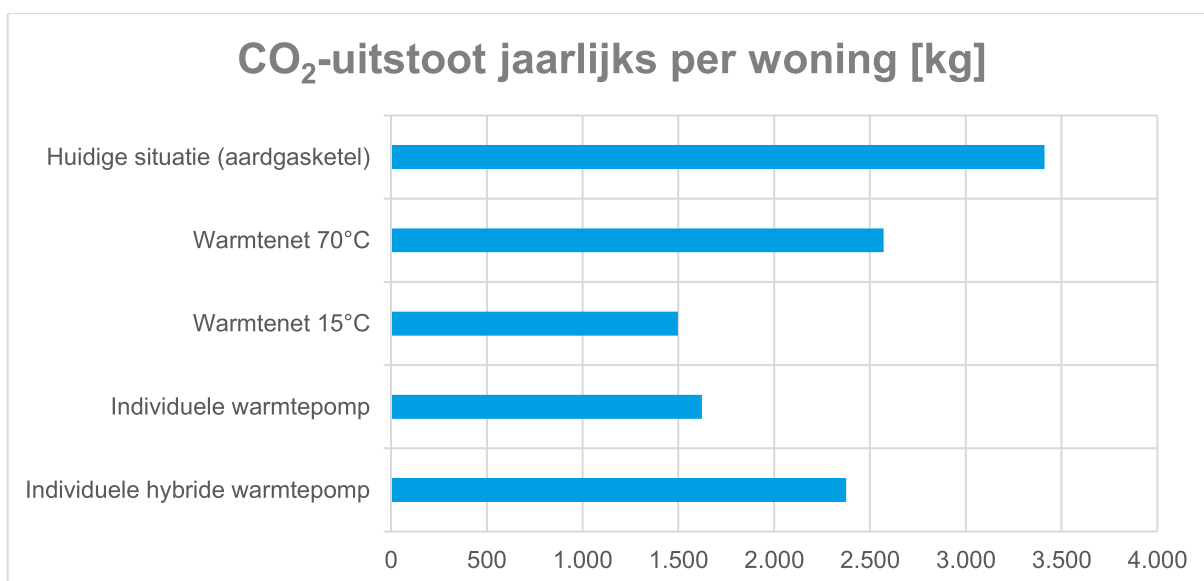
Wat gebeurt er in de woning?	De huidige aardgasketel wordt verwijderd. Er komt een afleverset voor warmte in de woning, bijvoorbeeld in de berging of in de meterkast.	De huidige aardgasketel wordt verwijderd. In de plaats komt een warmtepomp met boiler, deze zou in de bergingen voor het huis geplaatst kunnen worden of ergens op de bovenste etage. De warmte van 15°C uit het warmtenet komt via een warmtewisselaar in de woning.	De huidige ketel wordt vervangen door een warmtepomp met boiler. De warmtepomp heeft een buitenunit die op het dak of aan de gevel kan.	Naast de huidige aardgasketel wordt een hybride warmtepomp geplaatst. De warmtepomp heeft een buitenunit die op het dak of aan de gevel kan.
Wat gebeurt er in de wijk?	Er komt een centrale technische ruimte ter grootte van 2 à 3 zeecontainers waar de warmtepompen staan. Voor het aanleggen van het warmtenet moet de straat open. Mogelijk moeten de elektriciteitskabels vernieuwd worden om extra capaciteit te leveren.	Kleine centrale technische ruimte ter grootte van 0,5 à 1 zeecontainer voor warmtewisselaars en pompen. Leidingen in de grond naar elke woning toe. Mogelijk moeten de elektriciteitskabels vernieuwd worden om extra capaciteit te leveren.	Mogelijk moeten de elektriciteitskabels vernieuwd worden om extra capaciteit te leveren.	Mogelijk moeten de elektriciteitskabels vernieuwd worden om extra capaciteit te leveren.

Bij de technieken zonder flexibiliteit in tapwater is er in de woning een warmtepomp voor ruimteverwarming en een boiler voor tapwater. De hoeveelheid warm tapwater is afhankelijk van de grootte van de boiler. De maximale hoeveelheid is niet flexibel. Het verschil met een cv-ketel is dat een cv-ketel continu warm tapwater kan verwarmen. Bij een boiler duurt dit erg lang als die leeg is.

5 Conceptenvergelijking

5.1 Vergelijking op duurzaamheid

In Figuur 13 wordt de CO₂-uitstoot van het elektriciteitsgebruik van de verschillende technieken getoond. Het 15°C warmtenet en de individuele warmtepomp zorgen voor minder uitstoot dan het 70°C warmtenet en de hybride warmtepomp. Alle technieken scoren beter dan de huidige situatie. Deze berekening is gebaseerd op de huidige CO₂-uitstoot van elektriciteit in Nederland³. In de toekomst zal de uitstoot hiervan lager worden door verduurzaming van de opwekinstallaties. Wordt alle benodigde stroom opgewekt met zonnepanelen, dan is de CO₂-uitstoot 0.



Figuur 13 CO₂-uitstoot

Het warmtenet op 15°C en de individuele warmtepomp scoren het beste omdat dit de meest efficiënte technieken zijn. Bij deze technieken worden de woningen op lage temperaturen verwarmd waardoor de warmtepompen efficiënt werken. Ook worden de woningen goed geïsoleerd waardoor de warmtevraag kleiner is. Het warmtenet op 70°C heeft een relatief hoge CO₂-uitstoot omdat er ook warmte verloren gaat door leidingverliezen in het warmtenet, daarnaast werkt de warmtepomp minder efficiënt dan bij lagere temperaturen en hoeven de woningen niet geïsoleerd te worden, al is dit wel aan te raden om het energiegebruik en de CO₂-uitstoot te verlagen. Door de woningen goed te isoleren, op het niveau van een woning die een individuele warmtepomp heeft, kan 19% CO₂-uitstoot bespaard worden.

Het figuur toont de CO₂-uitstoot in de gebruiksfase van de technieken. Ook voor en na de gebruiksfase (productie en recycling) wordt er CO₂-uitgestoten. De impact hiervan kan bepaald worden met een Whole Life Carbon (WLC) berekening in een volgende fase van het onderzoek.

³ Voor aardgas 2,085 kg CO₂ per m³, voor elektriciteit 0,427 kg CO₂ per kWh, peil 2022.

5.2 Kostenvergelijking

In dit hoofdstuk wordt de kostenvergelijking van de technieken gemaakt. Hierbij wordt gekeken naar de bewonerslasten, figuur 14 en tabel 3, en de totale maatschappelijke kosten, figuur 15.

