

## Amsterdam University of Applied Sciences

### Vooronderzoek maximale impact voor warmtepompen

Warmerdam, Jos; van Erck, Njord; Hilhorst, Jochem; ter Steeg, Rob

**Publication date**

2021

**Document Version**

Final published version

[Link to publication](#)

**Citation for published version (APA):**

Warmerdam, J., van Erck, N., Hilhorst, J., & ter Steeg, R. (2021). *Vooronderzoek maximale impact voor warmtepompen*. Lectorenplatform EnergieVoorziening in Evenwicht (LEVE).

**General rights**

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

**Disclaimer/Complaints regulations**

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please contact the library: <https://www.amsterdamuas.com/library/contact/questions>, or send a letter to: University Library (Library of the University of Amsterdam and Amsterdam University of Applied Sciences), Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

# Lectorenplatform Energievoorziening in Evenwicht (LEVE) VOORONDERZOEK MAXIMALE IMPACT VOOR WARMTEPOMPEN



Lectorenplatform LEVE staat voor een Energievoorziening in Evenwicht ([LEVE-Onderzoeksagenda-2019.pdf](#)).

De missie van LEVE is het bevorderen van draagvlak en onderscheidend vermogen met betrekking tot het evenwicht tussen alle energiestromen richting 2030. Dit doen we regio-overstijgend door met gebiedsgericht praktijkonderzoek te komen tot betrouwbare modellen, data en informatie en deze resultaten kenbaar te maken.

De visie van LEVE is om richting 2030 een robuust en gedragen energiesysteem in evenwicht te behouden. Wij geloven dat we dit resultaat alleen door integrale samenwerking van kennisinstellingen, bedrijven, burgers en overheden kunnen behalen. Als verenigde lectoraten binnen LEVE verbinden wij stakeholders aan dit proces.

De LEVE-lectoraten onderzoeken wat nodig is om evenwicht tussen vraag en aanbod van energie in de jaren tot en met 2030 op alle tijdschalen te borgen. En wat het betekent om vraag en aanbod naar elkaar toe te brengen, rekening houdend met de afstand.

Met dit vooronderzoek 'Maximale impact voor de Warmtepomp' hebben onderzoekers uit de kenniskringen van LEVE-lectoren antwoord gegeven op de vraag welk praktijkgericht onderzoek naar individuele warmtepompen – in de LEVE-context – het meest kan bijdragen aan het beantwoorden van de vraag 'hoe maximale reductie van CO<sub>2</sub>-uitstoot op korte termijn' in de bestaande gebouwde omgeving te realiseren is.

De LEVE-lectoren onderschrijven de uitkomsten van het vooronderzoek. Volgende stap is om financiering voor het voorgestelde onderzoek te verkrijgen, zodat het onderzoek uitgevoerd kan worden als gezamenlijk project onder de LEVE-paraplu.

Meer informatie: Jan-Jaap Aué, Voorzitter Lectorenplatform LEVE

**avans**  
hogeschool

**HAN UNIVERSITY**  
OF APPLIED SCIENCES

**Hanzehogeschool Groningen**  
University of Applied Sciences

**HZ UNIVERSITY**  
OF APPLIED SCIENCES

**Hogeschool**  
van Amsterdam

**HOGESCHOOL**  
ROTTERDAM

**SAXION**

**hogeschool**  
**Windesheim**

# Lectorenplatform EnergieVoorziening in Evenwicht (LEVE) VOORONDERZOEK MAXIMALE IMPACT VOOR WARMTEPOMPEN

## SAMENVATTING

In deze notitie wordt onderzocht waar en hoe een maximale impact van individuele warmtepompen op de verduurzaming van de warmtevoorziening in de gebouwde omgeving kan worden gerealiseerd. Vervolgens wordt er gekeken welk onderzoek nog gewenst is om het potentieel maximaal te ontplooiën.



### AANLEIDING

Opdracht vanuit Lectoratenplatform Energie Voorziening in Evenwicht (LEVE), met de volgende uitgangspunten:

- De volgende systemen dienen te worden meegenomen in het onderzoek: hybride warmtepomp, bodemwarmtepomp, luchtwarmtepomp, PVT-systemen, ijsbuffer voor warmteopslag, waarbij keuzes worden onderbouwd met praktijkmetingen.
- Merk-onafhankelijke benadering.
- Huidige technieken vergelijken met betrekking tot CO<sub>2</sub>-emissies, SCOP<sup>1</sup> en piekbelasting e-net.
- Focus op bestaande bouw, meer specifiek woningen. Welke woningtypen het meest interessant zijn, zal nader worden geanalyseerd. Grote aantallen helpt bij het vergroten van de impact van het onderzoek.
- Geen industriële warmtepompen (hiertoe wordt mogelijk een ander LEVE-voorstel geschreven).
- Opslag kan tussentijds en/of na warmtepomp. Wat doet dit met de CO<sub>2</sub>-emissies, SCOP en piekbelasting van het elektriciteitsnet?
- Uiteindelijk gaat het over: maatschappelijke impact & vergroten kennisbasis.

### AANPAK

De volgende stappen zijn doorlopen:

- Focus op maximale impact 2030:
- Nog geen businesscase opslag, anders dan tapwater.
- Bestaande bouw belangrijk.
- Quick scan van het woningbestand en identificeren van de woningkarakteristieken die belangrijk zijn voor de verduurzaming.
- Inventariseren van de beschikbare warmtepompoplossingen en selecteren van een veelbelovend concept voor de Nederlandse situatie.
- Inventariseren van knelpunten voor een maximale uitrol.
- Inventariseren welk aanvullend onderzoek kan helpen om deze knelpunten weg te nemen.

### RESULTAAT

Het resultaat is een onderzoeksplan en identificatie van mogelijke financieringsbronnen.

Met een viertal onderzoekers van verschillende LEVE-hogescholen is in kaart gebracht wat er aan onderzoeksresultaten en kennis beschikbaar is en welke hiaten er zijn.

<sup>1</sup> Seasonal Coëfficiënt of Performance: de gemiddelde COP over een stookseizoen.

## DISCUSSIE

Huidige evaluaties in Nederland laten een voor de bewoner/huiseigenaar interessante terugverdientijd zien voor de overstap naar een hybride warmtepompsysteem. De huidige evaluaties maken gebruik van de rendementen zoals die voorspeld worden op de proefstand. De verwachting is echter dat de werkelijke besparingen lager zullen liggen op basis van de volgende punten:

- Praktijkrendementen in monitoringprojecten liggen lager dan proefstand-data.
- De simplificaties in de NTA8800 geven een te rooskleurig beeld van het functioneren van de warmtepomp.
- Om een warmtepompsysteem optimaal te laten functioneren wordt geadviseerd om geen of een zeer geringe nachtverlaging toe te passen. Dit heeft uiteindelijk een hogere warmtebehoefte tot gevolg voor een warmtepomp dan voor een HR-ketel waar een grotere nachtverlaging kan worden gebruikt.

Er is daarom geen goed beeld van de daadwerkelijke besparingen op CO<sub>2</sub>-emissie en energiekosten.

## CONCLUSIES

Voor het verduurzamen van bestaande woningen is het aan te bevelen om uit te gaan van een woning met een redelijke isolatie en een bestaand afgiftesysteem met radiatoren. Op basis van de uitgevoerde quickscan ligt daar een groot potentieel voor de individuele warmtepomp.

Van de beschouwde warmtepompconcepten heeft de hybride warmtepomp het meeste potentieel op korte termijn voor wat betreft reductie in CO<sub>2</sub> uitstoot en waarschijnlijk ook op lange termijn voor een 100% duurzame oplossing (waarbij aardgas voor de HR-ketel wordt vervangen door bijvoorbeeld biogas of groene waterstof):

- Toe te passen met bestaande hoge temperatuur afgiftesystemen (zeker na isoleren woning).
- Voorkomt pieken in netbelasting bij hoge warmtevraag in winter.
- Biedt een realistische en haalbare overgang van fossiele energie naar 100% duurzame energie.
- Maakt op korte termijn (urgentie is nu) een aanzienlijke CO<sub>2</sub>-reductie mogelijk bij het verwarmen van woningen

Met betrekking tot de toepassing is nog behoefte aan de volgende informatie:

- Monitoringdata van hybride warmtepompen, dus onderzoek naar werkelijke opbrengsten.
- De werking van een warmtepomp met radiatoren als afgiftesysteem onder Nederlandse klimaatcondities.
- Hoe kan de hybride warmtepomp optimaal aangestuurd worden.

