

Monitoring energiegebruik en verduurzaming

**Deelrapportage verkenning energiebesparing
warmtepompen**

**8 september 2025
Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland (RVO)**



Colofon

Referentie	20250908/598/KL/DG/MW/LS/WvdD
Contactpersoon	Leon Crommentuijn, RVO Leonoor Avis, RVO Kiki Puijk, RVO
Organisatie	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO)
Auteurs	Dit rapport is een coproductie van: ir. Linda Supheert, Republiq Dr. Kees Leidelmeijer, In.Fact.Research Wouter van der Does MSc., Republiq Meike Walraven MSc., Republiq ir. Dominique Gijsbers, Republiq

Inhoudsopgave

01	SAMENVATTING.....	1
02	VOORWOORD.....	3
03	INLEIDING.....	4
03.01	Panel.....	5
03.02	Verkenning energiebesparing energiegebruik door warmtepomp	5
03.03	Methode	5
03.04	Selectie.....	6
04	VERWACHTE ENERGIEBESPARING WARMTEPOMP	7
04.01	Rendement cv-ketel.....	7
04.02	Rendement warmtepomp.....	7
04.03	Energiebesparingen.....	8
04.04	Conclusie.....	9
05	ANALYSE: ENERGIEBESPARING WARMTEPOMP IN HET PANEL.....	10
05.01	Gemiddelde energiebesparingen	10
05.02	Achtergronden bij veel en weinig energiebesparing bij individuele cases.....	11
05.03	Verschillen tussen huishoudens en woningen	15
06	CONCLUSIES.....	20

01

SAMENVATTING

DOELSTELLING ONDERZOEK

De effectiviteit van verduurzamingsmaatregelen in de praktijk is moeilijk uit te drukken. Theoretisch kan de verwachte energiereductie berekend worden. In de praktijk is echter de impact van bijvoorbeeld de kwaliteit van de verduurzaming en het gebruik van de woning van dusdanige invloed, dat de werkelijke energiereductie van een verduurzamingsmaatregel lastig te kwantificeren is. Om meer grip te krijgen op de werkelijke energiereductie is een longitudinaal onderzoek opgestart zodat de verandering van energiegebruik voor en na verduurzaming onderzocht kan worden. De doelstelling van het onderzoek is: inzicht bieden in de impact van verduurzamingsmaatregelen op energiebesparing én de andere determinanten dan de maatregelen zelf die daarbij een rol spelen. Dit inzicht helpt om een beter beeld te krijgen van wat wel en wat niet werkt en wat de randvoorwaarden zijn voor het toepassen van specifieke maatregelen.

ONDERZOEK DOOR MIDDEL VAN ENERGIEDATA UIT SLIMME METERS EN VRAGENLIJSTEN

Het onderzoek is in samenwerking met woningeigenaren. Het energiegebruik van een woning wordt uitgelezen via de slimme meter (kwartierdata). Informatie over de woning, verduurzaming, huishouden en het gedrag wordt opgehaald door middel van vragenlijsten (over de voortgang). Bij enkele woningen wordt een woningdoormeting uitgevoerd om een nog beter beeld van de verduurzaming te krijgen. Op dit moment worden 1.327 slimme meters uitgelezen, zijn er in totaal 4.962 vragenlijsten ingevuld en zijn 55 woningdoormetingen uitgevoerd. Het onderzoek is longitudinaal, en focust daarbij op de verandering tussen een voor-situatie (voor verduurzaming) en na-situatie (na verduurzaming). Om iets te kunnen zeggen over het effect van de verduurzaming is er (meestal) een stookseizoen nodig. Dit maakt dat deelnemers vaak meer dan 2 jaar moeten deelnemen voordat er een voor- en na-analyse te maken is.

FOCUS DEELONDERZOEK EN SELECTIE

Dit deelonderzoek zoomt in op het effect van het verwisselen van een cv-ketel naar een hybride of all-electric warmtepomp. Er zijn 20 deelnemers geanalyseerd om een eerste beeld te krijgen welke factoren de mate van energiereductie beïnvloeden. Deze methode wordt in een later stadium ook gebruikt om het effect en beïnvloedende factoren van andere maatregelen in beeld te krijgen, zoals het toepassen van isolatie en verbeteren van de kierdichting. De 20 deelnemers zijn zo geselecteerd dat er zo min mogelijk andere verduurzamingsmaatregelen zijn getroffen op hetzelfde moment. Hierdoor ontstaat een zo zuiver mogelijk beeld over het effect van de overstap van cv-ketel naar warmtepomp. Overige kenmerken van de selectie zijn:

- 11 hybride warmtepompen en 9 all-electric.
- Gemiddeld gebruiksoppervlak: >200 m².
- Woningen met een all-electric warmtepomp zijn gemiddeld groter en vaker vrijstaand.
- Alle 20 woningen hebben zonnepanelen. Dit kan de waarneming van het energiegebruik vertroebelen, doordat er geen inzicht is in het aandeel energie dat direct gebruikt wordt. In de koudste maanden schijnt de zon ook het minst, dus voor nu is aangenomen dat dit aandeel minimaal is en daarnaast bij alle woningen aanwezig is. Daardoor verstoort het de vergelijking niet.

BEVINDINGEN

In alle gevallen daalt het gasverbruik en stijgt het elektriciteitsverbruik. Op het totaal energiegebruik (gas en elektriciteit samen), zien we in alle gevallen een energiebesparing. Wel zijn er grote verschillen tussen deelnemers en tussen het type warmtepomp (all-electric of hybride). Voor de hybride warmtepomp ligt de totale energiebesparing tussen de 25–65%. Voor all-electric warmtepompen komt de totale energiebesparing uit op: 48–75%. De energiebesparing die is gerealiseerd na de installatie van de warmtepomp is toe te schrijven aan deze ingreep, aangezien de daling in energie (aanzienlijk) groter is dan de landelijke, trendmatige afname als gevolg van de energiecrisis.

Bij het verder inzoomen op een specifieke casus lukt het om verklaringen te vinden voor een relatief lage of juist zeer hoge energiebesparing. Echter vraagt dit om het verbinden van zeer veel verschillende inzichten, wat conclusies trekken op grotere aantallen tot een uitdaging maakt. De volgende determinanten lijken invloed te hebben op de mate van energiebesparing:

- Energiegebruik voor verduurzaming. Bij woningen die een relatief laag energiegebruik hebben, valt de energiebesparing ook lager uit.
- Type afgiftesysteem
- Aanvoertemperatuur van de installatie
- Temperatuurinstellingen in huis
- Verandering in verwarmd oppervlak
- Isolatiegraad van de woning – in beperkte mate

VARIATIE IN HYBRIDE EN ALL-ELECTRIC WARMTEPOMP

Er zijn tussen de hybride en all-electric warmtepomp zeer specifieke combinaties van kenmerken. Hybride warmtepompen hebben veelal een hogere aanvoertemperatuur. Bij twee van de drie deelnemers met een all-electric warmtepomp in combinatie met een hoge aanvoertemperatuur en zonder vloerverwarming is het energiegebruik na verduurzaming het hoogst. Dit duidt op zeer specifieke combinaties van instellingen en maatregelen die passen binnen de context van de woning. All-electric systemen presteren beter bij lage aanvoertemperaturen en vloerverwarming. Bij hybride systemen is de combinatie van factoren belangrijker dan één specifieke eigenschap. Isolatie blijkt op dit moment nog geen doorslaggevende factor, mogelijk door interactie met ventilatie en verwarmingsstrategie. Hiervoor is nader onderzoek nodig.

VERVOLG VAN HET ONDERZOEK

Op dit moment tekenen de eerste contouren voor deze ‘super combinaties’ zich af, maar is het nog niet mogelijk deze hard te formuleren. Wel zijn deze hypothesen te toetsen in een grotere selectie van deelnemers. Dit is een volgende stap in het onderzoek. Naast deze verbreding van het onderzoek is een verdieping nodig voor andere maatregelen. De methode die in dit deelonderzoek is gehanteerd leidt tot uitkomsten en verklaringen en is daarmee de basis voor een diepte-analyse van andere maatregelen. De inzichten uit deze verdiepingen kunnen op een later moment gecombineerd worden. Een aanvulling vanuit de literatuur is nodig om hypothesen op te stellen en deze te toetsen met de rijke dataset die op dit moment is opgebouwd. Ook wordt in het vervolg de verbinding gelegd met het theoretische energiegebruik na verduurzaming. Veelal is de verwachting hoger dan de werkelijke energiebesparing.

Naast verdieping en verbreding van het onderzoek is continu aandacht nodig voor de kwaliteit van de dataset. Deze groeit exponentieel door de hoeveelheid data die elke dag binnenkomt. Structuur is essentieel om de data om te zetten naar inzichten. Daarnaast zijn heldere uitgangspunten over hoe om te gaan met weerscorrectie om verschillende jaren te vergelijken essentieel. Zonnepanelen en elektrische auto's vervuilen de dataset. Een manier om deze informatie te isoleren is nodig om het oog te houden op het aandeel energie dat wordt gebruikt voor het verwarmen van de woning.

02

VOORWOORD

Al een aantal jaar zijn we bezig met het beantwoorden van de op het eerste oog makkelijke vraag. Wat is het werkelijke effect van het verduurzamen van je woning op het energiegebruik en wat is daarin de bepalende factor? En waarom lukt het de ene keer zoveel beter dan de andere keer?

We lezen meer dan 1.300 slimme meters uit, vragen deelnemers om meermaals een vragenlijst in te vullen en toch blijft het lastig om precies te vatten welke verduurzamingsmaatregel of welk gedragsaspect leidt tot die vermindering van de energierekening.

