



**Universiteit Utrecht**

Copernicus Institute of Sustainable Development  
ISPT



Institute for  
Sustainable  
Process Technology



**TOPSECTOR ENERGIE**  
Empowering the new economy

# **Industriële warmtepompen in Nederland**

Een innovatiesysteemanalyse

**Samenwerkende partijen**

Copernicus Institute of Sustainable Development  
Institute for Sustainable Process Technology (ISPT)

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Augustus 2019

## Inleiding en doelstelling

- Projectdoel: bepalen hoe de ontwikkeling en toepassing van industriële warmtepompen in Nederland verder kan worden gestimuleerd.
- Het beleidsdoel is tweeledig:
  - Het verduurzamen van de Nederlandse industrie.
  - Het stimuleren van de Nederlandse economie.
- Stimuleren van de economie kan middels:
  - Het exporteren van warmtepomptechnologie naar het buitenland.
  - Het vergroten van de competitiviteit van industriële bedrijven in Nederland d.m.v. een energie-efficiënte bedrijfsvoering.
- Een goed functionerend Technologisch Innovatie Systeem (TIS) vergroot de kans op grootschalige toepassing van de industriële warmtepomp.

Industriële warmtepompen spelen in potentie een belangrijke rol bij het verduurzamen van de Nederlandse industrie. Als onderdeel van de ambitie om de Nederlandse CO<sub>2</sub>-uitstoot in 2030 met 49 procent te reduceren kreeg de industrie het doel mee om 14,3 ton CO<sub>2</sub> extra te reduceren, additioneel aan het huidige beleid. Binnen het Klimaatakkoord spreken het bedrijfsleven en de overheid af hoe zij deze doelstelling gaan bereiken. De vraag hoe de ontwikkeling en toepassing van CO<sub>2</sub>-reductietechnologieën, zoals de industriële warmtepomp kan, worden gestimuleerd vormt daarbij een rode draad.

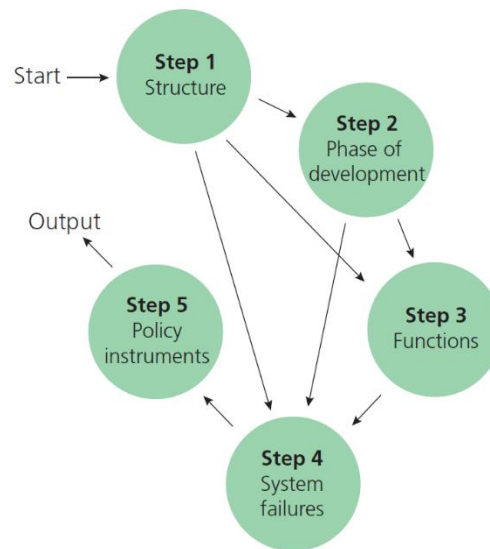
Het beleidsdoel voor het stimuleren van technologieën zoals de industriële warmtepomp is tweeledig. Enerzijds brengt dit het reduceren van CO<sub>2</sub> binnen de industrie dichterbij. Anderzijds draagt het ontwikkelen en toepassen van nieuwe technologieën in potentie bij aan de Nederlandse economie. Voor Nederlandse technologie-leveranciers geeft het ontwikkelen van innovatieve industriële warmtepompen concurrentievoordeel ten opzichte van buitenlandse leveranciers. Voor de Nederlandse industrie draagt het toepassen van deze warmtepompen in potentie bij aan een (kosten)efficiënte bedrijfsvoering en levert aldus concurrentievoordeel op. Het dubbele beleidsdoel

van zowel CO<sub>2</sub>-reductie als stimulering van de economie vormt dan ook het uitgangspunt voor deze studie.

Het voorliggende rapport analyseert de mate waarin de industriële warmtepomp op het moment in Nederland wordt gefaciliteerd. Misschien wel het belangrijkste inzicht met betrekking tot innovatie van de afgelopen decennia is dat innovatie een collectieve activiteit betreft dat zowel wordt gestimuleerd als beperkt door een omringend innovatiesysteem. Voor deze studie is gebruik gemaakt van het Technologisch Innovatiesysteem (TIS) raamwerk dat specifiek is ontwikkeld voor het analyseren van technologische innovatie. De verwachting is dat een goed functionerend Technologisch Innovatie Systeem (TIS) de kansen voor de industriële warmtepompen vergroot.