## AANBEVELINGEN

- Praktijkmetingen grootschalig en gedetailleerd voor verkrijgen van realistische SCOP-waardes.
- Gezamenlijke Proefopstellingen op de hogescholen voor testen optimale regeltechniek.

Opgesteld op 5-11-2021

Door:

- Lectoraat Smart Energy, Avans: Njord van Erck (lector: Jack Doomernik)
- Lectoraat Energietransitie, Windesheim: Jochem Hilhorst (lector: Jeike Wallinga)
- Lectoraat Balanced Energy Systems HAN: Rob ter Steeg (lector: Aart-Jan de Graaf)
- Lectoraat Energie en Innovatie, HvA: Jos Warmerdam (lector: Renée Heller)

# INHOUDSOPGAVE

BEGRIPPENLIJST .....	5
1. QUICKSCAN WONINGBESTAND .....	6
TRADITIONELE RADIATOREN .....	6
2. SELECTIE VEELBELOVEND WARMTEPOMPCONCEPT .....	7
TYPE WARMTEPOMP .....	7
WERKINGSPRINCIPE .....	7
WARMTEBRON .....	7
COLLECTIEF VERSUS INDIVIDUEEL .....	8
KOELING .....	8
HYBRIDE WARMTEPOMP .....	8
CONCLUSIE .....	9
3. NORMBEREKENINGEN EN PRAKTIJKRESULTATEN .....	10
NORMBEREKENINGEN IN NEDERLAND .....	10
NORM-METINGEN IN NEDERLAND .....	10
NORM-METINGEN IN EUROPA .....	10
PRAKTIJKRESULTATEN IN NEDERLAND .....	12
PRAKTIJKRESULTATEN IN EUROPA .....	12
CONCLUSIES .....	14
4. STAKEHOLDERS .....	15
CONCLUSIE .....	16
5. SUBSIDIES .....	17
CONCLUSIE .....	17
BIJLAGE: VERSCHIL TUSSEN PRESATIES VOLGENS NORM EN WERKELIJKE PRESTATIES.....	18
GRAADUREN METHODE LEIDT TOT OVERSCHATTING VERWARMINGSBEHOEFTE BIJ RELATIEF HOGE TEMPERATUREN .....	18
VERLOOP VAN COP WORDT ONNAUWKEURIG EN OPTIMISTISCH GESCHAT .....	18
BELANG VAN AANVRIEZEN L/W WARMTEPOMPEN KOMT ONVOLDOENDE TERUG IN DE NORM .....	18
EFFECT REGELING WORDT NIET MEEGENOMEN .....	20
CONCLUSIE .....	20

# BEGRIPPENLIJST

**COP** De term COP (Coëfficiënt of Performance) geeft de verhouding tussen momentaan geleverde warmte en de daarvoor benodigde elektrische energie.

**SPF/SCOP** De term SPF (Seasonal Performance Factor) danwel SCOP (Seasonal COP) is de gedurende een seizoen bepaalde verhouding tussen de geleverde warmte en de gebruikte elektrische energie.

# 1. QUICKSCAN WONINGBESTAND

Bij de verduurzaming van Nederland is de bestaande bouw erg belangrijk. In Nederland staan ongeveer 8 miljoen woningen die verduurzaamd moeten worden, terwijl er jaarlijks circa 1% daarvan nieuw wordt gebouwd. Daarnaast is het energiegebruik in de bestaande bouw hoger dan van nieuw gebouwde woningen. Om impact te maken in de energietransitie met de toepassing van warmtepompen ligt de focus in deze notitie op de bestaande bouw.

Van de bijna 8 miljoen woningen in Nederland zijn 6 miljoen woningen gebouwd voor 1995 en dus meer dan 25 jaar oud. Sinds 1995 is de EPC (Energie Prestatie Coëfficiënt) norm opgenomen in het bouwbesluit en verplicht voor een bouwaanvraag. De norm van 1,4 in 1995 is in de loop der tijd aangescherpt tot 0,4 in 2015. Vanaf 1 juli 2020 is de EPC norm vervangen door BENG norm.

Om aan de steeds strengere EPC normen te kunnen voldoen zijn woningen de afgelopen 25 jaar steeds beter geïsoleerd, van steeds efficiëntere klimaatinstallaties voorzien en vaak voorzien van zonnepanelen.

Het overgrote deel van de bestaande woningen in Nederland is van voor 1995 en dus gebouwd zonder aan een energieprestatie norm te moeten voldoen. De verduurzaming van deze 6 miljoen woningen is één van de grote opgaven bij de energietransitie van Nederland.

Deze 6 miljoen relatief slecht geïsoleerde woningen worden grotendeels verwarmd middels een CV installatie met een gasgestookte ketel en een hoge temperatuur afgiftesysteem van radiatoren.

Om deze grote groep woningen te verduurzamen zullen de woningen allereerst (beter) geïsoleerd moeten worden. Het vervangen van glas en kozijnen en het isoleren van vloeren muren en daken zijn dan het meest voor de hand liggend.

## TRADITIONELE RADIATOREN

Belangrijk voor het verduurzamen met individuele warmtepompen is de groep van circa 4 miljoen bestaande grondgebonden woningen. Ondanks dat ongeveer de helft van deze woningen in de huidige plannen op een warmtenet wordt aangesloten, zal sowieso bij circa 2 miljoen woningen de HR-ketel vervangen moeten worden door een individuele warmtebron.

Deze woningen zijn gewoonlijk voorzien van radiatoren en slechts zelden van een lage temperatuur verwarmingssystemen. Het vervangen van de bestaande afgiftesystemen door energiezuinigere oplossingen is dusdanig ingrijpend, dat het interessant is om te onderzoeken welk type warmtepomp het best gecombineerd kan worden met het bestaande warmteafgifte systeem (HT radiatoren).

Hoewel het bereiden van hoge temperaturen lastig is voor warmtepompen en relatief veel elektrische energie kost, blijken warmtepompen ook in combinatie met radiatoren goed te kunnen functioneren. Als bij het verduurzamen van woningen de warmtevraag wordt teruggebracht door de woningen beter te isoleren, nemen ook de benodigde temperaturen in het verwarmingssysteem af. De maximale temperaturen treden op in extreme gevallen (-10°C in Nederland) die relatief weinig voorkomen. Uit onderzoek van Fraunhofer (een Duitse evenknie van TNO) blijkt dat de hoge afgiftetemperaturen van HT radiatoren slechts in 10% van de tijd nodig zijn, namelijk alleen als er sprake is van extreem koud weer. In 90% van de tijd dat een huis verwarmd wordt kan dus, ook bij een afgiftesysteem met HT radiatoren, worden volstaan met lage afgiftetemperaturen om de woning voldoende te verwarmen<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> <https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presseinformationen/2020/warmepumpen-funktionieren-auch-in-bestandsgebaeuden-zuverlaessig.html>.

## 2. SELECTIE VEELBELOVEND WARMTEPOMPCONCEPT

Doel van dit hoofdstuk is om te identificeren welk warmtepompconcept het meeste impact kan maken op de CO<sub>2</sub> uitstoot in Nederland.

### TYPE WARMTEPOMP

Met betrekking tot het type warmtepomp in de woningbouw kunnen verschillende onderverdelingen gemaakt worden:

- Werkingsprincipe
- Warmtebron
- Collectief vs. Individueel

### WERKINGSPRINCIPE

Er zijn in de loop van de tijd verschillende werkingsprincipes voor warmtepompen ontwikkeld. Voor woningverwarming wordt op dit moment vrijwel uitsluitend gebruik gemaakt van compressiewarmtepompen. Deze presteren goed en leiden tot betaalbare systemen. Alternatieve principes zoals een air cycle of een stirling motor worden gebruikt in specifieke toepassingen (bijvoorbeeld cryogene koeling), maar lijken op basis van hun werkingsprincipe geen voordelen te bieden voor de woningbouw. Ook een CO<sub>2</sub> warmtepomp lijkt geen voordelen te bieden voor verwarming van woningen. Er worden door fabrikanten veel voordelen geclaimd, maar deze kunnen niet theoretisch worden onderbouwd voor het werkingsprincipe en de beschouwde schaal en capaciteit.