Dit jaar is het ons gelukt om op een gestructureerde manier alle data aan elkaar te knopen. Dit hebben we nu voor een aantal deelnemers gedaan die een warmtepomp hebben geïnstalleerd. Door diep in te zoomen op de deelnemers kunnen we een beeld vormen waarom bepaalde combinaties en kenmerken juist goed of slecht uitpakken. Deze methode voeren we het komende jaar uit voor andere maatregelen, zoals het isoleren van de woning.

In het onderzoek wat we in dit rapport presenteren tekenen de eerste conclusies zich af, maar we weten ook dat we er nog lang niet zijn. Mede daarom maken we ook deze publieksversie van ons (deel)onderzoek, om collega-onderzoekers, enthousiastelingen en (nieuwe) deelnemers uit te nodigen met ons mee te (blijven) doen. Meedoen in de zoektocht tussen de vele variabelen die invloed hebben op het effect van verduurzaming. Met als uiteindelijk doel, de verduurzaming van woningen in Nederland de goede richting in helpen met inzichten over wat wel en wat juist niet werkt.

We horen graag van je!

Ben je onderzoeker in dit onderzoeksveld en wil je graag een aantal inzichten delen? Heel graag! Je kan contact opnemen met: enquetes@republiq.nl. Ook met andere suggesties of vragen: schroom niet. Lijkt het je leuk om deel te nemen aan het onderzoek, dan kun je meedoen via [deze link](#).

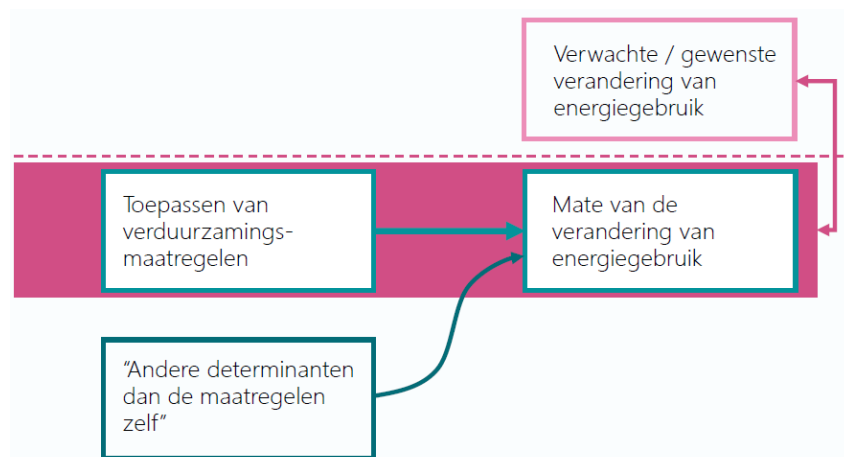
03

INLEIDING

In Nederland worden steeds meer woningen verduurzaamd en nieuwe duurzame woningen gebouwd. Op het totaal gemeten, is het bekend dat het gemiddelde energieverbruik per woning daalt¹. Er is een verschuiving te zien in energiegebruik van gas naar elektra. En uit onderzoek blijkt dat er grote verschillen zijn in het energiegebruik tussen huishoudens². Dat kan liggen aan het aantal bewoners, het woonoppervlak of type woning. Het is niet goed bekend hoe die verduurzaming zich verhoudt tot de feitelijke vermindering van het energiegebruik in de praktijk. Welke verduurzamingsmaatregel heeft welk effect? En zijn die effecten afhankelijk van bijvoorbeeld het type woning, de isolatiewaarde, het gebruik van de woning? Of is de effectiviteit van verduurzaming juist zeer specifiek en moet er gekeken worden naar combinaties van maatregelen in specifieke woningen met een specifiek gebruik om iets te kunnen zeggen over de effectiviteit van verduurzaming?

Op basis van fysische rekenmodellen kan het verwachte effect van een verduurzamingsmaatregel gekwantificeerd worden. Die kwantificering resulteert in een verwacht, theoretisch, effect van een maatregel. De praktijk blijkt echter een stuk weerbarstiger. Vaak blijkt de resulterende energiebesparing van een maatregel een stuk minder groot dan zou worden verwacht op basis van de modellen. Blijkbaar spelen er in de praktijk allerlei andere 'verstoringen' zaken een rol waar lastig de vinger op te leggen is. Het blijkt moeilijk om een exact beeld te krijgen hoe en onder welke voorwaarden verduurzamingsmaatregelen bijdragen aan vermindering van het energiegebruik van de woning. Door een foutieve installatie, of omdat de woning anders wordt gebruikt dan verwacht, variëren de effecten van het uitvoeren van verduurzamingsmaatregelen in de praktijk. Dat maakt het nodig om in meer detail te kijken naar de uitvoering van maatregelen en de veranderende condities – zoals gedrag van bewoners – die samengaan met de maatregel.

In opdracht van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO), voeren Republiq en In.Fact.Research een diepgaand onderzoek uit om meer grip te krijgen op het werkelijke effect van verduurzamingsmaatregelen. De hoofdvraag van het onderzoek luidt: *'Hoe groot is de impact van (combinaties van) maatregelen op verandering in energiegebruik en welke andere determinanten dan de maatregelen zelf spelen daarbij een rol?'*. Een schematische weergave hiervan is opgenomen in Figuur 1.



Figuur 1 - Schematische weergave onderzoeksvraag

¹ Bron: CBS, via milieucentraal: <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/inzicht-in-je-energierekening/gemiddeld-energieverbruik/>

² Bron: CBS, verschillen tussen huishoudens. <https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/diversen/2024/de-energierekening-januari-2024/4-verschillen-tussen-huishoudens>

03.01 Panel

In een panel van huishoudens worden deelnemers gevolgd waarbij verduurzamingsmaatregelen in de woning worden getroffen. De monitoring is erop gericht om deelnemers gedurende meerdere jaren te volgen zodat een goed beeld kan worden verkregen van de veranderingen die samengaan met verduurzaming. De volgende databronnen worden daarbij gebruikt:

- Slimme meterdata waarbij het energiegebruik gedurende de gehele periode tot op kwartier/uurniveau wordt gemonitord
- Vragenlijsten, één voor de intake waarin de uitgangssituatie wordt vastgesteld en periodieke vragenlijsten om veranderingen in beeld te brengen
- Weergegevens om de invloed daarvan op de verbruiksgegevens te controleren
- Huisbezoeken (bij een deel van het panel) waarbij details worden ingevuld over ‘wat er aan de hand is’ in een woning. Dat gaat dan om zaken die niet goed kunnen worden uitgevraagd, zoals luchtdichting of zeer specifieke kenmerken van woningen, huishoudens en hun gedrag.

Op die manier ontstaat een steeds gedetailleerder beeld van de effecten van de verduurzaming en de overige factoren die een rol spelen in het beïnvloeden van die effecten.

Het panel wordt via verschillende kanalen geworven. Het Nationaal Warmtefonds is de belangrijkste bron. Er is voor het Warmtefonds gekozen omdat het van de huishoudens die daar bekend zijn, zeker is dat zij voornemens zijn verduurzamingsmaatregelen uit te voeren. Zij sluiten daar immers een lening voor af. Aanvullend zijn deelnemers geworven via Enellogic – de ODA die de slimme-meterdata uitleest – en de website van RVO. Vooralsnog levert het Warmtefonds zo’n 90% van de deelnemers. Het panel is daarmee niet representatief voor de Nederlandse populatie (het bestaat uitsluitend uit koopwoningen, relatief vaak in het luxere segment), maar biedt wel de beste garanties voor het waarnemen van de effecten van verduurzamingsmaatregelen. Het panel wordt in 2025 nog verder uitgebreid³, waarna de dataverzameling ook verder zal worden gecontinueerd. Pas daarna kan het antwoord op de hoofdvraag goed worden gegeven.

03.02 Verkenning energiebesparing energiegebruik door warmtepomp

In dit deelonderzoek doen we een verkenning van de effecten van een verduurzaming waarbij huishoudens hun cv-ketel vervangen door een hybride of all-electric warmtepomp. Er wordt ingegaan op de volgende vragen:

1. Wat zijn de verwachte energiebesparingen bij een overgang van cv-ketel naar warmtepomp?
2. Is er feitelijk een verandering in energiegebruik bij een verandering van cv-ketel naar warmtepomp?
3. Hoe groot zijn de verschillen tussen respondenten (zowel in absoluut als relatief energiegebruik)?
4. Kunnen de verschillen tussen respondenten in de mate van verandering worden verklaard door de invloed van ‘andere determinanten’?

03.03 Methode

Dit onderzoek is exploratief en moet – hoewel ook gebruik wordt gemaakt van kwantitatieve gegevens – als kwalitatief en indicatief worden geïnterpreteerd. Het doel is niet om definitieve antwoorden te geven op de vraag naar de energiebesparingen waarin de verduurzamingen hebben geresulteerd. Het doel is wel om aanwijzingen te vinden voor de factoren die mede een rol spelen bij verschillen in omvang van energiebesparingen bij het installeren van een warmtepomp zodat daarmee rekening kan worden gehouden bij de uiteindelijke beantwoording aan het einde van het traject.