Het TIS raamwerk biedt een stapsgewijze methode voor het analyseren van het systeem rondom een technologische innovatie. Het richt zich daarbij op het identificeren van systeemproblemen die het functioneren van het innovatiesysteem belemmeren. Dit rapport presenteert deze analyse en geeft op basis daarvan handvatten voor het verder stimuleren van de ontwikkeling en toepassing van industriële warmtepompen in Nederland.

## Onderzoekstappen



Het onderzoek zoals gepresenteerd in voorliggende rapportage startte met afbakening tot twee hoofdtypen van industriële warmtepompen. Vervolgens is het bijbehorende Technologisch Innovatiesysteem geanalyseerd:

**Stap 1 – Structuur:** De structuur van het Nederlandse innovatiesysteem bestaat uit o.a. verschillende typen organisaties, netwerken en regels. De Nederlandse industrie is echter ook sterk internationaal georiënteerd. Daarom is het van belang om inzicht in de structuur van het Nederlandse innovatiesysteem aan te vullen met een analyse van de internationale context.

**Stap 2 – Fase van ontwikkeling:** In deze stap wordt de fase van ontwikkeling van verschillende warmtepomptechnologieën bepaald. Deze fase van ontwikkeling is van belang bij het interpreteren van de opvolgende functieanalyse.

**Stap 3 – Functies:** Het functioneren van het warmtepomp TIS wordt geanalyseerd aan de hand van de zeven kernprocessen, ookwel functies genaamd. De analyse richt zich op de mate waarin de structuur van het innovatie-systeem elk van de zeven functies ondersteunt.

**Stap 4 – Systeemproblemen:** Deze stap richt zich op het bepalen van de voorname systeem-problemen, gelegen in de structuur van het innovatiesysteem, die de functies belemmeren. Hierbij wordt ook

gekeken of de staat van het innovatiesysteem past bij de fase van ontwikkeling van de technologie. De eerder bepaalde fase van ontwikkeling van warmtepomp- technologieën biedt belangrijke input voor deze analysestap.

**Stap 5: Verbetervoorstellen:** Deze stap resulteert in handvatten voor het beter laten functioneren van het Nederlandse warmtepomp TIS. De internationale context van het Nederlandse warmtepomp TIS is daarbij sterk bepalend voor de bewegingsvrijheid van interveniëren. De verbetervoorstellen zijn tevens opgesteld in relatie tot de huidige plannen binnen het Klimaatakkoord.

Het analyseren van een innovatiesysteem is een iteratief proces. Bovenstaand figuur laat zien dat eerdere stappen input geven voor latere stappen. De analyse van de functies gebeurt aan de hand van de structuur van het innovatiesysteem en de systeemproblemen die de functies belemmeren bevinden zich tevens binnen de structuur. De voorliggende rapportage weerspiegelt dit iteratieve karakter van een innovatiesysteemanalyse. De volgende pagina's gaan dieper in op de structuur, de functies en de fase van ontwikkeling.

## Structuur van het Nederlandse warmtepomp TIS

<u>Onderzoek</u>	Onderzoeksinstituten zoals ECN part of TNO en het Stan Ackermans instituut.
<u>Aanbod</u>	Toeleveranciers van warmtepompen, apparaten- en systeemleveranciers, consultants.
<u>Vraag</u>	Industriële bedrijven veelal gelegen op vergaand geïntegreerde industriële clusters.
<u>Ondersteunende organisaties</u>	Brancheverenigingen, faciliterende organisaties op industriële clusters, netwerkorganisaties (ISPT, NAP).
<u>Netwerken</u>	Symposia, congressen, Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's), convenanten zoals MJA3/MEE.
<u>Regels (instituties)</u>	Europese- en Nederlandse wet- en regelgeving, convenanten zoals het Klimaatakkoord, normen en waarden.