Er wordt momenteel gewerkt aan hoge temperatuur warmtepompen om een betere aansluiting te krijgen bij de radiatoren in vele woningen. Echter zijn ook in bestaande woningen extreem hoge toevoertemperaturen met een hoge temperatuurglide zelden nodig en niet representatief, temperaturen boven de 45°C komen zelden voor<sup>3</sup>. Op grond hiervan wordt een kritische houding aangenomen voor de toepassing van hoge temperatuurwarmtepompen in woningen.

### WARMTEBRON

Gedurende vele jaren was een bodembron populair. De bodembron zorgt voor een vrij constante brontemperatuur op een aantrekkelijk niveau. De kosten voor een bodembron zijn echter hoog en op veel plekken kan of mag er niet geboord worden. Zeker in de bestaande bouw zijn dit struikelblokken met betrekking tot de toepassing.

Systemen die gebruik maken van buitenlucht zijn populair omdat deze relatief goedkoop zijn en omdat montage vrij eenvoudig is. Toch brengt de veel toegepaste buitenunit een aantal nadelen met zich mee:

- 1) Inpasbaarheid. De buitenunit is idealiter goed bereikbaar, maar staat op een plek waar deze niet opvalt. Daarnaast vraagt de verdamper om veel ruimte voor een efficiënte en stille werking.
- 2) Geluidsoverlast. De ventilator maakt geluid, er geldt vanaf 1 januari 2021 een eis van maximaal 45 dB op de erfgrens, 's avonds en 's nachts 40 dB. Dit betekent dat de meeste luchtwarmtepompen niet zonder maatregelen kunnen worden gemonteerd op de tot nu toe gebruikelijke opstellocaties. Dit zorgt voor beperking van de toepassing van warmtepompen, met name in de bestaande bouw. Maatregelen voor het beperken van het geluid zijn duur en kunnen het rendement beperken.
- 3) Berijpen. Bij temperaturen juist boven nul (gewoonlijk tussen 0 °C en circa 6 °C) zorgt de lagere temperatuur van de warmtewisselaar ten opzichte van de omgeving voor het berijpen van de luchtwarmtewisselaar. Bij temperaturen onder de 0 °C bevat de lucht nog maar weinig vocht en speelt het probleem veel minder. Door de ijsvorming wordt de luchtstroom beperkt en de warmteoverdracht slechter. Onder deze condities wordt de buitenunit daarom periodiek ontdooid. Door het ontdooien en het onderbreken van de warmtetoevoer naar de woning wordt het systeem minder efficiënt en wordt bij gebruik van radiatoren het comfort aangetast. Openbare data hierover is beperkt beschikbaar, maar een reductie van 30-40% lijkt niet uitgesloten (zie bijlage). Een overschakeling naar een alternatieve warmtebron met geen of minder behoefte aan ontdooien lijkt daarom zeer wenselijk.

---

<sup>3</sup> <https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presseinformationen/2020/warmepumpen-funktionieren-auch-in-bestandsgebaeuden-zuverlaessig.html>



Warmtepompen met volledige binnen-opstellingen zijn in opkomst. Dat heeft onder meer te maken met de nieuwe eisen die aan geluidsproductie voor buitendelen worden gesteld. Zo hebben Stiebel Eltron en Inventum ook nieuwelucht/water-oplossingen zonder buitenunit, waarbij buitenlucht via slangen wordt aangezogen<sup>4</sup>. Ook bestaan er warmtepompen die de uit de woning afgezogen ventilatielucht als warmtepompbron gebruiken, eventueel met bijmenging van buitenlucht. Onder meer Nibe heeft hier een ventilatielucht/water-oplossing voor.

In de loop van de tijd zijn er veel alternatieve bronsystemen ontwikkeld. Deze worden niet in grote aantallen toegepast, met name vanwege de hoge kostprijs ten opzichte van de luchtbron, hoewel deze alternatieve systemen al lang bestaan en bewezen functioneren.

Door de strenge geluidseisen die sinds kort van kracht zijn krijgen deze alternatieve systemen op dit moment weer veel aandacht, met name PVT-systemen (gecombineerd fotovoltaïsch en thermische panelen). Ook andere combinaties worden toegepast, bijvoorbeeld een ijsbuffer die met PVT-panelen wordt ontdooid.

## COLLECTIEF VERSUS INDIVIDUEEL

Oplossingen kunnen zowel individueel per woning als collecties per groep woningen worden uitgevoerd.

In deze notitie ligt de focus op grondgebonden woningen en zijn rijtjeswoningen een belangrijke doelgroep. Collectieve systemen hebben in die situatie een aantal belangrijke nadelen:

- Netwerkverliezen zijn belangrijk.
- De temperatuur in het collectieve systeem wordt bepaald door de woning die de hoogste temperatuur vraagt.
- Aanleg van een collectief, gemeenschappelijk net is duur.
- Er is behoefte aan een partij om het net te beheren. Vervolgens is men aan die partij gebonden.

Er wordt daarom hier de focus gelegd op individuele systemen.

## KOELING

Naast het verwarmen van huizen wordt het kunnen koelen van een huis steeds belangrijker in Nederland als gevolg van de verandering van het klimaat. Het weer wordt extremer en dat betekent dat hittegolven vaker zullen voorkomen.

Het merendeel van de bestaande woningvoorraad in Nederland is juist ontworpen vanuit het principe om zoveel mogelijk daglicht in het interieur te brengen. De grote raampartijen in voor- en achtergevel zijn kenmerkend voor de typische 'doorzonwoning'.

Het nadeel van de directe zoninstraling via deze grote glasvlakken is dat de woning te snel te veel opwarmt in een hitteperiode. De glasvlakken voorzien van voldoende, goede zonwering aan de buitenzijde is de belangrijkste stap om te nemen om oververhitting te voorkomen alsmede het isoleren van ongeïsoleerde daken of zoldervloeren. Maar ook de mogelijkheid om de binnenruimten actief te kunnen koelen met bijvoorbeeld een warmtepomp is vanuit de aspecten weerbaarheid tegen het veranderende klimaat interessant en leefbaarheid gedurende hittegolven steeds belangrijker.

## HYBRIDE WARMTEPOMP

Met een hybride warmtepomp wordt gewoonlijk de combinatie van een warmtepomp en een HR-gasketel bedoeld.

Het idee achter deze combinatie is dat een kleine en voordelige warmtepomp veel uren maakt en zo een grote reductie in het gasgebruik kan realiseren, terwijl de gasketel de pieklasten en piektemperaturen voor zijn rekening neemt waardoor onder extreme omstandigheden de prestaties van een HR-ketel behouden blijven. De hybride ketel is toepasbaar in de meeste woningen, maar de gasloze warmtepomp oplossing kan een groter aandeel van de ruimteverwarming voor zijn rekening nemen als de woning beter is geïsoleerd en beschikt over een afgiftesysteem dat voldoende heeft aan lagere temperaturen. Bij een woning met een beperkte warmtevraag en een lage temperatuur afgiftesysteem zal inzet van de gasketel beperkt nodig zijn. Interessant is dat de ketel het juist overneemt in die situaties waarbij de warmtepomp het slechtst presteert (wanneer relatief lage COP-waarde) en de hoogste CO<sub>2</sub> uitstoot met zich meebrengt (namelijk als de afgiftetemperaturen hoog zijn en de buitentemperaturen laag).

---

<sup>4</sup> <https://www.installatie.nl/nieuws/buitenunit-naar-binnen/>

De hybride ketel is daarmee zeer aantrekkelijk vanwege de reductie van de CO<sub>2</sub> uitstoot tegen lage kosten. In HP-Launch is aangetoond dat een kleine (4KW) warmtepomp 95% van de benodigde warmte gasloos kan leveren in een karakteristieke Nederlandse rijtjeswoning<sup>5</sup>.

Hybride warmtepompen maken veelal gebruik van buitenlucht, maar er zijn ook warmtepompen die gebruik maken van ventilatielucht. Door de beperkte hoeveelheid warmte in ventilatielucht is het vermogen ook beperkt en dit zorgt ervoor dat de ketel meer bij moet komen. Gebruik van alternatieve bronssystemen zoals PVT of een bodemlus is mogelijk, maar deze worden weinig toegepast.

De ruime toepassingsmogelijkheden en de betaalbare reductie van CO<sub>2</sub>-uitstoot op korte termijn maken de hybride warmtepomp met buitenlucht als bron erg aantrekkelijk uit oogpunt van CO<sub>2</sub>-reductie in Nederland.