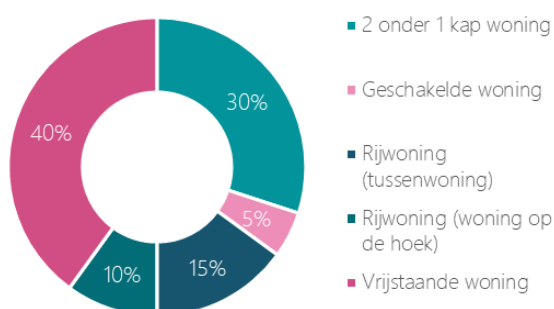
³ Hierbij is de inzet om meer appartementen aan het panel toe te voegen, in het bijzonder (via de Subsidieregeling verduurzaming VvE’s).

03.04 Selectie

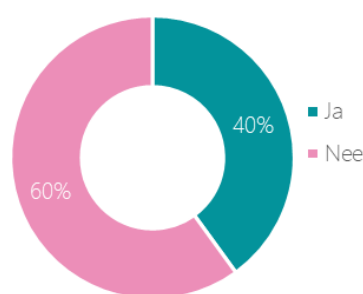
Er zijn – naast de overstap van een cv-ketel naar een warmtepomp – enkele aanvullende selectiecriteria gehanteerd om deelnemers mee te nemen in de analyse voor de beantwoording van vragen 2 tot en met 4:

- Vragenlijstgegevens en energiedata kunnen eenduidig worden gekoppeld (soms zijn er meerdere gebouwen, dan kan dat niet);
- Energiedata zijn beschikbaar voor drie maanden voor en na verduurzaming binnen een of meerdere stookseizoenen, waarbij de maand waarin is verduurzaamd niet wordt meegerekend. Panelleden zijn dus binnen de onderzoeksperiode overgestapt;
- Er zijn in de onderzoeksperiode maximaal drie maatregelen genomen (inclusief de warmtepomp).

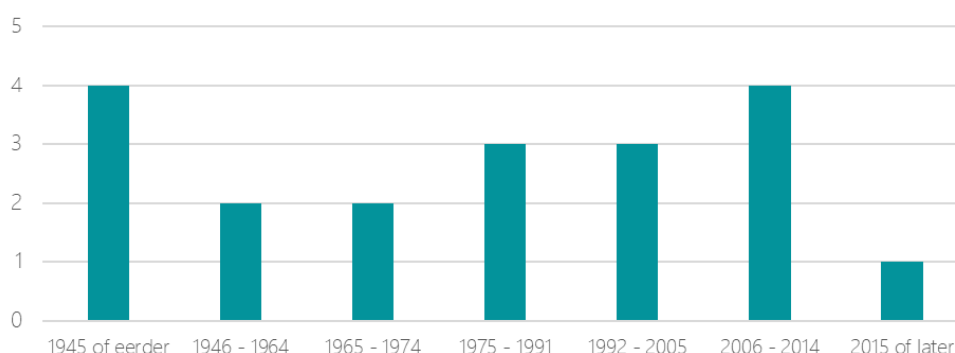
In totaal zijn er in het panel 20 deelnemers die aan de bovenstaande selectiecriteria voldoen. Daarvan zijn er 11 overgestapt naar een hybride warmtepomp en 9 naar een all-electric warmtepomp.⁴ 18 van de 20 installeerden ook (extra) pv-panelen. Bij de overige 2 waren deze al aanwezig. In Figuur 2, Figuur 3 en Figuur 4 wordt de verdeling over woningtypen, het aandeel elektrische auto's en bouwjaarclassen van de woning weergegeven (bij één van de 20 respondenten is het bouwjaar onbekend). Het gemiddelde gebruiksoppervlak in de selectie is iets meer dan 200 m².



Figuur 2 - Verdeling woningtypen analysegroep



Figuur 3 - Aanwezigheid elektrische auto



Figuur 4 - Verdeling bouwjaarclassen analysegroep

⁴ Het totale aantal deelnemers in het panel met een warmtepomp is veel groter en bedraagt ruim 300. Zij zijn voor deze analyse vaak niet geselecteerd omdat er onvoldoende meetgegevens beschikbaar zijn (voor of na verduurzaming).

04

VERWACHTE ENERGIEBESPARING WARMTEPOMP

De theoretische energiebesparing die kan worden bereikt door een warmtepomp te installeren, kan worden afgeleid uit het verschil tussen het rendement van een cv-ketel en dat van een warmtepomp. Rendement wordt hierbij opgevat als de hoeveelheid energie (in kWh) die nodig is voor 1 kWh warmte. Dit wordt ook wel de coëfficiënt of performance (COP) genoemd. In dit hoofdstuk wordt kort ingegaan op wat daarover in de literatuur wordt gezegd.

04.01 Rendement cv-ketel

In de Europese richtlijnen worden bij de berekening van het rendement van cv-ketels de verliezen door de afvoer van verbrandingsgassen niet in het rendement meegerekend. Er wordt dan uitgegaan van de zogenaamde onderste verbrandingswaarde van aardgas. Omdat moderne cv-ketels (HR) de energie uit de waterdamp grotendeels terugwinnen (door condensatie) kunnen deze (ten opzichte van de onderste verbrandingswaarde) een rendement van meer dan 100% bereiken. Ten opzichte van de bovenste verbrandingswaarde is 100% echter de (theoretische) limiet. Deze wordt in de praktijk niet gehaald. Voor een HR107-ketel die (minimaal) 107% rendement heeft ten opzichte van de onderste verbrandingswaarde komt het rendement ten opzichte van de bovenste verbrandingswaarde uit op 96%.⁵ Een HR107 ketel heeft daarmee een COP van 0,96. Gemiddeld, inclusief de cv-ketels met een lager rendement, wordt uitgegaan van een COP van 0,9.⁶

04.02 Rendement warmtepomp

De COP van warmtepompen is groter dan één omdat de geleverde warmte wordt onttrokken aan een externe bron (lucht, bodem of water). Bij de COP van een warmtepomp wordt meestal uitgegaan van het maximale rendement van een warmtepomp (onder de gunstigste omstandigheden). Bandbreedtes voor COP's van verschillende soorten warmtepompen zijn⁷:

- Elektrische warmtepomp: lucht - lucht: 2 - 4
- Elektrische warmtepomp: lucht - water: 3 - 5
- Elektrische warmtepomp: water/bodem - water: 4 - 6
- Hybride warmtepomp: 3 – 5

De COP is geen vaste waarde bij een warmtepomp omdat het rendement afhankelijk is van:

- De kwaliteit van de warmtepomp
- De temperatuur van de bron
- De geproduceerde watertemperatuur (de aanvoertemperatuur voor het afgiftesysteem)

De relatie tussen COP en watertemperatuur (of aanvoertemperatuur) wordt ook wel uitgedrukt met de vuistregel van 1 punt COP per 10 graden Celsius. Dus, als COP = 5 bij een aanvoertemperatuur (= geproduceerde watertemperatuur) van 35 °C, dan geldt bij een aanvoertemperatuur van 45 °C een COP van 4.⁸ In de praktijk varieert deze verhouding weer met de temperatuur van de bron.⁹

⁵ [https://milieuplatformzorg.nl/bibliotheek/maatregelen/450/gasgestookte-hr-ketel-ipv-conventionele-ketel-of-vr-ketel/#:~:text=Er%20zijn%20drie%20labels%20voor,op%20bovenwaarde\)%20\(gangbaar\).](https://milieuplatformzorg.nl/bibliotheek/maatregelen/450/gasgestookte-hr-ketel-ipv-conventionele-ketel-of-vr-ketel/#:~:text=Er%20zijn%20drie%20labels%20voor,op%20bovenwaarde)%20(gangbaar).)

⁶ <https://www.klimaatexpert.com/> Dit is een kennisplatform van installateurs/aanbieders.

⁷ <https://www.energievacht.nl/kennisbank/warmtepompen/cop-scop-warmtepomp>

⁸ <https://www.joostdevree.nl/shtmls/cop-waarde.shtml>

⁹ <https://www.klimaatexpert.com/warmtepomp/technisch/cop-scop-en-rendement>

Omdat de temperatuur van de bron door het jaar varieert, is het nuttig om een gemiddelde COP door het jaar heen te gebruiken.¹⁰ Daarvoor is de SCOP (seasonal COP) geïntroduceerd. Omdat de COP het maximale rendement geeft, is de SCOP meestal lager. Bandbreedtes voor de SCOP van verschillende typen warmtepompen die worden genoemd, zijn:¹¹

- Elektrische warmtepomp: lucht - lucht: 2 - 3¹²
- Elektrische warmtepomp: lucht - water: 3 - 4
- Elektrische warmtepomp: water/bodem - water: 3,5 - 5
- Hybride warmtepomp: 3 - 4

Voor warmtepompen die de warmte onttrekken aan de buitenlucht (luchtwarmtepompen) ligt het in de rede om de energie die periodiek nodig is om de warmtepomp te ontdooien bij de berekening van het rendement te betrekken. Eens in de zoveel tijd wordt het verwarmingsproces namelijk automatisch omgekeerd om het buitendeel te ontdooien. Dit gebeurt in de regel al vanaf een buitentemperatuur van 5 °C. Meestal wordt dit niet meegenomen in de opgegeven SCOP's.¹³

Voor hybride warmtepompen is het van belang om vast te stellen of in een SCOP ook is verdisconteerd wat de verhouding is (ook wel: dekkingsgraad) tussen het aandeel van de warmtepomp en het aandeel van de cv-ketel om te voorzien in de warmtebehoefte. Hoe groot dat deel is, is van invloed op de SCOP van het systeem en daarmee op de te verwachten energiebesparing ten opzichte van de situatie voor verduurzaming. Indicatief voorbeeld: als het warmtepomp-deel een SCOP heeft van 3,5, maar deze in de praktijk in 75% van de warmtebehoefte voorziet en de overige 25% met een cv-ketel wordt gerealiseerd, is het systeemrendement 2,85 (uitgaande van een rendement van 0,9 van de cv-ketel). In de praktijk kan de dekkingsgraad sterk verschillen tussen installaties en huishoudens. Het lijkt dan ook aannemelijk om voor een realistische SCOP van een luchtwarmtepomp eerder van de onderkant dan de bovenkant van de vermelde bandbreedtes uit te gaan.