Maatschappelijke kosten zijn de kosten die de maatschappij betaald voor de verschillende concepten. Het gaat dan niet alleen om de investering, maar ook de onderhouds- energie- en herinvesteringskosten. De energiekosten zijn de stroomkosten die de collectieve warmtepomp nodig heeft, en de energiekosten van de pompen die het water verdelen naar de huizen.

Bij de bewonerslasten van de collectieve concepten wordt gekeken naar de warmtetarieven en het vastrecht dat aan bijvoorbeeld een warmtebedrijf wordt betaald. Een warmtebedrijf (maar ook een energiecoöperatie) gebruikt deze inkomsten om de kosten voor de (her)investering, het onderhoud en de gebruikte elektriciteit te kunnen dekken. Hierdoor kunnen de bewonerslasten niet één op één worden vergeleken met de totale maatschappelijke kosten. De bewonerslasten voor de individuele technieken zijn wel direct te vertalen in de totale maatschappelijke kosten omdat de kosten direct voor rekening van de woningeigenaren komen. De bewonerslasten zijn gebaseerd op het gemiddelde voor de wijk, een kleine woning zal iets goedkoper zijn en een grotere woning iets duurder.

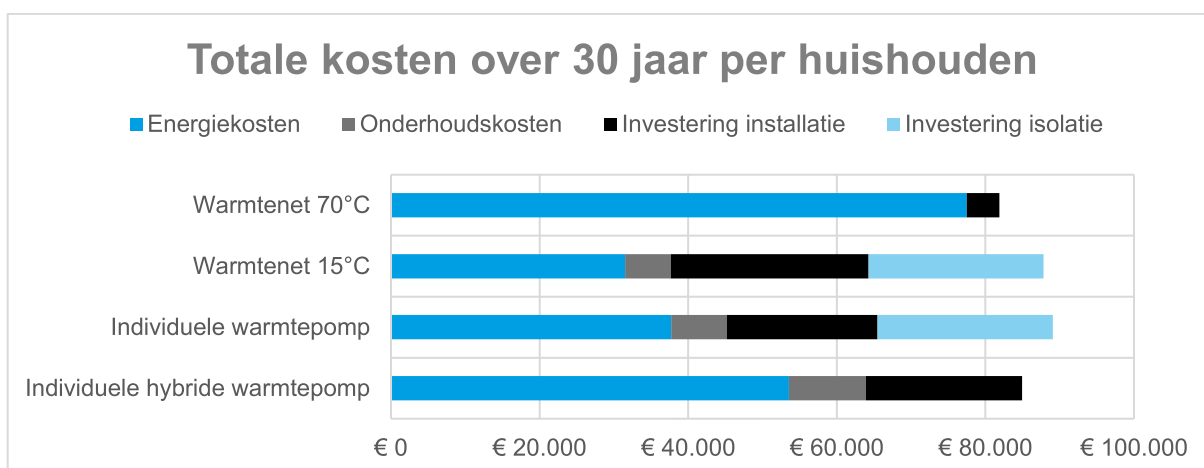
De energiekosten zijn bepaald op basis van het huidige gasgebruik in de wijk, zoals vermeld in tabel 1 (bron: CBS). Bij het warmtenet van 70°C en de hybride warmtepomp wordt er niet uitgegaan van isolatie. Als er wel geïsoleerd wordt, zullen de energiekosten lager uitvallen, maar zal er nog een kostenpost voor isolatie bijkomen.

De isolatiekosten zijn bepaald op basis van de kosten in figuur 5. Als er al (gedeeltelijk) is geïsoleerd, zullen de kosten voor isolatie lager uitvallen. Omdat isolatiemaatregelen een gemiddelde levensduur van 40 jaar hebben, zijn de bewonerslasten voor isolatie over 30 jaar (zoals vermeld in figuur 14 en tabel 3) 75% van de totale investering voor isolatie.

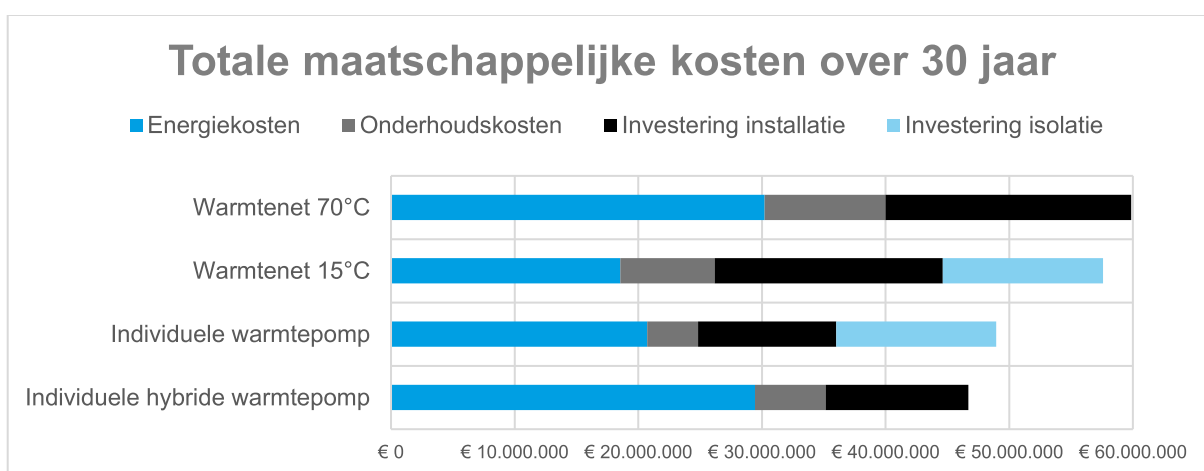
Eigen opwek van elektriciteit met zonnepanelen is niet meegenomen in de vergelijking. De zonnepanelen kunnen een deel van de elektriciteit opwekken die de warmtepomp gebruikt in de individuele concepten en het 15°C warmtenet. Hierdoor zullen de energiekosten lager worden.

Alle kosten worden doorgerekend met een onzekerheidsmarge, omdat kosten snel kunnen fluctueren afhankelijk van beschikbaarheid, contract met leveranciers en marktwerking. De onzekerheidsmarge zal ongeveer 15% zijn en kan ook verschillen tussen de technieken.