Een hybride oplossing waarbij een LT warmtepomp wordt gecombineerd met een (bestaande) gasgestookte HR ketel lijkt voor de 2 tot 4 miljoen grondgebonden eengezinswoningen een aantrekkelijke oplossing voor een duurzame verwarmingsinstallatie waarmee de CO<sub>2</sub> uitstoot flink kan worden teruggebracht. Door de sterke reductie die mogelijk is in het fossiele gasgebruik voor verwarming (60% bij uitschakelen bij dichtvriezen<sup>6</sup> tot 98% voor een optimale configuratie) wordt het eenvoudiger om duurzame gasalternatieven in te voeren (bijvoorbeeld biogas of groene waterstof).

Daarnaast kan tijdens de transitie op een gecontroleerde en gedoseerde wijze de behoefte aan elektrische energie van het net geleidelijk worden opgeschaald en ten tijde van wind chills zelfs besloten worden om op gasbedrijf terug te vallen. De noodzakelijk elektrische infrastructuur ten behoeve van de warmtepompen hoeft maar geleidelijk te worden vergroot.

Het uitrollen van een operatie om 2 tot 4 miljoen hybride warmtepompen te plaatsen zal op allerlei vlakken een grote impact hebben. Alvorens hier aan te beginnen is het verstandig te meten hoe goed de bestaande hybride warmtepomp systemen in praktijk functioneren in de Nederlandse klimatologische omstandigheden.

## CONCLUSIE

Voor de Nederlandse situatie lijkt op dit moment de luchtwarmtepomp het meest interessant. Binnenplaatsing is op dit moment iets dat opkomt in de markt. Alternatieve systemen worden populairder door de geluidseisen.

De ruime toepassingsmogelijkheden en de zonder grote aanpassingen te behalen grote reductie van CO<sub>2</sub>-uitstoot op korte termijn maken de hybride warmtepomp met buitenlucht als bron erg aantrekkelijk. De belasting op het elektriciteitsnet is ook beduidend lager dan met full-electric warmtepomp.

---

<sup>5</sup> <https://www.han.nl/projecten/2020/hplaunch/artikelen-en-documenten/Control-Strategie.pdf>

<sup>6</sup> <https://www.feenstra.com/zorgelooswonen/de-hybride-warmtepomp-bespaart-veel-gas/#:~:text=Bijna%2070%25%20minder%20gasverbruik&text=Een%20tussentijdse%20rapportage%20laat%20zien,traditionele%20cv%20ketel%20op%20aardgas>

### 3. NORMBEREKENINGEN EN PRAKTIJKRESULTATEN

In dit hoofdstuk wordt eerst een analyse gegeven van de NTA8800, waaruit een viertal conclusies zijn te trekken dat de normprestaties van warmtepompen worden overschat. Vervolgens worden de resultaten van metingen volgens de geldende normen gegeven, voor Nederland en Europa. Ook is gezocht naar praktijkmetingen, voor Nederland en Europa, en worden de gevonden resultaten gegeven. Tenslotte worden de conclusies hieruit weergegeven.

#### NORMBEREKENINGEN IN NEDERLAND

De prestaties van de warmtepomp in de energieprestatie-wetgeving worden gedefinieerd in de NTA 8800. Op de HAN is onlangs de NTA 8800 geanalyseerd, zie Bijlage Verschil tussen prestaties volgens norm en werkelijke prestaties. Dit heeft geleid tot de volgende conclusies met betrekking tot het overschatten van de prestaties van warmtepompen:

- Graaduren methode overschat bijdrage warmtepompen bij hoge omgevingstemperaturen. Bijvoorbeeld als 's zomers 's nachts de temperatuur onder de stookgrens duikt komt de warmtepomp in het referentiemodel even in.
- Afschatting van COP met een gering aantal meetpunten leidt tot onnauwkeurigheden.
- Aanvriezen is belangrijk maar komt beperkt terug in de norm. De luchtvochtigheid tijdens de verwarmingsperiode in het Nederlandse referentiejaar is gemiddeld aanzienlijk hoger dan tijdens de referentiemeting in de norm.
- Ideaal veronderstelde aansturing en installatie is niet realistisch. Monitoringdata die de HAN heeft ontvangen laat zien dat er in sommige situaties veel potentieel van de warmtepomp blijft liggen door een gebrekkige aansturing.

#### NORM-METINGEN IN NEDERLAND

In Nederland worden de normmetingen aan warmtepompen uitgevoerd door de KIWA. Testresultaten zijn niet openbaar, maar worden gebruikt voor het opstellen van gelijkwaardigheidsverklaringen ten behoeve van de NTA8800.<sup>7</sup>

De gelijkwaardigheidsverklaringen van warmtepompen zijn in te zien bij het Bureau CRG: Bureau CRG controleert en publiceert gelijkwaardigheids- en kwaliteitsverklaringen van producten en systemen die in de bouw- en installatiesector worden toegepast.<sup>8</sup>

De consumentenbond heeft in december 2020 de resultaten gepresenteerd van een test van hybride warmtepompen. Deze test maakt gebruik van standaard teststand data. Op basis van de teststanddata is de minimale terugverdiensijd die wordt gevonden voor een vrijstaande woning van voor 1965 circa 6 jaar. Voor rijwoningen kan de berekende terugverdiensijd oplopen tot 20 jaar<sup>9</sup>.

#### NORM-METINGEN IN EUROPA

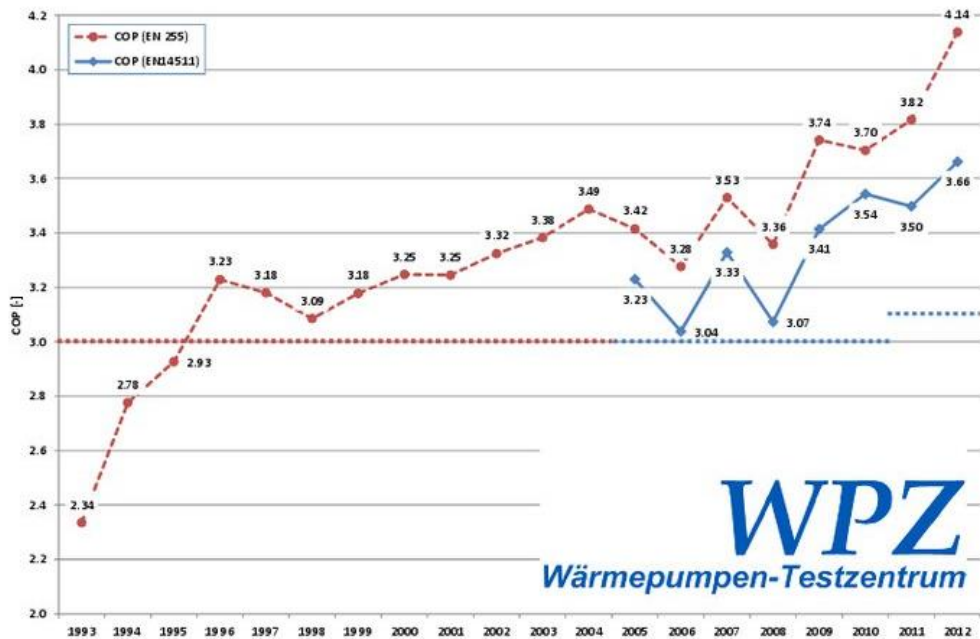
In Zwitserland worden de norm-testen uitgevoerd door Wärmepumpen-Testzentrum WPZ van de Interstaatliche Hochschule für Technik Buchs NTB. Er worden lijsten gepubliceerd met de resultaten. Deze laten een stijgende trend zie, waarbij de COP toeneemt in de loop van de jaren<sup>10</sup>.