04.03 Energiebesparingen

In een studie uit 2021 laat de Nederlandse Verwarmingsindustrie¹⁴ zien dat voor een gemiddelde woning in Nederland de toepassing van een hybride warmtepomp een vermindering van 56% van het gasverbruik kan opleveren bij hoge-temperatuurverwarming en 77% bij lage-temperatuurverwarming. Bij de berekeningen die daarvoor zijn uitgevoerd, is aangenomen dat het warmtepompdeel afschakelt bij een buitentemperatuur van 2°C. In het onderzoek wordt deze aanname gehanteerd mits de COP hoog genoeg is om te besparen, anders is gerekend met een lagere afschakeltemperatuur van de warmtepomp. De relatieve energiebesparingen verschillen daarbij niet veel tussen woningtypen en isolatiegraden.

De 77% besparing van het gasverbruik komt goed overeen met de gemiddelde gemeten besparing van 75% op het gasverbruik in een recenter demonstratieproject van de Vereniging Duurzame Warmte.¹⁵ In dit demonstratieproject is ook vermeld wat de systeem-SCOP is van de hybride warmtepompen in de steekproef (warmte/(gas hybride in kWh + elektriciteit hybride)). Dit systeemrendement komt uit op 2,27. Vergeleken met het systeemrendement van de cv-ketel

¹⁰ Bij bodem-water warmtepompen is de SCOP in beginsel gelijk aan de COP omdat bij dit type de brontemperatuur constant is.

¹¹ <https://www.energiewacht.nl/kennisbank/warmtepompen/cop-scop-warmtepomp>

¹² Nefit-Bosch meldt SCOP's voor verwarming van 4 voor de eigen airconditioning-systemen.

¹³ <https://www.klimaatexpert.com/warmtepomp/technisch/cop-scop-en-rendement>

¹⁴ Nederlandse verwarmingsindustrie (2021) Hybride warmtepompen, haalbaar en betaalbaar. De hybride route: haalbare en betaalbare verduurzaming voor de bestaande bouw.

¹⁵ Vereniging Duurzame Warmte (2025), Demonstratieproject Hybride warmtepompen in de gebouwde omgeving.

blijkt de hybride warmtepomp dus 2,5 keer zo zuinig als de cv-ketel (2,27/0,9). Of omgekeerd: het verwachte energiegebruik voor verwarming met een hybride warmtepomp bedraagt circa 40% van dat met een cv-ketel.

04.04 Conclusie

De verwachte energiebesparing door een warmtepomp (als vervanging van een cv-ketel) hangt af van het rendement van zowel de verwarmingsketel als van dat van de warmtepomp. Uitgaande van vrij grove gemiddelden (gebaseerd op de hiervoor benoemde (S)COP's) zouden voor de overgang van een gemiddelde cv-ketel naar een warmtepomp de verhoudingen kunnen worden aangehouden die in *Tabel 1* zijn weergegeven.

cv-ketel		warmtepomp		verbruik cv-ketel ten opzichte van warmtepomp	verbruik warmtepomp ten opzichte van cv-ketel	energiebesparing
type	SCOP	type	SCOP			
gemiddeld	0,9	hybride	2,27	2,5	40%	60%
		lucht-lucht	2,00	2,2	45%	55%
		lucht-water	3,00	3,3	30%	79%
		bodem-water	4,00	4,4	23%	78%

Tabel 1 - verwachte energiebesparingen bij overgang van cv-ketel naar typen warmtepompen

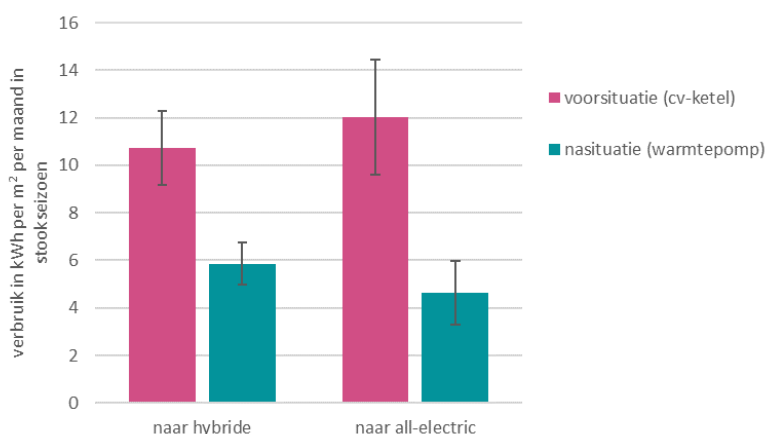
05

ANALYSE: ENERGIEBESPARING WARMTEPOMP IN HET PANEL

In dit hoofdstuk wordt aandacht besteed aan de energiebesparingen die in het panel worden gemeten bij de overgang van een cv-ketel naar een warmtepomp. In paragraaf 05.01 worden de gemiddelde energiebesparingen weergegeven en vergeleken met de verwachte energiebesparingen. Vervolgens wordt in paragraaf 05.02 ingegaan op wat mogelijke achtergronden zijn van de verschillen in energiebesparing tussen huishoudens door individuele panelleden met een relatief grote en beperkte energiebesparing te vergelijken. Tot slot wordt in paragraaf 05.03 meer in het algemeen beschreven welke kenmerken van huishoudens en woningen in de selectie samenhangen met de grootte van de energiebesparingen.

05.01 Gemiddelde energiebesparingen

Het gemiddelde energiegebruik in het stookseizoen neemt flink af bij de overgang van een cv-ketel naar een warmtepomp. Voor de all-electric warmtepomp is dat – zoals verwacht – meer dan voor de hybride warmtepomp (Figuur 5). De gemiddelde energiebesparing komt (gas en elektriciteit samen in het stookseizoen) voor de hybride warmtepomp uit op 45%. Voor de all-electric warmtepomp is dat gemiddeld 62%.



Figuur 5 - Energiegebruik per maand in het stookseizoen voor en na verduurzaming van een cv-ketel naar hybride en all-electric warmtepompen (in kWh) incl. 95% betrouwbaarheidsinterval

De verschillen in de gerealiseerde energiebesparingen in het panel zijn aanzienlijk. Bij de woningen met een hybride warmtepomp variëren de energiebesparingen tussen 25% en 62%. Bij de woningen met een all-electric warmtepomp tussen de 38% en 74%. In de volgende paragraaf worden aanwijzingen gezocht voor de achtergrond van deze verschillen.

De geconstateerde vermindering van het energiegebruik kan niet zonder meer en uitsluitend worden toegeschreven aan de verandering van het systeem voor ruimteverwarming. Zo was er in de onderzoeksperiode in Nederland ook een algemene vermindering van het energiegebruik als gevolg van de stijging van de energieprijzen bij het begin van de Oekraïne-oorlog. In het segment van de woningtypen in het panel was die gemiddelde energiebesparing in Nederland circa 20%. Het is mogelijk dat ook de leden van het panel hun energiegedrag in deze periode hebben aangepast en onder andere om die reden zuiniger zijn gaan stoken.

Daarnaast moet worden bedacht dat in de analyses in deze rapportage het totale energiegebruik in het stookseizoen voor en na verduurzaming wordt vergeleken en niet alleen het energiegebruik dat wordt aangewend voor ruimteverwarming. Zo is er bij de overgang van een cv-ketel naar een all-electric warmtepomp vaak ook een verandering van het systeem waarmee warm tapwater wordt bereid. In die gevallen moet een deel van de energiebesparing daaraan worden toegeschreven.

Het isoleren van het aandeel van het elektriciteitsverbruik dat voor ruimteverwarming wordt gebruikt is geen sinecure, omdat elektriciteitsverbruik door veel meer factoren wordt bepaald dan gasverbruik. Er zijn in dit onderzoek wel eerste aanzetten voor onderzocht, maar die hebben – mede door ontbrekende data – nog niet tot een acceptabel resultaat geleid.

05.02 Achtergronden bij veel en weinig energiebesparing bij individuele cases

Om een indruk te krijgen van de achtergronden bij situaties waarin de verduurzaming op jaarbasis relatief veel en weinig oplevert¹⁶, zijn vier cases in meer detail onderzocht (Tabel 2). Daarbij is gekeken naar het niveau van energiegebruik voor verduurzaming, woningkenmerken, de samenstelling van en veranderingen in het huishouden, (veranderingen in) het energiegedrag, overige verduurzamingsmaatregelen, de motivatie van het huishouden om te verduurzamen (bijvoorbeeld financieel of comfort), enzovoort. Er is voor gekozen om de huishoudens met een elektrische auto buiten beschouwing te laten omdat het thuis opladen daarvan de patronen van energiegebruik sterk beïnvloedt.

van cv-ketel naar:	Energiebesparing in stookseizoen	
	weinig	veel
hybride warmtepomp	Casus 1 (36% energiebesparing)	Casus 2 (62% energiebesparing)
all-electric warmtepomp	Casus 3 (40% energiebesparing)	Casus 4 (74% energiebesparing)

Tabel 2 – Indeling individuele cases

In dit rapport worden de bevindingen van de analyses samengevat. In een uitgebreidere achtergrondrapportage zijn meer details, zoals etmaalpatronen, beschikbaar.