Om de structuur van een innovatiesysteem te beschrijven wordt deze veelal opgedeeld in structuurelementen. Ten eerste bestaat een innovatiesysteem uit verschillende typen *Actoren* zoals onderzoeksorganisaties, aanbiedende partijen, vragende partijen en ondersteunende organisaties. Deze actoren zijn georganiseerd binnen *Netwerken*. Het handelen van deze actoren, al dan niet gezamenlijk in netwerken, wordt begrensd door de aanwezige *Regels*. Hieronder vallen zowel harde regels zoals wet- en regelgeving, als meer zachte regels als normen en waarden. Een kort overzicht van de structuur van het Nederlandse warmtepomp TIS is als volgt:

Onderzoek: Onderzoeksinstituten zoals ECN by TNO en het Stan Ackermans instituut (samenwerking van vier Nederlandse technische universiteiten) voeren gesubsidieerd onderzoek uit. Bij projecten zijn meestal zowel aanbiedende partijen als vragende partijen betrokken.

Aanbod: In Nederland gevestigde technologieleveranciers zoals IBK, Bronswerk en Andritz Gouda (voormalige Goudse machinefabriek) zijn betrokken bij onderzoeksprojecten en/of bieden reeds industriële warmtepompen aan.

Vraag: Het Nederlandse landschap van industriële bedrijven wordt gekenmerkt door een beperkt aantal industriële clusters. Bedrijven op deze industriële clusters maken gebruik van elkaars producten en reststromen en zij zijn in deze verticaal geïntegreerd. Ook de warmtelevering op deze industriële clusters is vergaand geïntegreerd. Restwarmte uit processen op hogere temperatuur

wordt gebruikt voor processen op lagere temperatuur. Dit 'cascaderen' van processen gebeurt zowel binnen individuele bedrijven als tussen bedrijven.

Ondersteunende organisaties: Industriële bedrijven worden binnen de industriële clusters gefaciliteerd door ondersteunende organisaties, zoals Deltalinqs in de Rotterdamse haven. Bedrijven zijn ook georganiseerd binnen brancheverenigingen en zijn lid van netwerkorganisaties zoals het ISPT of de NAP.

Netwerken: Onderzoeksinstituten, toeleveranciers en industriële bedrijven werken samen binnen onderzoeksprojecten. Zij komen elkaar ook tegen op symposia en congressen (zoals de Vakbeurs Energie), al dan niet georganiseerd door bovengenoemde ondersteunende organisaties. Hiernaast brengen initiatieven als de Topconsortia voor Kennis en Innovatie en convenanten als de MJA3/MEE partijen samen.

Regels (instituties): Zowel wet- en regelgeving als afspraken zoals gemaakt in e.g. het Parijsakkoord en het Klimaatakkoord bepalen de bewegingsvrijheid van actoren binnen het innovatiesysteem. Tegelijkertijd proberen zij deze regels te beïnvloeden door te lobbyen.

## Funcities

- In een goed functionerend innovatiesysteem worden zeven sleutelprocessen (funcities) naar behoren uitgevoerd.
- Oorzaken van slecht presterende funcities zijn gelegen in barrières gelegen in de structuur van het innovatiesysteem.



Uit het analyseren van historische succesvolle casussen van technologische innovaties blijkt dat zeven kernprocessen van specifiek belang zijn<sup>1</sup>. De structuur van het innovatiesysteem maakt deze processen, ookwel funcities genaamd, mogelijk. De zeven funcities geven aan wat binnen een technologisch innovatiesysteem moet gebeuren om tot een succesvolle ontwikkeling- en implementatie van een technologie te komen. De volgende zeven funcities worden veelal onderscheiden:

1. **Kennisontwikkeling:** Onderzoeksactiviteiten richten zich op het beslechten van nog bestaande technologische uitdagingen binnen fundamenteel onderzoek en pilots.
2. **Experimenteren door ondernemers:** Technologieleveranciers testen nieuwe technologieën onder praktijkcondities alvorens deze breder aan te bieden. Demonstratieprojecten zijn daarom van groot belang.
3. **Kennisuitwisseling in netwerken:** Resultaten uit onderzoeksprojecten dienen te worden verspreid richting potentiële afnemers en/of partijen die de technologie verder kunnen ontwikkelen. Alleen als potentiële afnemers op de hoogte zijn van technologische mogelijkheden zullen zij overgaan tot toepassing.
4. **Richting geven aan het zoekproces:** Beleid van zowel bedrijven als de overheid bepaalt in welke richting het systeem zich beweegt. Als de technologie in focus hierin voldoende

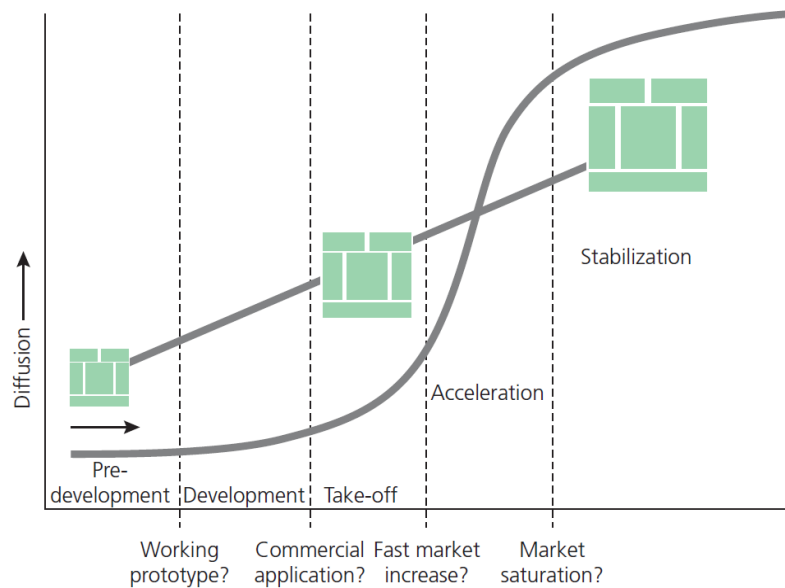
terugkomt zullen overige activiteiten zich ook op de desbetreffende technologie richten.

5. **Creëren van markten:** Een markt ontstaat vaak niet vanzelf. Deze kan worden gecreëerd en/of gestimuleerd.
6. **Mobiliseren van middelen:** Om de noodzakelijke processen binnen het innovatiesysteem uit te voeren zijn middelen nodig, in de vorm van zowel financieel als menselijk kapitaal.
7. **Tegenspel bieden aan weerstand:** De opkomst van nieuwe technologie wordt door partijen met gevestigde belangen vaak niet begrepen en met argusogen bekeken. Minder succesvolle pilots worden aangegrepen om het imago van een technologie te blijven schaden. Als weerstand tegen de technologie ontstaat is een adequate tegenreactie noodzakelijk.

Vaak worden één of meerdere van deze funcities belemmert. De structuur van het innovatiesysteem voert de funcities dan niet goed uit. Het oplossen van systeemproblemen binnen de structuur kan een innovatiesysteem beter laten functioneren met als gevolg een grotere kans op succesvolle ontwikkeling en implementatie van de desbetreffende technologie.

<sup>1</sup> Hekkert, M. P., Suurs, R. A., Negro, S. O., Kuhlmann, S., & Smits, R. E. H. M. (2007). Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(4), 413-432.

## Fase van ontwikkeling



Bovenstaande S-curve betreft een gestileerd beeld van hoe een technologie en een innovatiesysteem zich door opvolgende fasen van ontwikkeling bewegen alvorens de technologie grootschalig wordt toegepast.

**Pre-development:** In de vroege ontwikkelingsfase is sprake van een klein innovatiesysteem dat zich richt op het ontwikkelen van een werkend prototype. Betrokken partijen zijn bijvoorbeeld Universiteiten. Bedrijven zijn vaak nog niet geïnteresseerd omdat commerciële toepassing nog even duurt of houden hun rol beperkt. Een succesvol pilotproject sluit deze fase af.