<sup>7</sup> <https://www.kiwa.com/nl/nl/service/testen-warmtepompen-en-14511-en-14825-en-16147-en-12102-nen-7120/>

<sup>8</sup> <https://bcrg.nl/nl/verklaringenregister/gelijkwaardigheidsverklaringen-warmtepomp>

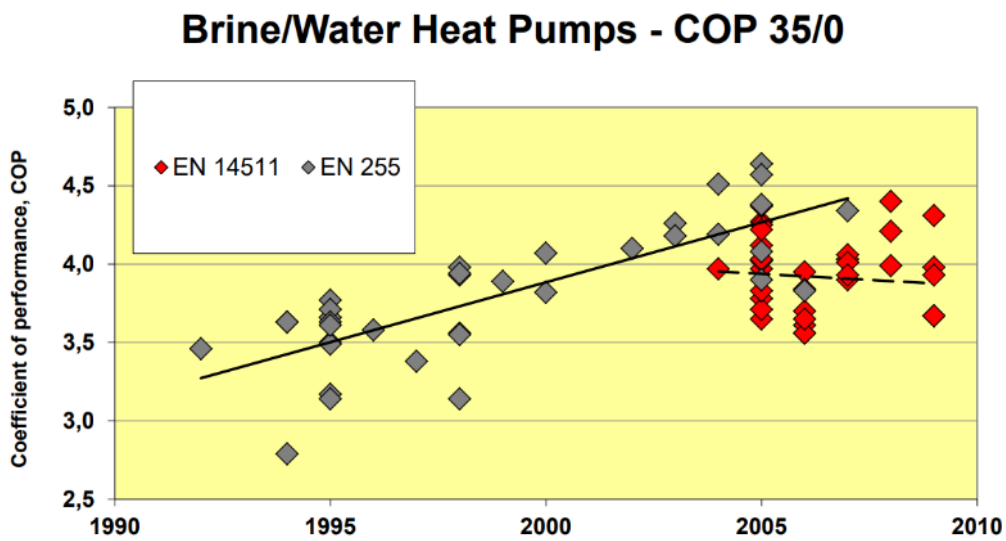
<sup>9</sup> <https://cloudfront.consumentenbond.nl/binaries/content/assets/cbhippowebsite/gidsen/consumentengids/2021/nummer-1--januari/202101p33-test-hybride-warmtepompen.pdf>

<sup>10</sup> <https://www.ost.ch/de/forschung-und-dienstleistungen/technik/systemtechnik/ies/wpz/pruefresultate-waermepumpen>



Jaargemiddelde waarden van de COP.

In Zweden is ook een stijgende trend waargenomen over de jaren<sup>11</sup>.



Merk op dat SEPAMO in het artikel geen gegevens presenteert met betrekking tot lucht/water warmtepompen en dat er in de bovenstaande gegevens nog geen bevestiging van de trend van stijgende COP's in de nieuwere EN255 metingen zichtbaar is.

<sup>11</sup> [http://sepemo.ehpa.org/uploads/media/EUSEW\\_2011\\_6\\_Nordman\\_FINAL\\_01.pdf](http://sepemo.ehpa.org/uploads/media/EUSEW_2011_6_Nordman_FINAL_01.pdf)

## PRAKTIJKRESULTATEN IN NEDERLAND

In 2019 is het project “installatiemonitor” gestart<sup>12</sup>. De doelstellingen van het project is om informatie te krijgen over de praktijkprestaties van (hybride) warmtepompen. Dit project is een samenwerkingsverband van verschillende netbeheerders, GasTerra, RVO en Techniek Nederland. Van circa 600 woningen wordt nu de slimme meter uitgelezen. Alle gegevens worden direct anoniem opgeslagen, zodat alle analyses ‘blind’ uitgevoerd worden en gegevens nooit kunnen worden herleid tot een specifieke woning. Deelnemers kunnen om die reden ook geen terugkoppeling uit het project krijgen over het energiegebruik in hun eigen woning. Van deze woningen heeft circa 70% een hybride warmtepomp en circa 30% een all-electric installatie. Daarnaast beschikt driekwart van de deelnemende woningen over een PV-installatie.

Op jaarbasis levert de warmtepomp in een hybride opstelling een bijdrage van twee derde aan de totale warmtevraag voor cv (dus exclusief tapwater). Dit kan direct vertaald worden in een verlaging van de gasvraag voor ruimteverwarming met twee derde. Hybride warmtepompen hebben dus een zeer significante invloed op de gasvraag. Tegelijkertijd lijkt de piekvraag naar elektriciteit niet zodanig hoger te worden dat dit tot problemen gaat leiden qua netbelasting bij grootschalige inzet. De wijze van meten heeft ertoe geleid dat er nog geen COP-waarden bekend zijn.

- In Nederland zijn wel een aantal interessante monitoring projecten uitgevoerd, maar daar is geen data meer van te vinden:
- In het project Live Heatpump zijn een aantal warmtepompen van het merk General gemeten. Het project liep van 2010-2015<sup>13</sup>.
- In het project van Grunneger power is gemeten aan 25 hybride warmtepompen<sup>14</sup>. Geen data bekend.

Fabrikant Itho Daalderop monitort haar warmtepompen<sup>15</sup>, maar daar zijn geen data van bekend.

## PRAKTIJKRESULTATEN IN EUROPA

In Duitsland zijn een aantal onafhankelijke monitoring projecten uitgevoerd.

De Agenda-Gruppe 21 Energie<sup>16</sup> in Lahr (Schwarzwald) maakt onderdeel uit van een wereldwijd programma om de levensstandaard op peil te houden met een duurzame insteek. Om dat te realiseren is een tweetal grootschalige onderzoeken uitgevoerd naar het functioneren van warmtepompen. In fase 1 zijn gedurende de jaren 2006-2008 een groot aantal warmtepompen gemonitord. De belangrijkste bevinding was dat er belangrijke verschillen bestaan tussen proefstanddata en in de praktijk gemeten gegevens en dat luchtwarmtepompen niet noodzakelijkerwijs minder CO2 uitstoten dan een HR-ketel. Bodemwarmtepompen zijn wel een verbetering. Een waterbuffer blijkt de SPF iets te verlagen (-0,1 tot -0,2).

- SPF luchtwarmtepompen met vloerverwarming = 2,4
- SPF luchtwarmtepomp met radiatoren = 2,2
- SPF ventilatiewarmtepompen = 2,0
- SPF Bodem systemen = 3,1

Het vervolgonderzoek in de jaren 2009-2013 heeft zich geconcentreerd op innovatieve warmtepompsystemen. Ventilatieluchtwarmtepompen lieten slechte prestaties zien. Ook luchtwarmtepompen op buitenlucht worden niet geadviseerd op basis van de resultaten. Op basis van kosten baten wordt een HR-ketel geadviseerd. De beste resultaten gaven systemen die gebruikt maakten van zonnewarmte naast de warmtepomp.

<sup>12</sup> <https://www.installatiemonitor.nl/wp-content/uploads/2020/12/Tussenrapportage-installatiemonitor-publiek.pdf>

<sup>13</sup> <https://www.liveheatpump.com/>

<sup>14</sup> <https://grunnegerpower.nl/050-hybride/>

<sup>15</sup> <https://www.ithodaalderop.nl/monitoring>

<sup>16</sup> <http://www.agenda-energie-lahr.de/leistungswaermepumpen.html>

Het Fraunhofer Institut für Solare Energietechnik heeft veel monitoring gedaan aan warmtepompen<sup>17</sup>. Het "WP Monitor" project heeft gelopen van 2009-2013. Het Fraunhofer zag vooral bij brinewarmtepompen een stijging ten opzichte van eerdere monitoring projecten. De gevonden prestaties van de luchtwarmtepompen overstijgen de prestaties die zijn gevonden in het bovengenoemde onderzoek.

- SPF\_luchtwarmtepompen = 3,1
- SPF\_brijnwaterpompen = 4,0

Fraunhofer ISE ziet vooral bij brijnwaterpompen een verbetering ten opzichte van eerdere monitoring projecten. Merk op dat veel warmtepompen in dit project zijn overgenomen uit het eerdere project WP-Effizienz waarin veel warmtepompfabrikanten partner waren in het project.

Conclusie van een warmtepomp monitoring project van Fraunhofer<sup>18</sup> was dat een goede uitvoering en planning belangrijk is voor de optimale prestaties van warmtepompen.

In het 5-jarige project WPsmart<sup>19</sup> in bestand zijn 56 bestaande gebouwen met een warmtepomp gemonitord van juli 2018 tot juni 2019. De volgende resultaten werden verkregen:

- SPF Luchtwarmtepompen 3,0 (22)
- SPF Bodemsystemen 3,7 (12)

Merk op dat ook dit project is uitgevoerd met verschillende warmtepompfabrikanten als projectpartner. Fraunhofer ISE was leidend.