In de bewonerslasten voor de collectieve technieken is de aansluitbijdrage voor het warmtenet opgenomen als onderdeel van de investeringskosten. Er is gerekend met het ACM-tarief (Autoriteit Consument en Markt) van € 4.411,07 exclusief btw. Een businesscaseberekening moet uitwijzen of deze aansluitbijdrage voldoende is om de kosten te dekken. Voor bewoners is het warmtenet op 70°C namelijk voordelig, terwijl de maatschappelijke kosten erg hoog zijn. We zien in de markt dat er doorgaans bovenop de aansluitbijdrage nog een projectbijdrage van € 2.500,- tot € 5.000,- wordt gerekend om een project rendabel te maken, waardoor de bewonerslasten voor de collectieve opties anders uitkomen dan in de figuur. Deze projectkosten zijn nu nog niet meegerekend, maar zijn dus het resultaat van een businesscaseberekening. Voor het 70°C warmtenet wordt er gerekend met het warmtetarief volgens het prijsplafond van € 39,16/GJ exclusief btw en een vastrecht van € 602,65/jaar exclusief btw. Deze beide tarieven zijn vastgesteld door het ACM. Voor het 15°C warmtenet hoeft er alleen vastrecht betaald te worden à € 249,15/jaar, omdat de geleverde warmte niet direct bruikbaar is. Hiervoor is nog een warmtepomp nodig.



Figuur 14 Bewonerslasten (exclusief BTW)



Figuur 15 Totale maatschappelijke kosten over 30 jaar (exclusief BTW)

Tabel 3 Totale kosten over 30 jaar per huishouden

	Warmtenet 70°C	Warmtenet 15°C	Individuele warmtepomp	Individuele hybride warmtepomp
Energiekosten	€ 77.500,-	€ 31.500,-	€ 37.700,-	€ 53.500,-
Onderhoudskosten	€ 0,-	€ 6.200,-	€ 7.500,-	€ 10.400,-
Investering en herinvestering installatie	€ 4.400,-	€ 26.600,-	€ 20.300,-	€ 21.000,-
Investering isolatie	€ 0,-	€ 23.600,-	€ 23.600,-	€ 0,-
Totaal (exclusief btw)	€ 81.900,-	€ 87.800,-	€ 89.100,-	€ 85.000,-
Totaal (inclusief btw)	€ 99.100,-	€ 106.300,-	€ 107.800,-	€ 102.800,-
<i>Totale kosten per concept per maand gemiddeld (exclusief btw)</i>	€ 230,-	€ 240,-	€ 250,-	€ 240,-
<i>Totale kosten per concept per maand gemiddeld (inclusief btw)</i>	€ 280,-	€ 300,-	€ 300,-	€ 290,-

In de kostendoorrekening zijn eventuele subsidies niet meegenomen. Het is mogelijk om subsidie te krijgen voor het isoleren van je woning, de aanschaf van een warmtepomp en voor aansluiten op een warmtenet. Door de subsidie zullen de investeringskosten dalen. Eén van de subsidies is de Investeringssubsidie duurzame energie en energiebesparing (ISDE)⁴. Voor warmtepompen zijn er subsidies beschikbaar afhankelijk van het model en vermogen, de bedragen liggen grofweg tussen de € 2.500,- en € 3.000,- voor een individuele warmtepomp. Ook is er een subsidie van € 3.325,- beschikbaar voor het aansluiten op een warmtenet. Daarnaast is er subsidie voor isolatie, de bedragen zijn afhankelijk van het type isolatie. Een andere subsidie is de Warmtenetten Investeringssubsidie (WIS)⁵, die de onrendabele top van warmtenetten kan subsidiëren. Daarnaast zijn er verschillende provinciale en gemeentelijke subsidies.

Conclusie

Als de technieken op bewonerslasten worden vergeleken, zijn de verschillen niet erg groot, maximaal € 12.000,- over een periode van 30 jaar of € 33,- per maand. Voor bewoners die al geïsoleerd hebben en die kosten niet meer hoeven te maken, is het voordelig om te kiezen voor een individuele luchtwarmtepomp of het warmtenet op 15°C.

Op het gebied van maatschappelijke kosten zijn de collectieve technieken duurder dan de individuele opties en de individuele opties zijn vergelijkbaar in kosten.

Schaalvergroting

Voor de collectieve opties is uitgezocht wat het effect is op de kosten als de scope van het onderzoek wordt uitgebreid. Het gaat hierbij om de uitbreiding zoals omschreven in paragraaf 3.1, waarbij naast de rode en groene woningen ook de woningen en utiliteit gemarkeerd met blauw worden meegenomen. Schaalvergroting kan een kostenvoordeel opleveren omdat gemeenschappelijke installaties kunnen worden gedeeld met een groter aantal afnemers. Dit is een schaalvergroting van 250% van de warmtevraag. Voor het warmtenet van 70°C komen de kosten per woning 14% goedkoper uit. Voor het warmtenet van 15°C komen de kosten per woning 9% goedkoper uit.

⁴ Investeringssubsidie duurzame energie en energiebesparing (ISDE)

<https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/isde>

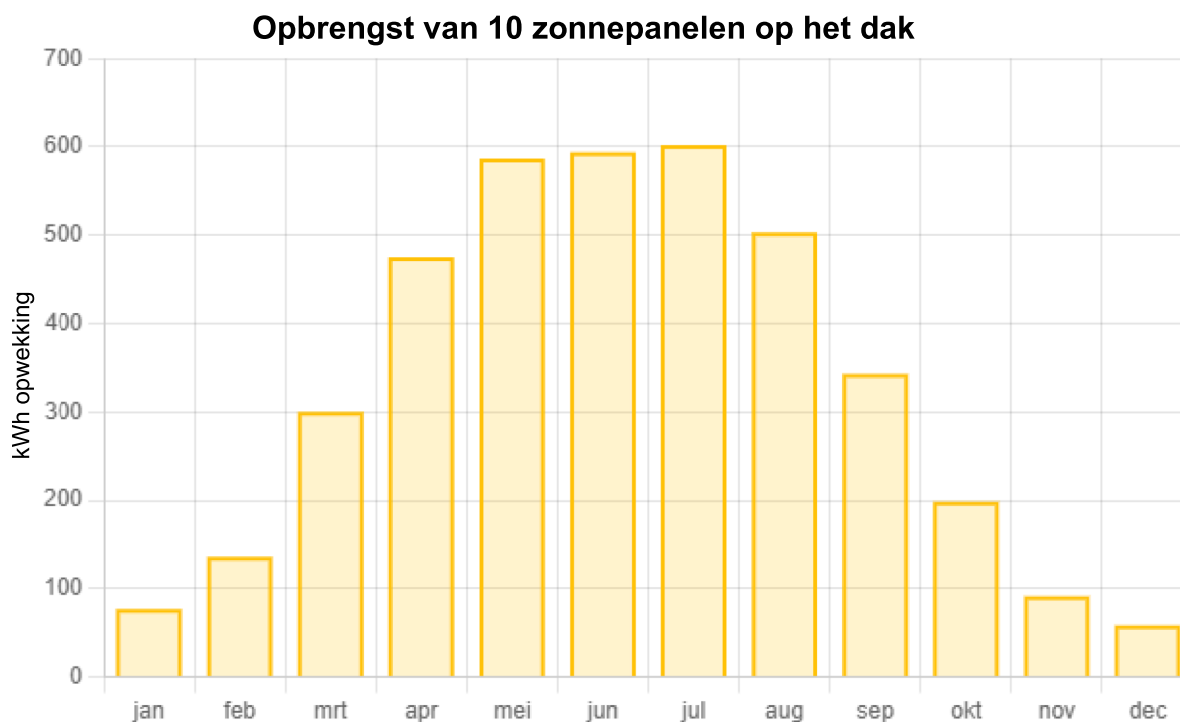
⁵ Warmtenetten Investeringssubsidie (WIS)