**Development:** Het pilotproject waarin het prototype is getest wekt de interesse van commerciële technologieleveranciers. Samen met onderzoekinstellingen ontwikkelen zij de technologie verder in de richting van een eerst commerciële toepassing. Binnen een succesvol demonstratieproject wordt (als alles naar wens verloopt) de toepasbaarheid van de technologie in de praktijk bewezen.

**Take-off:** Technologieleveranciers benaderen potentiële klanten met de nieuwe technologie. Als het innovatiesysteem is meegegroeid en de technologie voldoende faciliteert gaan meer partijen over tot toepassing (take-off).

**Acceleration:** Door leereffecten wordt de technologie steeds meer betrouwbaar. Schaalvergroting in de productie zorgt tevens voor

dalende productiekosten. Steeds meer bedrijven gaan hierdoor over tot investeren.

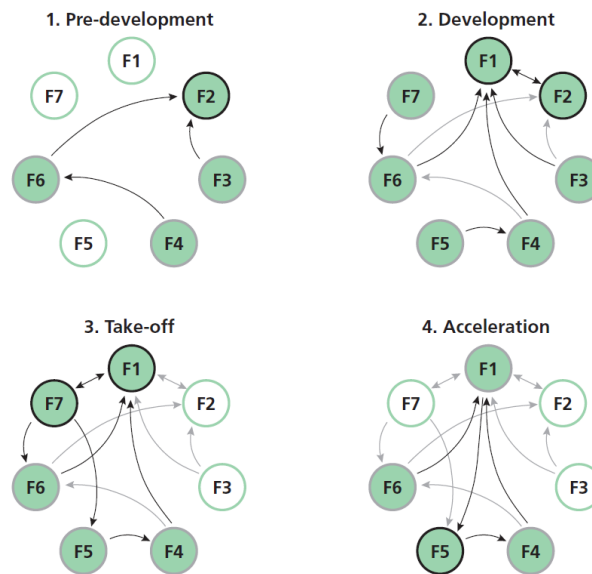
**Stabilization:** In de stabilisatiefase is de volledige markt bediend. Deze stabiele situatie duurt totdat een volgende technologie opkomt.

In werkelijkheid verloopt bovenstaand proces alles behalve gelijkmatig. Onderzoeksprojecten zijn bijvoorbeeld niet altijd succesvol waarna nieuwe richtingen worden onderzocht. Nieuwe partijen treden dan toe en stappen uit met verschuivingen binnen het innovatiesysteem tot gevolg. Als ontwikkeling te weinig progressie vertoont kan ook de interesse van partijen dalen waardoor het innovatiesysteem stagneert.

Technologieën ontwikkelen zich ook zelden in isolatie. Actoren werken veelal aan meerdere technologieën tegelijk en zijn daarmee onderdeel van meerdere innovatiesystemen. Een nieuwe technologie is tevens vaak in competitie met andere technologieën voor dezelfde markt.

Slim interveniëren vergroot de kans dat een technologie zich richting de volgende fase van ontwikkeling beweegt. Interventies dienen zich daarbij te richten op de functies die passen bij de fase van ontwikkeling waarin de technologie zich bevindt.

## Funcities per fase van ontwikkeling



Binnen iedere fase van ontwikkeling ligt de focus op andere functies en verschilt de invulling<sup>2</sup>. In bovenstaand figuur geven zwarte pijlen de voornaamste activiteiten aan. Grijs pijlen laten zien dat activiteiten uit voorgaande fase(n) van ontwikkeling doorgaan.

**Pre-development:** De nadruk ligt op fundamentele kennisontwikkeling (F2). Kennisontwikkeling gebeurt bij voorkeur in samenwerking (F3). Voor dit onderzoek zijn middelen nodig (F6) welke alleen vrijkomen als voldoende aandacht voor de technologie bestaat in beleid van bedrijven en de overheid (F4). Het bestaan van positieve verwachtingen met betrekking tot de technologie is dan ook van groot belang.

**Development:** De aandacht verschuift van fundamentele naar meer praktische kennisontwikkeling (F2). Ondernemers raken betrokken bij het onderzoek (F1). De interesse in de markt groeit (F5) en dit wordt weerspiegelt in een groeiende aandacht voor de technologie binnen beleid (F4). Deze groeiende legitimiteit (F7) draagt bij aan het verder vrijkomen van middelen (F6).