Het Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP heeft voor de Duitse overheid gekeken naar het functioneren van warmtepompen in energiezuinige woningen<sup>20</sup>. Het onderzoek is in 2017 afgerond. Als gekeken wordt naar de warmtelevering voor ruimteverwarming en tapwater zijn de volgende waarden verkregen:

- SPF Bodemwarmtepompen 2,5
- SPF Luchtwarmtepompen 2,2

Merk op dat installaties en klimaatcondities in Duitsland afwijken van de situatie in Nederland. In een groot deel van Duitsland zijn de temperaturen gemiddeld lager en is ook de luchtvochtigheid anders dan in Nederland. Daarnaast worden met betrekking tot de installatietechniek veelal andere uitgangspunten gehanteerd. Opvallend is echter het verschil dat gevonden wordt tussen de proefstand data en de praktijkresultaten.

Het Belgische IWT (Agentschap voor Innovatie door Wetenschap en Technologie) heeft in samenwerking met de KU Leuven en het De Nayer instituut het werkelijke rendement van 17 warmtepompen in Nederland en België gemeten<sup>21</sup>. De resultaten zijn gerapporteerd in 2011. De gemiddeld gevonden SPF waarden zijn:

- SPF water/water warmtepomp 3,9 (1)
- SPF horizontale bodem/water warmtepomp 4,0 (1)
- SPF verticale bodem/water warmtepomp 4,7 (3)
- SPF DX/water warmtepomp 3,2 (2)
- SPF lucht/water warmtepomp 2,8 (11)

In dit onderzoek werd samengewerkt met verschillende fabrikanten en zij mochten kiezen welke systemen gemonitord werden. De resultaten zijn daarom mogelijk niet representatief. De waarden zijn lager dan de gemiddelde waarden die worden gevonden voor normmeting van warmtepompen.

<sup>17</sup> <https://wp-monitoring.ise.fraunhofer.de/wp-monitor-plus/german/index/ergebnisse.html>

<sup>18</sup> [https://wp-monitoring.ise.fraunhofer.de/wp-effizienz/german/index/die\\_partner.html](https://wp-monitoring.ise.fraunhofer.de/wp-effizienz/german/index/die_partner.html)

<sup>19</sup> <https://www.baulinks.de/webplugin/2020/1364.php4>

<sup>20</sup> <https://www.ibp.fraunhofer.de/content/dam/ibp/ibp-neu/de/dokumente/ibpmitteilungen/501-550/549.pdf>

<sup>21</sup> [https://bouw-energie.be/assets/download/varia/Eindverslag\\_WP-direct.pdf](https://bouw-energie.be/assets/download/varia/Eindverslag_WP-direct.pdf)

## CONCLUSIES

Op basis van monitoring- en meetdata en de normberekeningen in Nederland kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Recente en uitgebreide monitoringdata waaruit daadwerkelijke COP's kunnen worden afgeleid zijn niet beschikbaar voor Nederland;
- Analyse van de NTA8800 laat zien dat een aantal vereenvoudigingen leidt tot een te hoge voorspelling van de SPF.
- De rendementen voor monitoringdata blijven achter bij de resultaten die volgen uit proefstandmetingen;
- Monitoringdata laat zien dat hybride warmtepompen het gasgebruik sterk kunnen terugbrengen;
- Monitoringdata en proefstanddata laten een stijgende trend zien met betrekking tot COP's in de loop van de tijd;
- De SPF's van luchtwarmtepompen blijven sterk achter bij de SPF van bodemsystemen.
- Goede data om de terugverdientijd van luchtwarmtepompen door de consument objectief te berekenen ontbreekt.
- De huidige metingen in Nederland zijn veelal eenvoudige monitoring op basis van slimme meterdata, en geven daardoor geen goed inzicht in het daadwerkelijk functioneren van de warmtepompen (COP en SPF, inzet regeling). Voor het meten van COP en SPF en inzet regeling moet minimaal het volgende worden gemeten:
  - elektrisch vermogen en
  - geleverde warmte,
  - temperaturen aanvoer en retour warmte- en koudecircuit,
  - buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid
  - ingestelde en gemeten binnentemperatuur
- Bij hybride warmtepompen is regeling vaak probleem om warmtepomp optimaal in te zetten. Bijvoorbeeld omdat bij warmtevraag de ketel ook in komt, en die levert veel sneller dan de warmtepomp vermogen waardoor warmtepomp weer uitgaat.

## 4. STAKEHOLDERS

De belangen van alle mogelijke betrokken bij het onderzoek is weergegeven in onderstaande tabel waarbij aan is gegeven wat het primaire belang van de betrokken partij is en of een bijdrage zinvol kan zijn voor dit onderzoek. Objectiviteit van het onderzoek komt hierin ook terug.

Overzicht mogelijke stakeholders voor LEVE warmtepompen onderzoeksvoorstel						
revisie 03						
Categorieën	Voorbeelden	Belang	Verwerken in onderzoek			
			Ja	Misschien	Neen	
Onderzoeks- en onderwijsinstellingen academisch		Onderzoek heeft een te laag fundamenteel onderzoek karakter				
Onderzoeks- en onderwijsinstellingen hbo	HAN, HvA, Windesheim, Avans	Studenten en onderzoekers om leidende rol in onderzoek te nemen				
Onderzoeks- en onderwijsinstellingen mbo	Curio (Breda), ROC Tilburg, Willem I (Den Bosch)	Studenten t.b.v. assistentie van onderzoek				
Onderzoeksinstellingen buiten onderwijs	TNO, KIWA	Mogelijke partners noodzakelijk voor subsidie-aanvraag				
Woningcorporaties	Wonen Breeburg (Tilburg / Breda)	Mogelijk partners met woningen om grootschalig onderzoek te doen				
Energiecoöperaties	Energiefabriek 013 (Tilburg)	Gezichtspunt woningeigenaren				
Energie coaches	Via Hoom	Waardevolle info over gedrag van gebruikers WP-systemen				
WP-leveranciers		objectiviteit staat voorop bij dit onderzoek m.b.t. prestaties				
Netbeheerders		Mogelijke impact van beperken energie-uitwisseling				
Adviesbureau	Enpuls	Mogelijkheden verstrekken kennis over WP en reeds beschikbare onderzoeken				
Subsidieverstrekkers		Wat zijn hun voorwaarden voor financiering				
Installateurs		Onvoldoende mogelijkheden om gegevens te vertrekken gebruik WP				
Energiebedrijven	Enexis	Eventuele gegevens gaan over individuele WP-systemen				
Legenda		Zeker geen bijdrage				
		Twijfelachtige mogelijkheid om bij te dragen				
		Zeker wel een zinvolle bijdrage				



## CONCLUSIE

Het aantal te betrekken stakeholders heeft invloed op de complexiteit en grootte van het onderzoeksproject.

Voorafgaande aan het aanvragen van een type financiering dienen de betrokken stakeholders duidelijk te zijn omdat er een directe link zit tussen de mogelijke subsidievorm en de noodzakelijke partijen die betrokken moeten zijn bij het project.

Tot slot is de objectiviteit van het onderzoek essentieel waardoor het betrekken van fabrikanten van apparatuur met een bijbehorend commercieel belang in eerste instantie is uitgesloten. Het verwerken van dit aspect in een sluitende samenwerkingsovereenkomst dient echter te worden overwogen.

## 5. SUBSIDIES

Onderdeel van het onderzoek is een oriëntatie op de financiering van het onderzoeksproject. Hiervoor zijn diverse mogelijkheden afhankelijk van onderstaande projectcriteria.

Belangrijke criteria die hierbij dienen te worden meegenomen om tot de mogelijke subsidiering te komen zijn;

- 1) Duur van het project
- 2) Aantal betrokken partijen
- 3) Grootte van de subsidie
- 4) Moment waarop projecten kunnen worden ingediend om een subsidie te verkrijgen
- 5) Regio waar het onderzoek plaatsvindt

Voorbeelden van partijen waar meer te vinden is met betrekking tot subsidietrajecten zijn bijvoorbeeld:

- RVO
- Nationaal Regieorgaan Praktijkgericht Onderzoek SIA
- Interreg
- OP-Zuid
- Topsector Energie

Op basis van de gewenste activiteiten in het onderzoek en de brede participatie van hogeschole wordt een projectbudget van circa 500 kEuro ingeschat. Door de grote variatie tussen verschillende huishoudens met betrekking tot het energiegebruik, zie aardgasleveringen CBS<sup>22</sup>, is het noodzakelijk om een grote groep woningen te monitoren om een representatief beeld te krijgen.

Kijkende naar de omvang van het project zijn er twee mogelijke scenario's denkbaar.

### SCENARIO 1

Eerst vooronderzoek waarna bij een succesvol verloop een vervolg middels het hoofdonderzoek plaatsvindt.