<https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/wis>

6 Energieopslag

Om verder te verduurzamen en meer zelfvoorzienend te worden, kan gebruikgemaakt worden van energieopslag. Duurzame energie wordt namelijk niet altijd opgewekt op het moment dat er ook vraag is naar energie. In Slotervaart zou de elektriciteit die door de zonnepanelen op de daken wordt opgewekt, opgeslagen kunnen worden om op een later moment te gebruiken. Ook kan er warmte worden gemaakt om op een later moment te gebruiken.

In Slotervaart kan energieopslag uit elektriciteit ingezet worden voor het overbruggen van de dag-nachtcyclus of voor het overbruggen van de seizoenscyclus. Figuur 16 laat het verschil zien tussen elektriciteitsopwekking van zonnepanelen in de zomer en de winter. Dit terwijl de energievraag voor warmte in de winter door de kou hoger is dan in de zomer. Daarnaast is er in de avond en nacht geen opwek van zonnepanelen, terwijl mensen in de avond vaak thuis zijn en energie gebruiken voor bijvoorbeeld koken, douchen of het verwarmen van hun woning. Elektriciteit van zonnepanelen kan overdag worden opgeslagen voor gebruik in de avond en nacht of worden omgezet in warmte en worden opgeslagen in de zomer voor gebruik in de winter.



Figuur 16 Opbrengst van 10 zonnepanelen op het dak, jaaropbrengst van 3.966 kWh. 400 Wp per paneel, zuidelijk oriëntatie, hellingshoek van 30 en minimale beschaduwning. Bron weerdata: KNMI weerstation de Bilt (2009-2020).

Een andere methode om meer zelfvoorzienend te worden als wijk is met een smart grid. Met dit systeem kan er op een slimme manier energie worden uitgewisseld met de burens. Als één huis stroom over heeft en een ander huis in de wijk stroom nodig kan dit onderling worden uitgewisseld. Er komt een elektriciteitsnet in de wijk waar energie wordt uitgewisseld en alleen op het moment dat in de hele wijk de elektriciteitsvraag hoger is dan de opwek wordt er elektriciteit van het elektriciteitsnet gebruikt. Hoe dit er precies uit kan zien voor Slotervaart kan in een vervolgonderzoek worden uitgezocht.

6.1 Elektriciteitsopslag voor overbrugging dag-nachtcyclus

Verschillende type batterijen zijn geschikt voor elektriciteitsopslag voor het overbruggen van de dag-nachtcyclus. De bekendste is de **Lithium-ion-batterij**, deze batterijen worden ook toegepast in bijvoorbeeld mobiele telefoons en elektrische auto's. Deze batterijen zijn geschikt om elektriciteit op te slaan voor maximaal één week, dit in verband met zelfontlading van de batterij (5-10% per maand) en de grootte van de batterij. Het nadeel van deze batterijen is dat bij het winnen en het recyclen van lithium veel vervuilende stoffen vrijkomen.

Momenteel is het met de huidige stroomprijzen en een regulier energiecontract meestal nog niet financieel rendabel om de Lithium-ion-batterij in te zetten voor dag-nachtopslag. Dit komt onder andere door de hoge investeringskosten en salderingsregeling voor zelf opgewekte zonnestroom. Een voordeel van deze batterijen is wel dat ze makkelijk te verkrijgen zijn en ingezet kunnen worden om de zelfconsumptie van zonnestroom van eigen panelen te vergroten.

Er zijn een aantal factoren die batterijen financieel rendabeler maken dan in de standaardsituatie.

- De salderingsregeling⁶ zal in de toekomst afgebouwd worden. Hierdoor kan zelf opgewekte elektriciteit niet meer voor hetzelfde tarief teruggeleverd worden als waarvoor het wordt ingekocht door consumenten en andere kleinverbruikers.
- Dynamische energiecontracten waarbij de prijzen constant fluctueren afhankelijk van de vraag en het aanbod op de energiemarkt. Door op een goedkoop moment stroom in te kopen en deze op te slaan in een batterij kan voorkomen worden dat op een duur moment stroom moet worden ingekocht.
- Het moment van stroom gebruiken heeft grote invloed. Als mensen weinig stroom gebruiken op het moment dat de zonnepanelen stroom leveren en bijna alles terugleveren aan het elektriciteitsnet is een batterij sneller rendabel dan voor mensen die veel stroom van de zonnepanelen direct gebruiken. Dit verschil kan bijvoorbeeld ontstaan tussen mensen die veel buitenshuis werken en mensen die thuiswerken.
- De kosten van grotere batterijen zijn relatief lager dan van kleine batterijen. Het kan dus een prijsvoordeel opleveren om met meerdere huizen, per hofje of voor de hele buurt één grotere batterij te gebruiken. In dat geval is er energie-uitwisseling met de burens. Hiervoor moet een energiebedrijf worden opgericht om de kosten onderling te regelen. Daarnaast zullen er extra bijkomende kosten zijn voor het aanleggen van de energie-infrastructuur.
- De verwachting is dat de kosten van Li-ion batterijen de komende jaren zullen dalen.