05.02.01 Hybride warmtepomp

RELATIEF WEINIG ENERGIEBESPARING

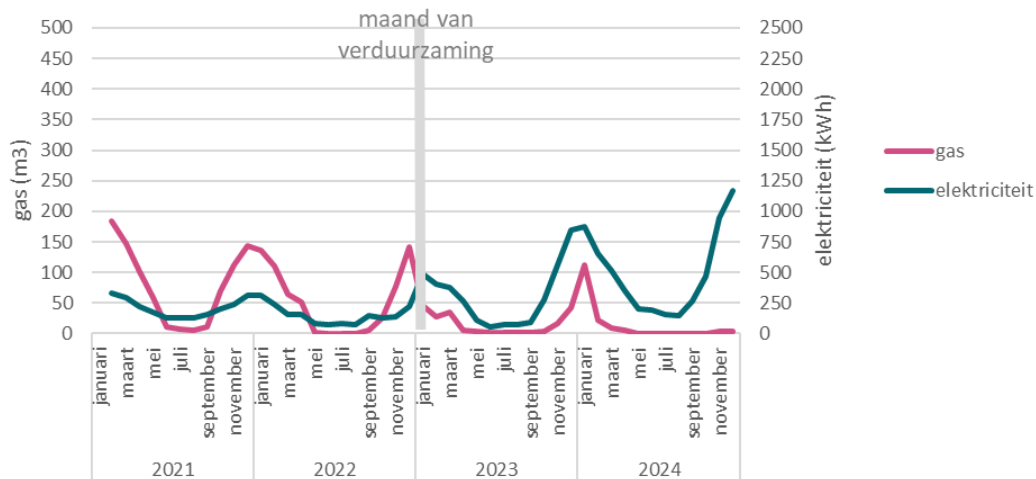
Bij het huishouden met relatief weinig energiebesparing na verduurzaming kan aan de verandering van de verbruiksgegevens (Figuur 6) worden gezien dat het gasverbruik na verduurzaming beperkt daalt en dat het elektriciteitsverbruik meer dan verdubbelt. Per saldo ontstaat daardoor een beperkte daling van het totale energiegebruik. Er kunnen verschillende achtergronden worden geïdentificeerd die een mogelijke verklaring bieden voor de geringe energiebesparing:

- Het huishouden verwarmt na verduurzaming meer kamers (de gehele woning) dan ervoor (3 kamers). Dat sluit ook aan bij de constatering dat het huishouden comfort mede als reden noemt voor de verduurzaming.
- De aanvoertemperatuur is relatief hoog (41 - 50 °C). Op zichzelf is deze temperatuur niet ongebruikelijk bij een systeem waarbij radiatoren worden gebruikt voor de afgifte, maar het draagt wel bij aan een minder gunstige COP van de warmtepomp;
- Het huishouden hanteert na verduurzaming een verwarmingsstrategie die voor dit type systemen (hybride met radiatoren en relatief hoge aanvoertemperatuur) niet altijd effectief is. De strategie na verduurzaming omvat:
 - een min of meer constante temperatuurinstelling van 20-21 °C;
 - geen nachtverlaging;
 - geen verlaging bij afwezigheid.

¹⁶ Teruglevering is hierbij niet meegerekend. De zonnepanelen kunnen het beeld wel enigszins verstoren omdat die via de directe benutting van de eigen opwek resulteren in een lager elektriciteitsverbruik.

Nadere bestudering van de etmaalpatronen toont dat voor verduurzaming wel nachtverlaging werd toegepast.

- Het niveau van energiegebruik voor verduurzaming is relatief laag (het behoort tot de 10% á 20% laagste verbruiken binnen het referentieprofiel)¹⁷. Dat vermindert het potentieel voor energiebesparing.



Figuur 6 - Verbruik gas en elektriciteit voor en na de installatie van een hybride warmtepomp in huishouden met relatief weinig energiebesparing

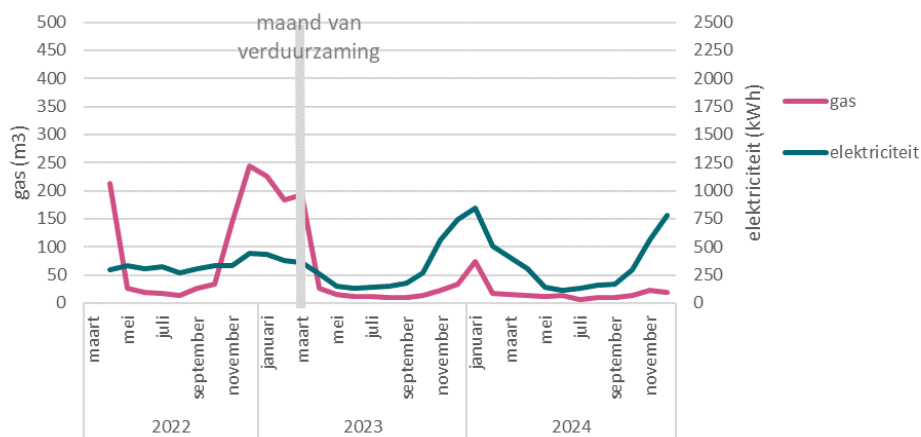
Het gasverbruik van dit huishouden ligt aan het einde van 2024 (november/december) veel lager dan in de stookperiode een jaar eerder. Het hoge elektriciteitsverbruik in deze maanden van 2024 duidt erop dat er nog steeds wordt verwarmd en dat men niet op vakantie is. Het is mogelijk dat de warmtepomp na het stookseizoen 2023/2024 anders is ingeregeld. Hoe die veranderende verhoudingen uiteindelijk zullen uitpakken, zal blijken als de respondent langer wordt gevolgd.

RELATIEF VEEL ENERGIEBESPARING

Bij het huishouden dat relatief veel bespaart, is een forse vermindering van het gasverbruik te zien en een relatief beperkte toename van het elektriciteitsverbruik van 37% in het stookseizoen. De gasketel springt in de koudste maanden bij, maar dit is wel beperkt (Figuur 7). Er is een aantal factoren dat van invloed lijkt te zijn op het relatief gunstige resultaat:

- Het huishouden is na verduurzaming minder ruimtes gaan verwarmen in huis (4 in plaats van de volledige woning);
- Het huishouden geeft aan minder vaak ramen te openen tijdens het verwarmen;
- Het huishouden hanteert een relatief lage thermostaatinstelling (van 18 á 19 °C) én nachtverlaging (naar 17 °C). Er is niet bekend of dit vóór verduurzaming anders was, maar het draagt bij dit type systeem (radiatoren en relatief hoge aanvoertemperatuur) wel bij aan energiebesparing;
- Het niveau van energiegebruik voor verduurzaming is – vergeleken met het huishouden dat weinig bespaarde – relatief hoog, wat meer potentieel geeft voor energiebesparing;
- Er was een gelijktijdige installatie van pv-panelen; deze hebben in het stookseizoen niet veel invloed op het verbruik, maar in het jaarverbruik telt dit wel door omdat door het verbruik van de eigen opwek minder levering van elektriciteit van het net nodig is;
- De motivatie voor de verduurzaming was primair financieel, wat past bij de gelijktijdige verandering in het energiedrag.

¹⁷ De referentie is ontleend aan 'Verbruik profielwoningen 2022' (twee of meer bewoners in oude, grote rijwoning) van het CBS.



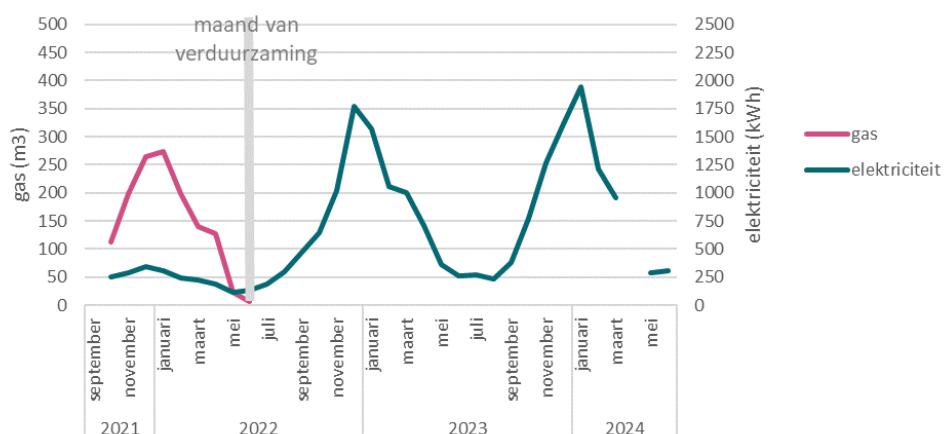
Figuur 7 - Verbruik gas en elektriciteit voor en na de installatie van een hybride warmtepomp in huishouden met relatief veel energiebesparing

05.02.02 All-electric warmtepomp

RELATIEF WEINIG ENERGIEBESPARING

Bij het huishouden met relatief weinig energiebesparing is de verandering van het verbruikspatroon volgens verwachting: het gasverbruik stopt en de toename van het elektriciteitsverbruik in het stookseizoen is aanzienlijk (Figuur 8). Ook buiten het stookseizoen is er een lichte toename van het elektriciteitsverbruik zichtbaar. Dit heeft mogelijk te maken met de simultane verandering in de warmtapwatervoorziening (van gas naar elektrisch).