### SCENARIO 2

Direct het hoofdonderzoek starten zonder een separaat gefinancierd vooronderzoek.

Wat betreft het vooronderzoek en een hoofdonderzoek passen de volgende regelingen:

- Vooronderzoek: KIEM ([KIEM - Regieorgaan SIA \(regieorgaan-sia.nl\)](https://www.regieorgaan-sia.nl/)), maximale subsidie 40.000 euro en doorlooptijd 1 jaar.
- Hoofdonderzoek: RAAK-MKB ([RAAK-mkb - Regieorgaan SIA \(regieorgaan-sia.nl\)](https://www.regieorgaan-sia.nl/)) of RAAK Publiek ([RAAK-publiek - Regieorgaan SIA \(regieorgaan-sia.nl\)](https://www.regieorgaan-sia.nl/)), maximale subsidie 300.000 euro en doorlooptijd 2 jaar.
- Hoofdonderzoek: PPS-toeslageregeling TKI UE ([Subsidieregelingen | Topsector Energie](https://www.topsector.nl/onderzoek-en-ontwikkeling/subsidie-regelingen)), maximale subsidie 400.000 euro en doorlooptijd maximaal 5 jaar.

## CONCLUSIE

Mogelijkheden voor subsidies kunnen pas echt concreet gemaakt worden als duidelijk is hoe het onderzoek vorm wordt gegeven uitgaande van de volgende 5 criteria met voorlopige aannames voor wat ze concreet inhouden voor dit onderzoek:

- 1) Duur van het project (3 jaar waarin 2 volledige stookseizoenen)
- 2) Aantal betrokken partijen (conform de stakeholders lijst)
- 3) Grootte van de subsidie (vooronderzoek 20-50 kEUR, hoofdonderzoek 250-500 kEUR)
- 4) Moment waarop projecten kunnen worden ingediend om een subsidie te verkrijgen (2022)
- 5) Regio waar het onderzoek plaatsvindt (Nederland)

Indicaties duur onderzoek en geschatte kosten:

- Vooronderzoek (2-6 maanden): 30-50 k€
- Hoofdonderzoek grootschalige monitoring (2 winterseizoenen meten, 10-50 systemen): 300-500 k€

<sup>22</sup> <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83878ned/table?ts=1632388294280>

# BIJLAGE: VERSCHIL TUSSEN PRESATIES VOLGENS NORM EN WERKELIJKE PRESTATIES

In deze notitie worden een aantal aspecten van de huidige NTA8800 norm bekeken die leiden tot belangrijke verschillen tussen de voorspelde en waargenomen COP van warmtepompen. Het gedrag van warmtepompen is niet eenvoudig te beschrijven. In de NTA8800 wordt geprobeerd om een voorspelling te geven van het gedrag van warmtepompen aan de hand van beperkte meetdata en veelal empirische relaties.

Deze analyse bevat een aantal opvallende aspecten binnen de NTA8800 die er toe zullen leiden dat de prestaties van warmtepompen in de praktijk vaak achterblijven bij de verwachting.

## GRAADUREN METHODE LEIDT TOT OVERSCHATTING VERWARMINGSBEHOEFTE BIJ RELATIEF HOGE TEMPERATUREN

In Q2.16 wordt het gemiddeld verwarmingsvermogen bepaald aan de hand van de buitentemperatuur. Hier spelen 2 effecten die een belangrijke invloed hebben, maar die hier niet worden meegenomen:

- Door dynamische effecten wordt de bijdrage van gematigde temperaturen op het functioneren van de warmtepomp te hoog. Om een voorbeeld te noemen: Als 's zomers de temperatuur kortstondig onder de stookgrens temperatuur duikt, dan wordt de warmtepomp ingeschakeld, terwijl er voldoende warmte nog aanwezig is in de woning. Dat is niet realistisch en het overschat de bijdrage van de warmtepomp onder gunstige omstandigheden
- Er wordt een constante warmtegeneratie verondersteld door interne lasten en zon. Dat is niet realistisch. Daardoor wordt het geschatte vermogen overdag overschat en 's nachts onderschat. Daardoor is in de werkelijke warmtebehoefte het belang van lagere temperaturen 's nachts groter.

Dit zorgt dus voor een te optimistische schatting van de brontemperatuur bij warmtepompen. Dit kan voorkomen worden door over te stappen op een dynamisch model, of gebruik te maken van een zoektabel gebaseerd op een dynamisch model.

## VERLOOP VAN COP WORDT ONNAUWKEURIG EN OPTIMISTISCH GESCHAT

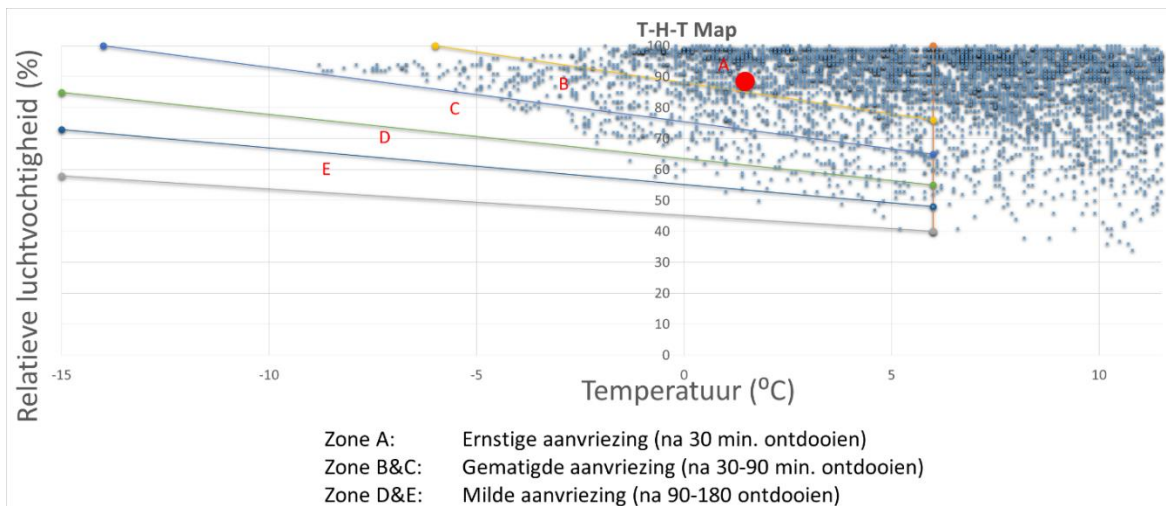
In Q3.3 wordt verondersteld dat de COP wordt opgespannen door een lineair vlak. Het aantal van 3 meetpunten geeft daarbij een erg grove benadering. Dit zorgt voor grote afwijkingen. De standaard meetconditie A7/W35 waar de warmtepomp wordt gemeten bepaalt één referentie. De andere twee referenties zijn extremen waar de warmtepomp maar weinig uren zal maken. Merk op dat in de praktijk de standaard referentieconditie een grote invloed heeft op de warmtepompprestaties. Door het lineariseren van de COP zorgt een slechtere prestatie bij lage omgevingstemperaturen voor een betere prestatie bij hoge omgevingstemperaturen. Die hoge omgevingstemperaturen komen in de gehanteerde graaduren systematiek veel voor, in het bijzonder bij gebruik van een hybride warmtepomp. Een hogere orde benadering zal een betere beschrijving geven van de realiteit. Dit vraagt wel om veel extra meetcondities.

Het wordt aanbevolen om meer meetcondities toe te voegen zodat een nauwkeuriger beschrijving van het COP verloop kan worden verkregen. Op dit moment heeft de standaard referentieconditie een onevenredig grote invloed op het verloop van de COP.

## BELANG VAN AANVRIEZEN L/W WARMTEPOMPEN KOMT ONVOLDOENDE TERUG IN DE NORM

In de norm is in Q2.9 slechts een beperkte correctie op de COP opgenomen voor temperaturen tussen de -7 °C en 7°C. De maximale correctie die dient te worden aangebracht bedraagt 25% bij 2 °C, die correctie loopt lineair terug naar 0 aan de grenzen van het beschouwde interval. Er is weinig onderbouwing voor deze empirische correctie tussen -7 °C en 7°C. Een meer conservatieve benadering vanuit de norm lijkt aan te bevelen. Er is slechts beperkt onderzoek gedaan naar het effect van bevriezen van buitenunits in Nederland. De resultaten vanuit HP-Launch<sup>23</sup> lijken er echter op te wijzen dat deze reductie van maximaal 25% op COP te optimistisch is.