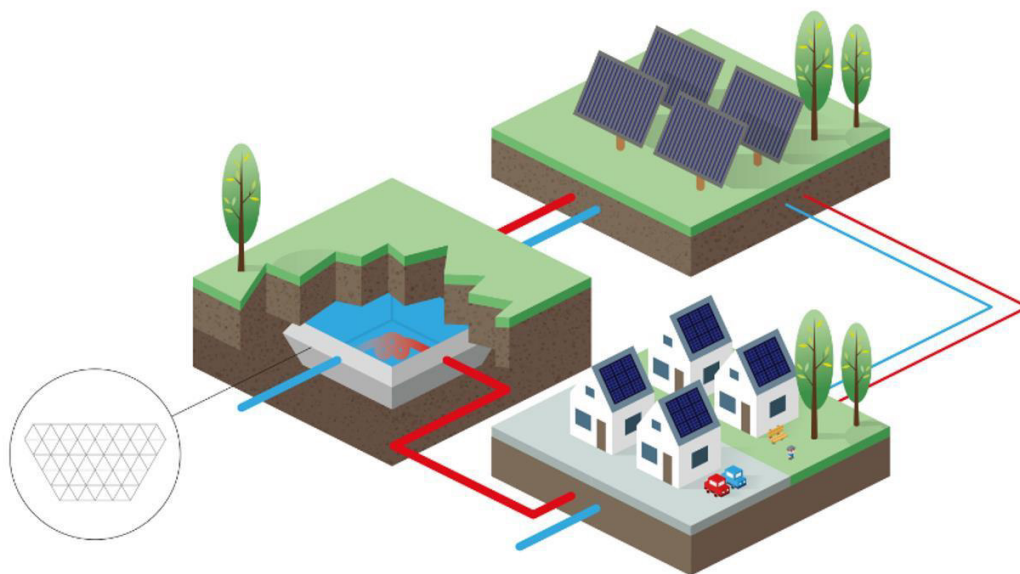
Twee andere batterijen die nog in de ontwikkelfase zitten en dus nog niet beschikbaar zijn, lijken momenteel goedkoper te worden dan de Lithium-ion-batterij. Ook kunnen deze batterijen veel duurzamer geproduceerd worden. Het gaat om de **Natrium-zwavel-batterij** die momenteel nog niet verkrijgbaar is in Nederland en de **Redox-flow-batterij**. De Redox-flow-batterij heeft als bijkomend voordeel dat er weinig tot geen zelfontlading is, waardoor deze ook geschikt is om bijvoorbeeld regenachtige dagen te overbruggen. Daarnaast gaat de capaciteit van de batterij niet achteruit na een paar jaar, in tegenstelling tot Li-ion batterijen. Voor beide batterijen geldt wel dat ze verder ontwikkeld en onderzocht moeten worden voordat ze op de markt komen. Het zijn dus technieken om voorlopig in de gaten te houden voor mogelijke toepassing in de toekomst. In tabel 4 zijn de huidige kosten en terugverdientijden van de batterijen opgenomen, maar omdat de technieken nog volop in ontwikkeling zijn is de verwachting dat de prijzen zullen dalen naarmate die ontwikkelingen verder zijn. Ook gelden de factoren die de Lithium-ion-batterijen financieel rendabeler maken voor zowel de Natrium-zwavel-batterij als de Redox-flow-batterij.

⁶ Plan kabinet: afbouw salderingsregeling zonnepanelen

<https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/energie-thuis/plan-kabinet-afbouw-salderingsregeling-zonnepanelen#:~:text=Via%20de%20salderingsregeling%20kunnen%20huishoudens,die%20ze%20niet%20kunnen%20salderen.>

6.2 Seizoensopslag

Een systeem voor seizoensopslag dat al op kleinere schaal wordt toegepast als pilot, is de **ondergrondse warmwaterbuffer**. Twee leveranciers zijn HoCoSto en Ecovat. Warmte van zonnecollectoren verwarmen in de zomer de ondergrondse warmwaterbuffer. In de winter worden de woningen met warmte uit de buffer verwarmd. Dit systeem wordt op wijkniveau en voor bijvoorbeeld scholen of sportverenigingen toegepast. Inmiddels draaien er meerdere pilotprojecten, bijvoorbeeld in een woonwijk in Nagele en in Sportpark Wernhout, beiden geplaatst in 2021. Figuur 17 laat het HoCoSto-systeem zien.



Figuur 17 Ondergrondse warmtebuffer van HoCoSto (bron: HoCoSto)

Een andere vorm van seizoensopslag is de basaltbatterij. In dit systeem wordt er energie opgewekt met zonnepanelen of zonnecollectoren en opgeslagen in de vorm van warmte in basaltgesteente. De opgeslagen warmte in de zomer kan in de winter gebruikt worden voor verwarming. Dit systeem zit nog in de testfase.

6.3 Vergelijking van de opslagtechnieken

Tabel 4 geeft een overzicht van de capaciteit en de kosten van de verschillende systemen. De investeringskosten van opslagsystemen kunnen erg hoog zijn, zeker als er voor een collectief systeem per hofje of voor de hele wijk wordt gekozen. Een moeilijkheid hierbij is het vinden van een partij die hierin wil investeren.

Tabel 4 Vergelijking tussen de verschillende vormen van opslag

	Li-ion batterij	Natrium-zwavelbatterij	Redox-flowbatterij	Basaltbatterij	Warmtebuffer (HoCoSto)
Vermogen [MW]	Tot 3 MW	Tot 10 MW	Tot 10 MW	Onbekend	50 MW
Efficiëntie van de opslag [%]	90%	80%	75%	Onbekend	65%
Duur van opslag	0 - 1 week	0 - 1 week	0 - 1 maand	Seizoensopslag	Seizoensopslag
Terugverdientijd ⁷	10 - 30 jaar	> 30 jaar	15 - 20 jaar	Onbekend	> 30 jaar
Investeringskosten 2020 [€/MWh]	€ 750.000,-	€ 350.000,-	€ 109.700,-	Onbekend	€ 10.000,-
Investeringskosten 2013 [€/MWh]	€ 752.000,-	€ 350.000,-	€ 405.850,-	Onbekend	€ 24.000,-

⁷ Uitgangspunt voor het berekenen van de terugverdientijd is dat er genoeg stroom wordt opgewekt om het verbruik te dekken en dat er geen stroom wordt teruggeleverd aan het elektriciteitsnet.

7 Bewonersavond

Op woensdag 19 april was de bewonersavond waar verschillende technieken richting aardgasvrij zijn toegelicht. De avond is erg goed bezocht. Er waren 100 wijkbewoners aanwezig!