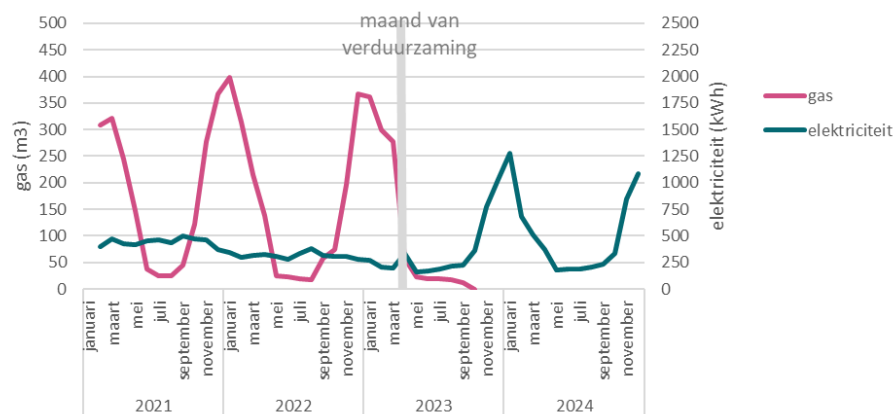
Het energiegedrag van het huishouden is - op basis van de opgave van het panellid - constant gebleven bij de verduurzaming. Er wordt gedurende het etmaal gevarieerd met de setpointtemperatuur van de thermostaat, maar deze is wel steeds op een relatief hoge temperatuur ingesteld: 20°C overdag, 21°C's avonds en 19°C 's nachts. Ook wordt de gehele woning verwarmd. Het energiegedrag is daarmee niet bijzonder zuinig, maar zou bij een zeer goed geïsoleerde woning – volgens opgave van de respondent - niet tot een zeer hoog energiegebruik hoeven leiden. Verder was er een relatief laag energiegebruik vóór verduurzaming, wat het potentieel van de energiebesparing verkleint.



Figuur 8 - Verbruik gas en elektriciteit voor en na de installatie van een all-electric warmtepomp in huishouden met relatief weinig energiebesparing

RELATIEF VEEL ENERGIEBESPARING

In de verandering van het patroon van energiegebruik is bij het huishouden met relatief veel energiebesparing de installatie van de warmtepomp goed te herkennen (Figuur 9). De pieken in het elektriciteitsverbruik in het stookseizoen zijn bij dit huishouden aanzienlijk lager dan bij het huishouden met relatief weinig energiebesparing (Figuur 8) terwijl het gasverbruik voor verduurzaming aanmerkelijk hoger was dan bij dat huishouden. Het energiebesparingspotentieel was daarmee relatief groot.



Figuur 9 - Verbruik gas en elektriciteit voor en na de installatie van een all-electric warmtepomp in huishouden met relatief veel energiebesparing

Het energiegedrag van het huishouden met een relatief grote energiebesparing is 'zuiniger' dan dat van het huishouden met relatief weinig energiebesparing. De thermostaat wordt op een relatief lage en constante temperatuur (19°C) ingesteld, en de woning wordt niet volledig verwarmd (maar voor 61-80%). Het huishouden geeft aan dat het stookgedrag niet is veranderd met de verduurzaming. Dat lijkt wel plausibel gezien het etmaalverbruik voor verduurzaming waarbij ook een relatief hoog verbruik gedurende de nacht te zien is (zie achtergrondrapportage). Er wordt een lage aanvoertemperatuur gebruikt (20-30 °C) en het afgiftesysteem is vloerverwarming voor de gehele woning. De isolatie van de woning wordt door de respondent lager ingeschat ('goed') dan die van de woning met relatief weinig energiebesparing. Het is de vraag of dit verschil ook aansluit bij eventuele metingen van warmteverliezen want de warmtepomp lijkt in deze woning de (op zichzelf ook lagere) warmtevraag beter aan te kunnen dan in de woning met relatief weinig energiebesparing.

05.02.03 Tussenconclusie

Bij de hybride warmtepompen lijken uiteenlopende veranderingen in energiegedrag die samengingen met de verduurzaming de doorslag te geven bij het verschil tussen relatief veel en weinig energiebesparing. Bij de woning met relatief weinig energiebesparing is men zich minder zuinig gaan gedragen (meer kamers verwarmen en geen nachtverlaging meer toepassen) en bij de woning met relatief veel energiebesparing juist zuiniger (minder kamers, op een relatief lage temperatuur, met nachtverlaging). Daarbij lijkt het onzuinige gedrag ook niet goed 'passend' bij het hybride verwarmingssysteem, wat de geringe energiebesparing plausibel maakt.

Bij de all-electric warmtepompen zijn er geen aanwijzingen voor met de verduurzaming samengaan gedragveranderingen die een verschil in energiebesparing zouden kunnen veroorzaken. Hier lijkt het verschil vooral te maken te hebben met de 'passendheid' van het vermogen van de warmtepomp bij de warmtevraag die door het huishouden in combinatie met kenmerken van de woning wordt uitgeoefend. In het geval van de geringe energiebesparing lijkt de warmtepomp (te) veel vermogen te moeten leveren. Bij de woning met de relatief grote energiebesparing lijkt energievraag en vermogen van de warmtepomp beter op elkaar afgestemd. Wat de rol van met

name de isolatiekwaliteit van de woning hierbij is, zal moeten blijken uit metingen van warmteverliezen bij deze woningen.

Zowel bij installatie van hybride systemen als all-electric warmtepompen lijkt het energiegebruik voor verduurzaming een relatie te hebben met de grootte van de gerealiseerde energiebesparing. Een hoger energiegebruik voor energiebesparing levert een groot energiebesparingspotentieel, terwijl een verdere energiebesparing in een woning waar al weinig energie wordt gebruikt, lastiger is. In hoeverre dit ook meer in algemene zin opgaat, kan worden onderzocht door dit voor de gehele groep te onderzoeken.

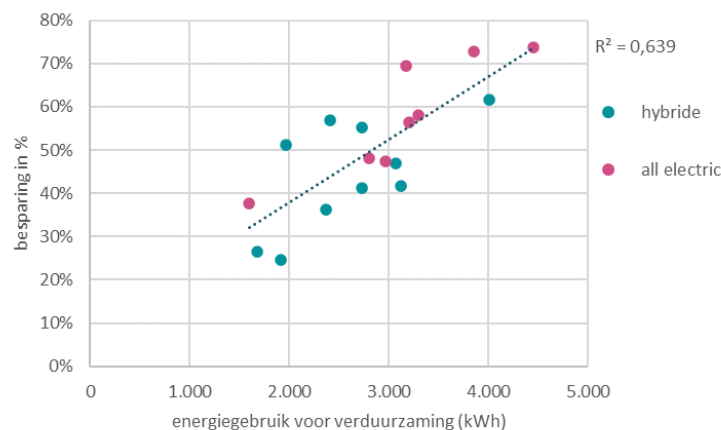
05.03 Verschillen tussen huishoudens en woningen

Van een aantal van de factoren die op basis van de analyse van de individuele cases medebepalend lijken te zijn voor de verschillen in grootte van de energiebesparing, wordt in deze paragraaf nader verkend in hoeverre die voor de gehele groep relevant zijn. Daarbij wordt ook vergeleken of ze zowel bij de hybride warmtepompen als bij de all-electric een rol spelen. In de achtergrondrapportage zijn meer analyses opgenomen. Daarin worden ook verschillen in (absoluut) energiegebruik na verduurzaming beschouwd.

Bij het bepalen van de energiebesparingen in deze paragraaf worden voor alle huishoudens steeds de gemiddelde verbruiken in de maanden december en januari voor en na verduurzaming vergeleken (gas- en elektriciteitsverbruik samen). Daarmee wordt ingezoomd op echt koude maanden in het stookseizoen en wordt de mogelijk verstorende invloed van de gelijktijdige installatie van zonnepanelen zoveel mogelijk beperkt. Bij 2 van de 20 huishoudens waren er onvoldoende gegevens beschikbaar voor januari of december. Deze huishoudens zijn in deze paragraaf buiten beschouwing gelaten.

NIVEAU ENERGIEGEBRUIK VOOR VERDUURZAMING

Bij de vier individuele cases die in paragraaf 05.02 zijn besproken zijn aanwijzingen gevonden voor een relatie tussen het energiegebruik voor verduurzaming en de grootte van de relatieve energiebesparing. Deze samenhang geldt ook meer algemeen binnen de selectie van 18 huishoudens/woningen en zowel voor de overgang naar hybride als naar all-electric warmtepompen (Figuur 10). Huishoudens die weinig verbruikten voor verduurzaming, besparen aanmerkelijk minder dan huishoudens die veel verbruikten. Omdat de energiebesparing is uitgedrukt als aandeel van het verbruik voor verduurzaming en niet als een absolute energiebesparing, is dat niet vanzelfsprekend. Aan de andere kant is het wel goed begrijpelijk: hoe zuiniger men al was, hoe minder er nog verder kan worden bezuinigd met verduurzaming (als verder alles hetzelfde blijft).