<sup>23</sup> <https://www.han.nl/onderzoek/werkveld/projecten/hp-launch-heatpump/>



**Figuur 1 Dit Tijd-Luchtvochtigheid Temperatuur weergave van het klimaatjaar uit de NEN5060 (Hogeschool van Arnhem en Nijmegen, 2020)**

Binnen de norm is ook een meetpunt opgenomen bij een luchttemperatuur van 2°C. Van alle punten beneden de 6°C (het gebied waar in de praktijk berijpen optreedt) ligt het zwaartepunt bij deze 2°C (zie punt A in de T-H-T map). Daarbij moet het volgende worden opgemerkt:

- Voor aan- uit warmtepompen is het meetpunt optioneel.
- Ten gevolge van de spreiding op de klimaatcondities ( $\pm 0,4K$  voor de natte bol temperatuur en  $\pm 0,2K$  voor de droge bol temperatuur) de spreiding in de meetresultaten ook groot kan zijn. De klimaatcondities mogen de eerste 10 minuten na het ontdooien nog afwijken van de specificatie. Dit betekent dat bepaling van de prestaties grote afwijkingen kunnen vertonen.
- Bij een omgevingstemperatuur van 2°C en een natte bol temperatuur van 1°C is de relatieve luchtvochtigheid 84%. Dit is buiten de zone van ernstig aanvriezen, terwijl punt A, dat het meest representatief is voor de luchtvochtigheid onder aanvriescondities in Nederland, zich in de zone van ernstig aanvriezen bevindt.
- Bij snel reagerende afgiftesystemen moet tijdens periodes van rijpvorming de afgiftetemperatuur omhoog, omdat de warmtepomp slechts een deel van de tijd effectief is. In de norm wordt er geen rekening mee gehouden dat de gemiddelde afgiftetemperatuur van het verwarmingssysteem omhoog moet
- Bij modulerende systemen wordt bij 2°C gemeten bij 54% van het condensorvermogen. Door het gereduceerde vermogen wordt de ernst van het aanvriezen sterk gereduceerd. In de praktijk zal gewerkt worden met een hogere belasting bij deze temperatuur:
  - Bij ernstig invriezen werkt de warmtepomp effectief maar een gedeelte van de tijd. Stel dat er sprake is van een cyclus van 30 minuten draaien en vervolgens 5 minuten ontdooien. Dan werkt de warmtepomp naar schatting maar  $(25/35)=72\%$  van de tijd. Het effectieve vermogen van de warmtepomp in de meting komt dan te liggen op 39%. Dit is vrij weinig voor deze temperatuur.
  - Als de warmtepomp in een hybride-opstelling wordt gebruikt zal in de praktijk bij deze temperatuur vaak vrijwel het volledige vermogen worden benut.
  - Bereiding van tapwater en verwarming gebeurt vaak door dezelfde warmtepomp. Dit verhoogt het door de warmtepomp gevraagde verdampers vermogen, omdat de warmtepomp een gedeelte van de tijd
  - Aansturing van de temperatuur met thermostaat kan variëren. Hierdoor kan ook een hogere belasting van de warmtepomp optreden bij de gevraagde temperaturen.

De meting wordt dus uitgevoerd bij voor Nederland te gunstige omstandigheden en bij modulerende warmtepompen is de belasting laag in vergelijking met het verwachte benodigde vermogen. Dit leidt tot een onderschatting van de ernst van de effecten van het aanvriezen.

Voor Hybride warmtepompen zal de sterke reductie in COP ervoor zorgen dat het bij temperaturen onder de 4°C gewoonlijk aantrekkelijk is om de warmtepomp uit te schakelen. Voor het verkrijgen van de hoogst mogelijke COP is het belangrijk om het juiste moment van ontdooien te bepalen.

## EFFECT REGELING WORDT NIET MEEGENOMEN

In de norm wordt verondersteld dat de warmtepomp steeds het juiste vermogen levert om de woning op temperatuur te houden op precies de temperatuur die daarvoor nodig is. In werkelijkheid moet de warmtepomp geregeld worden. In de praktijk zal de temperatuur daarom afwijken van het veronderstelde ideale gedrag vertonen. Dit leidt tot vermogensfluctuaties en fluctuaties in afgiftetemperatuur die een nadelig effect zullen hebben op het rendement. In HP-Launch leidde alleen de hogere gemiddelde afgiftetemperatuur door het niet kunnen terugmoduleren tot een reductie in COP van 5%. Een lagere COP bij een hoger vermogen en het veelvuldig aan/uit-schakelen werd daarbij niet meegenomen. Merk op dat de kamertemperatuur daarbij nauwkeurig constant werd gehouden. In de norm komt dit niet terug.

In de norm wordt niet meegenomen dat een warmtepomp slechts beperkt kan worden teruggeregeld. Dit betekent dat voor lage belastingen gebruik gemaakt zal worden van een aan- uit regeling. Bij een hybride systeem is de regeling nog kritischer. Dit om te voorkomen dat de HR-ketel erbij moet komen. Op het moment dat de HR-ketel inspringt, heeft dit een negatief effect op de afgiftetemperaturen. De ketel kan ten opzichte van de warmtepomp niet ver worden teruggeregeld. Dit betekent dat de ketel in de praktijk een aan- uit- gedrag zal vertonen. Het stapsgewijs schakelen zal betekenen dat de afgifte temperatuur van de warmtepomp gemiddeld hoger wordt dan bij een continue warmtelevering. De norm gaat hieraan voorbij.

In de praktijk wordt vaak een stooklijn gedefinieerd. De warmtepomp probeert dan een ingestelde temperatuur te bereiken, waarbij die temperatuur afhangt van de buitentemperatuur. Een stooklijn definieert daarmee het maximale vermogen dat de warmtepomp in een gegeven situatie kan leveren. Om te kunnen corrigeren voor afwijkingen is het belangrijk dat de stooklijn zo is ingesteld dat de warmtepomp meer vermogen kan leveren dan nodig is om de woning op temperatuur te houden. Hoe hoger de stooklijn wordt gedefinieerd, hoe sneller de warmtepomp de temperatuur kan aanpassen, maar hoe lager de COP van het systeem. De norm houdt hier geen rekening mee.

## AANSLUITING WARMTEPOMP

Het correct installeren van een warmtepomp is erg belangrijk:

- Als een warmtepomp zijn debiet niet haalt, door te hoge tegendruk in het systeem, dan loopt het rendement terug.
- Een warmtepomp wordt vaak aangesloten met een open verdeler. Dit om problemen met betrekking tot schakelen van een eventuele HR-ketel of thermostaatkranen te voorkomen. Als waterdebieten van de warmtepomp en het woningcircuit niet identiek zijn leidt een vermenging van warm en koud water tot een reductie van rendement. De warmtepomp dient dan een hogere temperatuur te leveren dan strikt noodzakelijk. Dit zal in de praktijk vaak voorkomen omdat een open verdeler wordt gemonteerd om problemen met verschillende waterstromen af te vangen.
- Aanwezigheid van een buffervat voor verwarming reduceert de COP. Er is een verlaging in de COP van 0,1 tot 0,2 gemeten<sup>24</sup> alleen door de aanwezigheid van een buffervat.

In de NTA8800 worden geen voorwaarden gesteld aan de installatie, maar wordt verondersteld dat deze optimaal is uitgevoerd. Richtlijnen met betrekking tot aansluiten zijn belangrijk voor het verkrijgen van een goed rendement.

## CONCLUSIE

In de NTA8800 is een aantal opvallende vereenvoudigingen doorgevoerd die kunnen leiden tot een belangrijke overschatting van het rendement:

- Graaduren methode overschat bijdrage warmtepompen bij hoge omgevingstemperaturen.
- Afschatting van COP met een gering aantal meetpunten leidt tot onnauwkeurigheden.
- Aanvriezen is belangrijk maar komt nauwelijks terug in de norm.
- Ideaal veronderstelde aansturing en installatie is niet realistisch

---

<sup>24</sup> [https://www.dlr.de/tt/Portaldata/41/Resources/dokumente/institut/system/projects/map/Material\\_EWP-Bericht\\_Wi06-07-Auer.pdf](https://www.dlr.de/tt/Portaldata/41/Resources/dokumente/institut/system/projects/map/Material_EWP-Bericht_Wi06-07-Auer.pdf)