Op de bewonersavond zijn de verschillende technieken voor verduurzaming uitgelegd. Daarnaast kregen bewoners de mogelijkheid om vragen te stellen en hun voorkeur voor één van de technieken aan te geven. De antwoorden op de vragen zijn te vinden in het verslag van de bewonersavond. Het warmtenet van 70°C en de hybride warmtepomp waren het populairst onder de aanwezigen.

De gebiedsregisseur energietransitie van de gemeente Amsterdam, Sander Willemsen, was ook aanwezig op de bewonersavond. De gemeente is wijk voor wijk bezig met verduurzaming en heeft helaas niet de capaciteit om heel Amsterdam in één keer te doen. Slotervaart staat op de planning voor na 2030. Wel is het mogelijk dat er al eerder verduurzaamd wordt als de wijk hiervoor het initiatief neemt. Dit is nu dus het geval door Duurzaam Slotervaart. De gemeente kan voor dit soort projecten subsidies geven.

Een verslag en de slides van de bewonersavond zijn terug te vinden op de website:
<https://www.vhslotervaart.nl/tussenverslag-duurzaam-slotervaart-onderzoek>

Bijlage 1 - Woningbezoeken

Het verslag van de woningbezoeken is bijgevoegd als bijlage.

Kenmerken

Project	20956 Verkenning Meeteren-Hemsterhuisbuurt Amsterdam Nieuw-West	Datum	6 juni 2023
Auteur	Marieke Janssen	Co-lezer	Rianne Raat
Onderwerp	Verslag woningbezoeken 8 maart 2023	Status	Concept
		Kenmerk	20956-537119

Verslag woningbezoeken 8 maart 2023

Inleiding

We hebben op woensdag 8 maart 2023 een bezoek gebracht aan de wijk Slotervaart in Amsterdam. Hierbij zijn vier woningen bezocht die kort zijn omschreven in tabel 1.

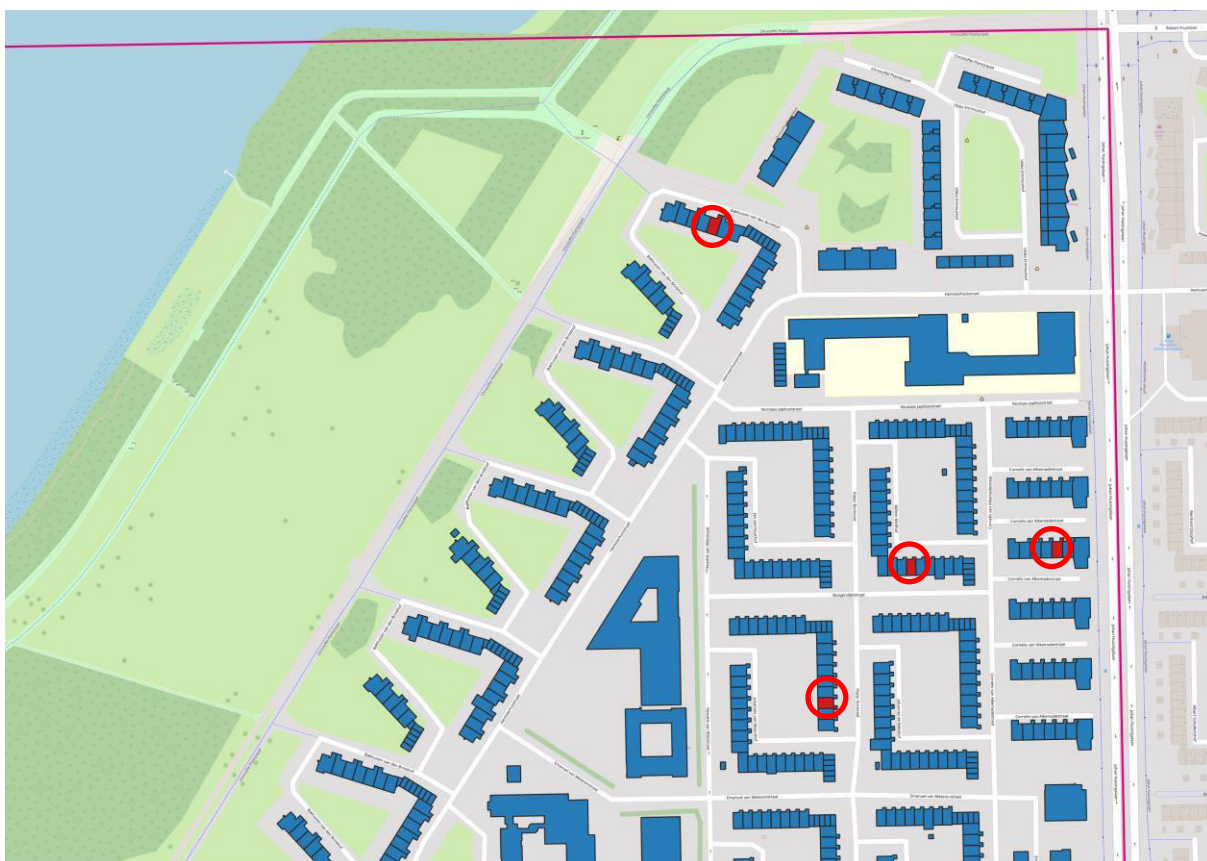
Tabel 1 Overzicht van de bezochte woningen

Woning	Kenmerken	Oppervlakte [m ²]	Elektriciteitsgebruik [kWh/jaar]	Gasgebruik [m ³ /jaar]
Bakhuizen van Den Brinkhof 10	<ul style="list-style-type: none">• Twee bouwlagen• Nog niet veel isolatiemaatregelen getroffen	91	820	364
Willem Mollhof 6	<ul style="list-style-type: none">• Drie bouwlagen• Redelijk geïsoleerd	125	4.125	1.200
Cornelis van Alkemadestraat 15	<ul style="list-style-type: none">• Drie bouwlagen• Redelijk geïsoleerd• Zonnepanelen• Hybride warmtepomp• Elektrische auto	112	4.886	531
Pieter Borstraat 21	<ul style="list-style-type: none">• Drie bouwlagen• Redelijk geïsoleerd• Zonnepanelen	147	-179 (meer opwek dan verbruik)	1.293

De woningen in de wijk zijn tussen 1956 en 1958 gebouwd. De woningen hebben een ongeïsoleerde spouw en zijn direct op de grond gebouwd. Door de jaren heen is de grond onder de woningen ingeklonken waardoor er ruimte is ontstaan. De diepte varieert.

Wijk

Figuur 1 geeft een overzicht van de bezochte locaties. Aan vier woningen is een bezoek gebracht.