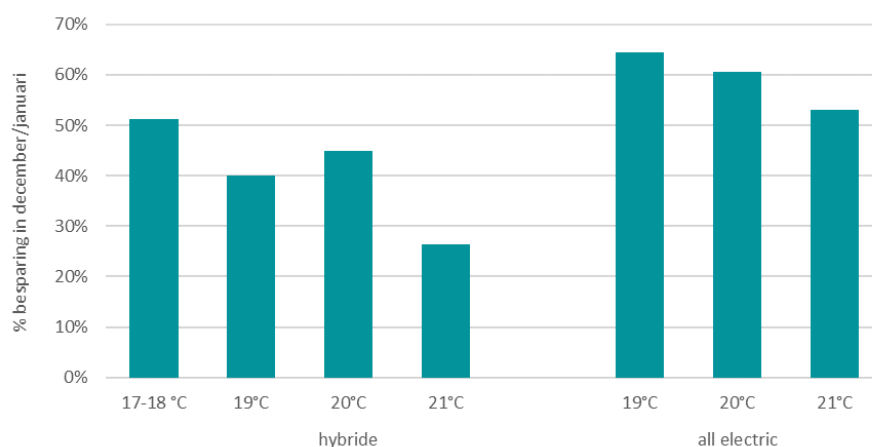
Figuur 10 – Energiebesparing energiegebruik bij verduurzaming naar een warmtepomp naar het energiegebruik voor verduurzaming

ENERGIEGEDRAG

Veranderingen in energiegedrag bij verduurzaming lijken op basis van de analyse in paragraaf 05.02 een belangrijke factor te zijn bij het verschil tussen relatief veel en weinig besparen bij de hybride warmtepompen. Er zijn echter te weinig huishoudens binnen de selectie die – in aanvulling op de huishoudens die in paragraaf 05.02 zijn besproken – aangeven hun energiegedrag te hebben aangepast bij de verduurzaming, bijvoorbeeld door meer of minder kamers te gaan verwarmen. Er kan dus geen nader uitsluitsel over worden gegeven in hoeverre die samenhang ook in bredere zin opgaat.

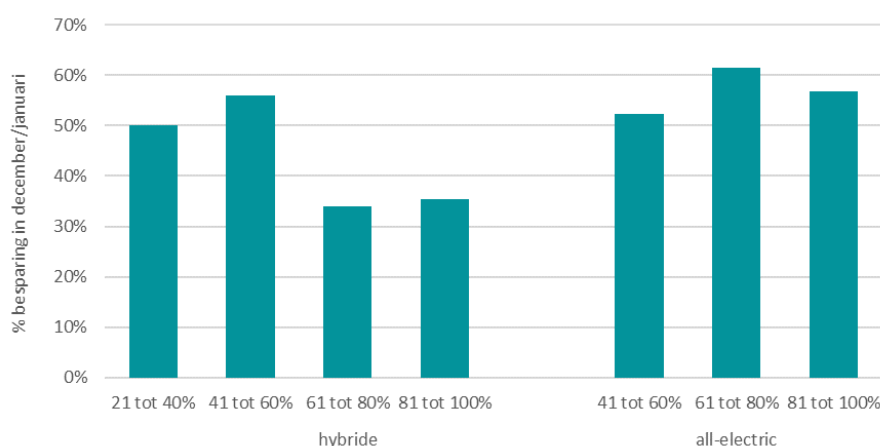
Er zijn in paragraaf 05.02 ook aanwijzingen gevonden voor een relatie tussen energiebesparing en energiegedrag zonder dat het energiegedrag in de tijd veranderde. De indruk is dat bij zuiniger energiegedrag (lagere setpoint thermostaat, niet de volledige woning verwarmen, temperatuurverlaging bij afwezigheid) ook meer energiebesparing wordt gerealiseerd. Dit wordt voor de temperatuurinstelling bevestigd in de bredere selectie. Figuur 11 laat zien dat de energiebesparing gemiddeld groter was bij de huishoudens die overdag (bij aanwezigheid) een lagere temperatuurinstelling hanteerden dan bij de huishoudens met een hogere temperatuurinstelling.¹⁸

Voor het aandeel van de woning dat wordt verwarmd, zijn de aanwijzingen wat minder sterk (Figuur 12). Bij de verduurzaming naar een hybride warmtepomp lijkt er een tweedeling te zijn meer of minder dan 60% verwarmd oppervlak. Bij meer dan 60% is de energiebesparing kleiner dan bij minder dan 60% verwarmd oppervlak. Bij de woningen waar een all-electric warmtepomp is geplaatst, zijn er geen betekenisvolle verschillen.



Figuur 11 – Energiebesparing energiegebruik bij verduurzaming naar een hybride of all-electric warmtepomp, naar temperatuur setpoint in de middag

¹⁸ Alle in paragraaf 05.03 gerapporteerde verschillen in gemiddelde energiebesparingen zijn niet significant omdat het ook in deze paragraaf slechts om een kleine groep gaat. Ze moeten dan ook kwalitatief worden beschouwd als aanwijzingen voor een trend.



Figuur 12 – Energiebesparing energiegebruik bij verduurzaming naar een hybride of all-electric warmtepomp, naar het aandeel van de woning dat wordt verwarmd

KENMERKEN INSTALLATIES EN WONINGEN

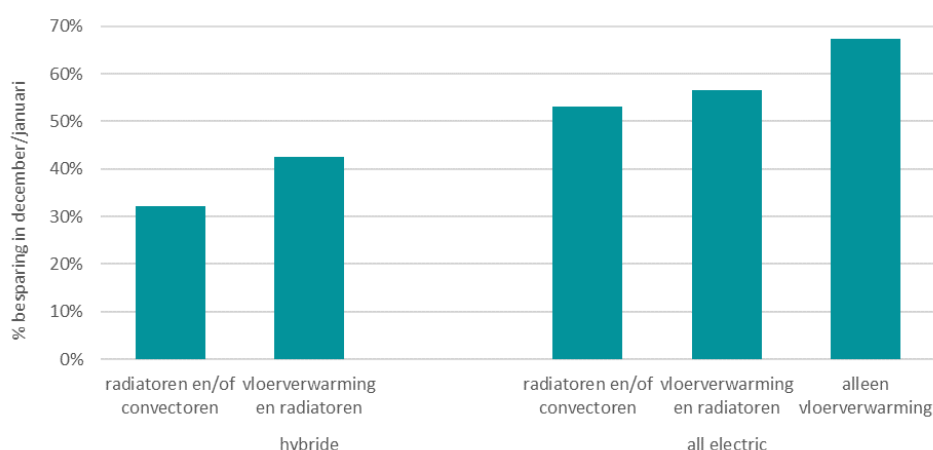
Ook voor kenmerken van de installaties (zoals aanvoertemperatuur en afgiftesysteem) zijn er aanwijzingen dat die samenhangen met de energiebesparing. De verwachting vanuit de literatuur is dat een lagere aanvoertemperatuur meer energiebesparing met zich meebrengt evenals een systeem met vloerverwarming vergeleken met radiatoren. Tegelijkertijd lieten de cases in paragraaf 05.02 zien, dat dit type relaties vrij complex is. Het hangt veelal af van de combinatie van isolatiekwaliteit van de woning en de kenmerken en instellingen van de installatie of een systeem zuinig opereert of juist niet.

In theorie is de combinatie van een all-electric warmtepomp met lage aanvoertemperatuur, vloerverwarming en een goede tot zeer goede isolatie de voorkeursvariant. Als een woning echter slechter is geïsoleerd, dan is het goed mogelijk dat meer energiebesparing wordt gerealiseerd met een hybride warmtepomp in combinatie met radiatoren en een gemiddelde aanvoertemperatuur.

Er zijn te weinig cases beschikbaar voor deze analyses om dergelijke combinaties te kunnen relateren aan de gerealiseerde energiebesparingen.¹⁹ Daarom worden alleen de gemiddelde energiebesparingen per afzonderlijk kenmerk (afgiftesysteem, aanvoertemperatuur en isolatiegraad) weergegeven.

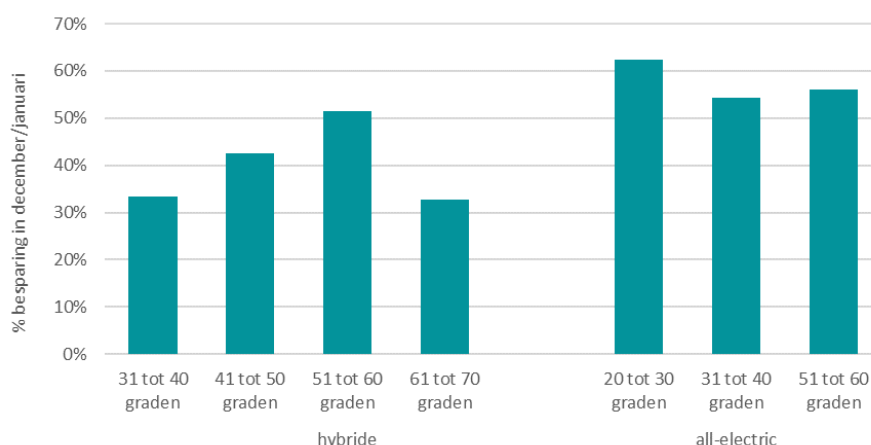
Een vergelijking tussen afgiftesystemen laat zien dat de energiebesparingen gemiddeld genomen wat groter zijn als de woning (deels) met vloerverwarming wordt verwarmd. Dat geldt zowel voor de hybride als de all-electric warmtepompen (Figuur 13).

¹⁹ Het is binnen het panel wel mogelijk om de prestaties (energiegebruik) van dergelijke combinaties te vergelijken op één moment in de tijd. Daar wordt in een andere sprint nader aandacht aan besteed.