Figuur 1 Bezochte woningen in rood

Bakhuizen van Den Brinkhof 10



Figuur 2 Aanzicht van de woning

Algemeen

Gebouwd in 1957. In redelijk originele staat. De woning heeft een badkamer en geen optopping. Voor verwarming maakt de woning gebruik van een aardgasketel.

Type opwekking

De warmte om de woning te verwarmen, wordt opgewekt met een cv-ketel die op aardgas werkt. Deze hangt in de keuken.



Figuur 3 Cv-ketel in de keuken

Warmteafgifte en regeling

De warmte wordt afgegeven met radiatoren. De temperatuur wordt geregeld met een thermostaat in de woonkamer. In de woonkamer zit een gashaard, maar deze wordt niet gebruikt.



Figuur 4 Radiator op de bovenverdieping en gashaard in de woonkamer

Ventilatie

Een deel van de ramen in de woning is voorzien van ventilatieroosters. De badkamer is voorzien van mechanische afzuiging.



Figuur 5 Ventilatioorosters

Isolatie

In de woning zijn bijna alle ramen vervangen door dubbelglas. Afhankelijk van het jaar van vervanging is dit standaard dubbelglas of HR⁺⁺-glas.

Het dak is vervangen, maar niet extra geïsoleerd. De muren hebben een ongeïsoleerde spouw en ook de vloer is ongeïsoleerd.

Gas- en elektriciteitsaansluiting



Figuur 6 Meterkast met gas- en elektriciteitsaansluiting

Energiegebruik

In tabel 1 is het energiegebruik van deze woning opgenomen. Het energiegebruik is laag in vergelijking met landelijke gemiddeldes. Dit is te verklaren door het zuinige gebruik van de bewoner.

Tabel 2 Gemiddeld energiegebruik in Nederland¹

Type woning	Gemiddeld gasverbruik (2020)	Gemiddeld stroomverbruik (2020)
Oude kleine woning, één bewoner	1.050 m ³	1.680 kWh

Wensen en behoeftes

De bewoner gaf aan dat er behoefte is aan ontzorging. Er is interesse om de woning te verduurzamen, maar voor deze bewoner is het niet realistisch om dit zelf te regelen. Een manier van ontzorgen die genoemd werd, is een buurtinitiatief waar de bewoner zich alleen voor hoeft aan te melden en dat verder alles geregeld wordt.

¹ [Gemiddeld energieverbruik in Nederland | Milieu Centraal](#)

Willem Mollhof 6



Figuur 7 Aanzicht van de woning

Algemeen

Gebouwd in 1957. Voor verwarming en tapwater maakt de woning gebruik van een aardgasketel en een keukenboiler. De woning beschikt over twee badkamers, waarvan er een is geplaatst in de optopping.

Type opwekking

De warmte om de woning te verwarmen wordt opgewekt met een cv-ketel die op aardgas werkt. Deze hangt op de bovenste verdieping. De cv-ketel verwarmt ook het warme tapwater voor de twee badkamers. Een aparte keukenboiler zorgt voor het warme water in de keuken.



Figuur 8 Cv-ketel op de bovenste verdieping en keukenboiler onder het keukenkastje

Warmteafgifte en regeling

De warmte wordt afgegeven met radiatoren. De temperatuur wordt geregeld met een thermostaat in de woonkamer.



Figuur 9 Radiatoren in de woning

Ventilatie

In de woning is mechanische afzuiging in de badkamer op de middelste verdieping. In de badkamer op de bovenste verdieping is natuurlijke ventilatie. De rest van de woning wordt geventileerd door middel van ramen die geopend kunnen worden.



Figuur 10 Links: mechanische afzuiging, midden: natuurlijke ventilatie, rechts: ventilatie met openstaand raam

Isolatie

In de woning zijn alle ramen vervangen door dubbelglas.

In 2009 is de derde verdieping opgebouwd met de toen geldende isolatienormen. Hierdoor is het dak goed geïsoleerd. Op deze verdieping zit HR⁺⁺-glas.

Onder de vloer is geen isolatie aangebracht. In onderstaande afbeelding is de ruimte te zien die is ontstaan doordat de grond onder de woning is ingeklonken.



Figuur 11 Ruimte onder de vloer

Gas- en elektriciteitsaansluiting



Figuur 12 Meterkast met gas- en elektriciteitsaansluiting

Energiegebruik

In tabel 1 is het energiegebruik van deze woning te vinden. Het gasverbruik is vergelijkbaar met het gemiddelde en het stroomverbruik ligt iets hoger.

Tabel 3 Gemiddeld energiegebruik in Nederland²

Type woning	Gemiddeld gasverbruik (2020)	Gemiddeld stroomverbruik (2020)
Oude middelgrote woning, twee of meer bewoner	1.380 m ³	3.200 kWh

² [Gemiddeld energieverbruik in Nederland | Milieu Centraal](#)

Cornelis van Alkemadestraat 15



Figuur 13 Aanzicht van de woning

Algemeen

Gebouwd in 1957. Deze woning beschikt over een hybride warmtepomp. Voor verwarming wordt er (bijna) alleen gebruikt gemaakt van de warmtepomp. De gasketel levert het warme tapwater.

Deze woning beschikt over zonnepanelen en een laadpaal voor een elektrische auto.

Type opwekking

De warmte om de woning te verwarmen wordt opgewekt met een hybride warmtepomp waarbij de warmtepomp bijna 100% van de verwarming verzorgt en de cv-ketel het warme tapwater maakt. De opstelling bevindt zich op de bovenste verdieping. De hybride warmtepomp levert warmte van 40/50°C, in het tussenseizoen 30°C. Bijna altijd kan de warmtepomp voldoende warmte leveren voor deze woning, alleen op zeldzame piekmomenten niet.



Figuur 14 Hybride warmtepomp

Warmteafgifte en regeling

De warmte wordt afgegeven met radiatoren en vloerverwarming op de benedenverdieping. De temperatuur wordt geregeld met een thermostaat in de gang die met een kloktijdenregeling werkt.



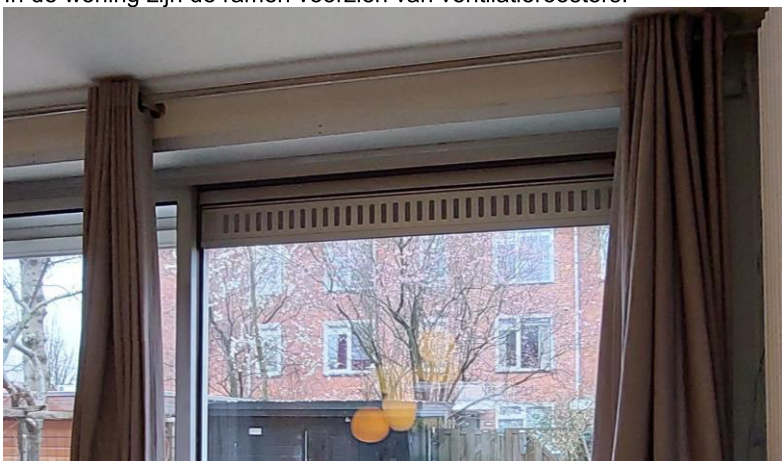
Figuur 15 Thermostaat



Figuur 16 Radiator in de woning

Ventilatie

In de woning zijn de ramen voorzien van ventilatieroosters.



Figuur 17 Ventilatieroosters

Isolatie

In de woning zijn alle ramen vervangen door dubbelglas. Op de benedenverdieping is dit standaard dubbelglas uit 1996.

Onder de vloer is geen isolatie aangebracht. Er is momenteel geen luik of iets dergelijks om de ruimte onder de vloer te bereiken.

De woning is voorzien van spouwmuurisolatie.

Gas- en elektriciteitsaansluiting



Figuur 18 Meterkast met gas- en elektriciteitsaansluiting

Deze woning beschikt ook over zonnepanelen. Er liggen twaalf panelen op het dak met een totaal vermogen van 2.800 Wp en een gemiddelde opbrengst van 2.700 kWh/jaar. De omvormer is te zien op onderstaande afbeelding.



Figuur 19 Omvormer van de zonnepanelen

Energiegebruik

In tabel 1 is het energiegebruik van deze woning te vinden. Het gasverbruik in de woning is flink lager dan gemiddeld door de hybride warmtepomp. Het stroomverbruik is hierdoor fors hoger. Ook het laden van de elektrische auto brengt het stroomverbruik omhoog.

Tabel 4 Gemiddeld energiegebruik in Nederland³

Type woning	Gemiddeld gasverbruik (2020)	Gemiddeld stroomverbruik (2020)
Oude middelgrote woning, twee of meer bewoner	1.380 m ³	3.200 kWh

Wensen en behoeftes

In verband met ruimtegebruik is er interesse in een collectieve warmteoplossing die alleen via een afleverset warmte en warm tapwater kan leveren.

³ [Gemiddeld energieverbruik in Nederland | Milieu Centraal](#)

Pieter Borstraat 21



Figuur 20 Aanzicht van de woning

Algemeen

Gebouwd in 1956. Voor verwarming en tapwater maakt de woning gebruik van een aardgasketel. Deze woning beschikt over zonnepanelen en een sauna. De woning is voorzien van een optopping en tweede badkamer.

Type opwekking

De warmte om de woning te verwarmen en het warme tapwater wordt opgewekt met een cv-ketel die op aardgas werkt. Deze hangt op de bovenste verdieping.



Figuur 21 Ruimte waar de cv-ketel in zit

Warmteafgifte en regeling

De warmte wordt afgegeven met radiatoren en een convectorput in de woonkamer. De temperatuur wordt geregeld met een thermostaat in de woonkamer. De cv-ketel is ingesteld op een aanvoertemperatuur van 50°C.



Figuur 22 Kamerthermostaat



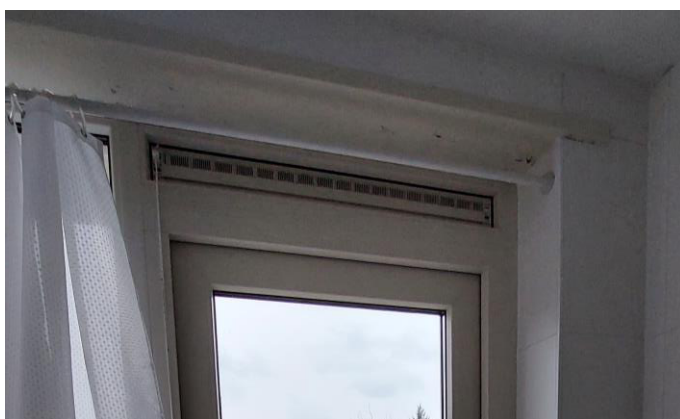
Figuur 23 Convectorput in de woonkamer

Ventilatie

In de woning is er mechanische afzuiging in de wc, de badkamers en het trapgat. Aanvoer van frisse lucht gaat door roosters boven de ramen.



Figuur 24 Mechanische afzuiging



Figuur 25 Ventilatie-rooster

Isolatie

De woning heeft overal dubbelglas en nieuwe kozijnen. Binnenkort zal er spouwmuurisolatie komen tegelijk met een paar andere burens. Omdat de ruimte onder de vloer niet toegankelijk is, is er een klein beetje isolatie aangebracht op de vloer voordat de dekvloer werd gelegd. Er is momenteel geen luik of iets dergelijks om de ruimte onder de vloer te bereiken.

In 2012 is de derde verdieping opgebouwd met de toen geldende isolatienormen. Hierdoor is het dak goed geïsoleerd. Op deze verdieping zit HR++-glas.

Gas- en elektriciteitsaansluiting



Figuur 26 Meterkast met gas- en elektriciteitsaansluiting

Deze woning beschikt ook over zonnepanelen. Er liggen veertien panelen op het dak met een totaal vermogen van 3.530 Wp en een gemiddelde opbrengst van ongeveer 2.300 kWh/jaar. De omvormer is te zien op onderstaande afbeelding.



Figuur 27 Omvormer van de zonnepanelen

Energiegebruik

In tabel 1 is het energiegebruik van deze woning te vinden. Het gasverbruik in de woning is vergelijkbaar met het gemiddelde. Jaarlijks wordt er meer stroom opgewekt dan dat er gebruikt wordt. Daarom is het gemiddelde jaarlijkse gebruik negatief. Dit is inclusief de sauna met 9 kW-kachel die elke week ongeveer 2 uur wordt gebruikt.

Tabel 5 Gemiddeld energiegebruik in Nederland⁴

Type woning	Gemiddeld gasverbruik (2020)	Gemiddeld stroomverbruik (2020)
Oude middelgrote woning, twee of meer bewoner	1.380 m ³	3.200 kWh

Wensen en behoeftes

Er zou plek in de berging kunnen zijn voor het plaatsen van een warmtepomp.

⁴ [Gemiddeld energieverbruik in Nederland | Milieu Centraal](#)