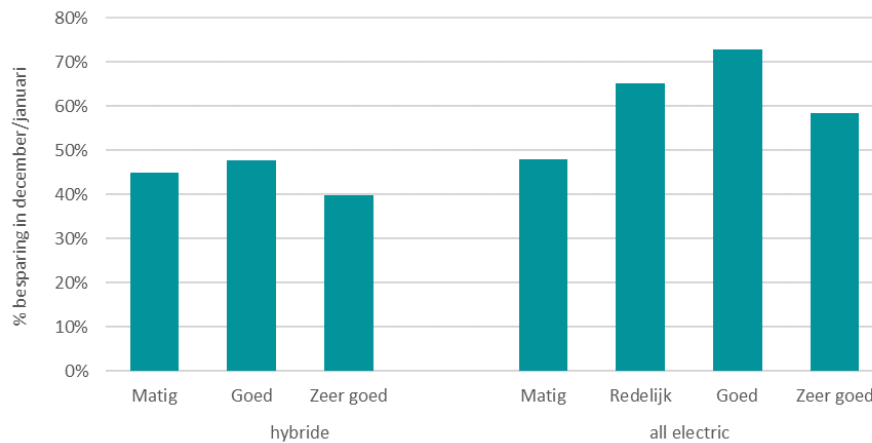
Figuur 13 – Energiebesparing energiegebruik bij verduurzaming naar een hybride of all-electric warmtepomp, naar het type afgiftesysteem

De relatie tussen de aanvoertemperatuur die wordt gehanteerd voor de warmtepomp en de gerealiseerde energiebesparing in het energiegebruik is niet eenduidig (Figuur 14). Bij de hybride warmtepompen lijkt er – in tegenspraak met de verwachtingen – meer te worden bespaard bij hogere aanvoertemperaturen (tot 60 graden). Het ene huishouden dat aangaf een aanvoertemperatuur te gebruiken van meer dan 60 graden bespaarde wel het minst. Bij de all-electric warmtepompen is de energiebesparing – volgens verwachting – het hoogst bij de laagste aanvoertemperatuur. Het gaat echter om relatief kleine verschillen.



Figuur 14 – Energiebesparing energiegebruik bij verduurzaming naar een hybride of all-electric warmtepomp, naar aanvoertemperatuur

Er zou mogen worden verwacht dat energiebesparingen groter kunnen zijn bij een beter geïsoleerde woning. Aan de andere kant blijkt dat juist in de woningen waar voor verduurzaming veel energie werd gebruikt, de installatie van een warmtepomp veel energiebesparing met zich meebrengt. Het is aannemelijk dat dit vaker woningen zijn met een mindere isolatiegraad. Per saldo is te zien dat er voor de hybride warmtepompen geen relatie is tussen de isolatie van de woning en de gerealiseerde energiebesparing (Figuur 15). Bij de all-electric warmtepompen is die er wel. Hier geldt grosso modo wel dat een betere isolatie samengaat met meer energiebesparing. Alleen bij een 'zeer goede' isolatie is de energiebesparing weer wat minder.



Figuur 15 – Energiebesparing energiegebruik bij verduurzaming naar een hybride of all-electric warmtepomp, naar isolatiegraad van de woning

TUSSENCONCLUSIE

De meeste bevindingen uit de analyse van de individuele cases worden ondersteund als naar de grotere groep van huishoudens wordt gekeken die in de onderzoeksperiode hebben verduurzaamd met de installatie van een warmtepomp. Er zijn vrij duidelijke aanwijzingen voor relaties tussen de gerealiseerde relatieve energiebesparing en:

- Het energiegebruik voor verduurzaming: hoe meer energie werd gebruikt, hoe groter de energiebesparing daarna;
- De temperatuurstelling overdag bij aanwezigheid: hoe lager de temperatuurstelling van de thermostaat, hoe meer energiebesparing;
- Aandeel van de woning dat wordt verwarmd (alleen hybride warmtepomp): hoe kleiner het aandeel dat wordt verwarmd, hoe meer energiebesparing;
- Afgiftesysteem: als vloerverwarming wordt gebruikt, betekent dat gemiddeld meer energiebesparing dan wanneer met radiatoren wordt verwarmd;
- Isolatiegraad van de woning (alleen all-electric warmtepomp): betere isolatie hangt samen met meer energiebesparing.

In vervolgonderzoek is het wenselijk om bij een grotere groep panelleden met een warmtepomp te analyseren hoe combinaties van kenmerken (kwaliteit woning en installaties samen met energiedrag) samenhangen met energiegebruik. Daarmee kan een beter beeld ontstaan van de configuraties waarin warmtepompen beter of minder goed presteren.

Na een lange aanloop van het verzamelen van data is het gelukt een longitudinale analyse te maken waar de eerste verklaringen passen bij de energiereductie die waargenomen wordt in de meterstanden. Dit inzicht geeft een hoge verwachting voor het vervolgonderzoek.

In dit deelonderzoek is voor een beperkte groep van huishoudens nagegaan welke veranderingen in energiegebruik samenhangen met één verduurzamingsmaatregel: de vervanging van een cv-ketel voor een warmtepomp. De maatregel gaat voor alle huishoudens samen met een afname van het energiegebruik. Op basis van een bestaande studie van de Nederlandse Verwarmingsindustrie is de afname van het energiegebruik (gas en elektriciteit samen) bij de installatie van een hybride warmtepomp gemiddeld 60%, en respectievelijk 79% en 78% voor lucht-water en bodem-water warmtepompen. De gemiddelde energiebesparing in de selectie van het panel komt voor de hybride warmtepomp uit op 45%. Voor de all-electric warmtepomp is dat gemiddeld 62%. De verschillen in de gerealiseerde energiebesparingen in het panel zijn aanzienlijk. Bij de woningen met een hybride warmtepomp variëren de energiebesparingen tussen 25% en 62%. Bij de woningen met een all-electric warmtepomp tussen de 38% en 74%.

Er zijn enkele nuanceringen die bij deze uitkomst kunnen worden gemaakt. De eerste is dat het een onderzoek bij een beperkt aantal huishoudens betreft. Daar kan geen algemene betekenis aan worden toegekend. Een tweede nuancering is dat niet uitsluitend is gekeken naar het energiegebruik dat wordt gebruikt voor ruimteverwarming, maar naar het totale energiegebruik in het stookseizoen. Dat brengt een onderschatting van de energiebesparing met zich mee. Naarmate het energiegebruik voor ruimteverwarming een kleiner deel uitmaakt van het totale energiegebruik, is die onderschatting groter. Aan de andere kant is aangenomen dat het overige energiegebruik niet verandert door de maatregel. Ook dat is – zeker in het geval van de installatie van een all-electric warmtepomp – vaak niet juist omdat die geregeld samengaat met een verandering van het systeem voor de bereiding van warm tapwater. En ook die verandering zal in de meeste gevallen samengaan met een energiebesparing.

De verschillen tussen huishoudens in de gerealiseerde energiebesparingen zijn opvallend groot. Deze verschillen blijken bij nader inzoomen op de omstandigheden van de verduurzaming samen te hangen met uiteenlopende factoren, waarvan de belangrijkste zijn:

- Het energiebesparingspotentieel (energiegebruik voor verduurzaming);
- (Veranderingen in) energiegedrag (zoals de gehanteerde temperatuurinstellingen en het aantal kamers dat wordt verwarmd);
- Kenmerken van de woningen en installaties (aanvoertemperatuur, afgiftesysteem, isolatiegraad).

Zeker bij de kenmerken van de woningen en installaties, maar ook voor energiegedrag geldt dat deze niet hetzelfde uitpakken voor all-electric en hybride warmtepompen. Het is aannemelijk dat de precieze configuratie van woning en installatie in combinatie met specifiek energiegedrag er hierbij toe doet. Om daar meer grip op te krijgen, is nader onderzoek naar verschillen in energiegebruik gewenst. Het panel heeft daar in principe voldoende vulling voor. Verder lijkt het ook nuttig om bij een aantal woningen waar opvallende, tegen de verwachtingen ingaande uitkomsten zijn genoteerd, nader onderzoek te doen naar bijvoorbeeld de luchtdichting en gedrag.

VERVOLG VAN HET ONDERZOEK

Op dit moment tekenen de eerste contouren voor deze ‘super combinaties’ zich af, maar is het nog niet mogelijk deze hard te formuleren. Wel zijn deze hypothesen te toetsen in een grotere selectie van deelnemers. Dit is een volgende stap in het onderzoek. Naast deze verbreding van het onderzoek is een verdieping nodig voor andere maatregelen. De methode die in dit deelonderzoek is gehanteerd leidt tot uitkomsten en verklaringen en is daarmee de basis voor een diepte-analyse van andere maatregelen. De inzichten uit deze verdiepingen kunnen op een later

moment gecombineerd worden. Een aanvulling vanuit de literatuur is nodig om hypotheses op te stellen en deze te toetsen met de rijke dataset die op dit moment is opgebouwd. Ook wordt in het vervolg de verbinding gelegd met het theoretische energiegebruik na verduurzaming. Veelal is de verwachting hoger dan de werkelijke energiebesparing.

Naast verdieping en verbreding van het onderzoek is continu aandacht nodig voor de kwaliteit van de dataset. Deze groeit exponentieel door de hoeveelheid data die elke dag binnenkomt. Structuur is essentieel om de data om te zetten naar inzichten. Daarnaast zijn heldere uitgangspunten over hoe om te gaan met weerscorrectie om verschillende jaren te vergelijken essentieel. Zonnepanelen en elektrische auto's vervuilen de dataset. Een manier om deze informatie te isoleren is nodig om het oog te houden op het aandeel energie dat wordt gebruikt voor het verwarmen van de woning.