**Take-off:** Succesvolle demonstratieprojecten (F1) doen de legitimiteit van de technologie goed. Toch kan veel weerstand ontstaan vanuit gevestigde partijen of partijen met belangen bij andere technologieën. Hieraan tegenspel bieden is dan ook van belang (F7). De interesse van de markt groeit verder (F5) wat leidt tot meer gericht beleid (F4). Hierdoor komen meer middelen vrij voor praktisch onderzoek gericht op het laten dalen van kosten (F1).

**Acceleration:** Demonstratieprojecten lopen op zijn eind (F1) en markttoepassing neemt snel toe (F5). Aandacht binnen beleid blijft groot (F4) waardoor middelen blijven vrijkomen (F6).

Ondanks dat bovenstaande beschrijving wederom gestileerd is en geen enkele praktijksituatie precies overeen zal komen geeft het toch houvast bij het zoeken naar manieren om de ontwikkeling van de industriële warmtepomp te stimuleren. Doordat namelijk bekend is welke processen van belang zijn in elke fase van ontwikkeling kan hier de aandacht op worden gericht. De prioriteit kan vervolgens liggen bij interventies die de cruciale sleutelprocessen, passend bij de fase van ontwikkeling, ondersteunen.

<sup>2</sup> Suurs, R. A. (2009). *Motors of sustainable innovation: Towards a theory on the dynamics of technological innovation systems* (proefschrift), Universiteit van Utrecht.



## Datacollectie en analyse

### Databronnen:

- Interviews met industriële bedrijven, technologieleveranciers en beleidsmakers.
- Rapporten over verduurzaming in de industrie.
- Presentaties zoals gegeven tijdens bijeenkomsten en congressen.

### Data-analyse:

- Data werd getranscribeerd en samengebracht binnen een online database.
- Open codering van tekstuele fragmenten.
- Groeperen van gecodeerde tekst binnen categorieën.
- Relateren categorieën aan onderdelen innovatiesysteem (concepten TIS-raamwerk).

### Iteratief proces:

- Het toevoegen en analyseren van data geschiedde iteratief tot theoretische saturatie.

Deze rapportage is een afspiegeling van de resulterende database.

Dit onderzoek is gebaseerd op een breed scala aan databronnen. Interviews met industriële bedrijven, technologieleveranciers, consultants en beleidsmakers vormen de basis. Deze zijn aangevuld met openbare rapporten. Hierbij kan men denken aan rapporten zoals geschreven binnen onderzoeksprojecten naar de industriële warmtepomp en rapporten door consultants, al dan niet als onderdeel van een onderzoeks-project of in opdracht van bijvoorbeeld een branchevereniging. Beleidsdocumenten, zoals het (ontwerp) Klimaatakkoord maar ook documenten van reeds verlopen overheidsprogramma's, vormden ook een belangrijke databron. Hiernaast zijn tijdens diverse bijeenkomsten en congressen waar de industriële warmtepomp werd besproken aantekeningen gemaakt. Deze data werd gedurende het onderzoek getranscribeerd (in tekst omgezet) en toegevoegd aan een digitale database. Deze digitale database vormde vervolgens de basis voor de analyse.

Data analyse geschiedde door relevante tekstuele elementen te coderen. De eerste stap hierin betrof het open coderen van relevante tekstuele fragmenten<sup>3</sup>, bijvoorbeeld tekst waarin belemmeringen voor de industriële warmtepomp werden benoemd. Tijdens open codering wordt aan langere tekstuele fragmenten een beschrijving meegegeven die hun essentie weerspiegelt. Deze gecodeerde fragmenten zijn vervolgens bij elkaar gebracht binnen categorieën op een hoger

abstractieniveau, bijvoorbeeld alle tekstuele opmerkingen over financiering bij elkaar. Zo werd data voor alle onderdelen van het innovatiesysteem bij elkaar gebracht. De categorieën werden tenslotte gerelateerd aan de zeven functies, bijvoorbeeld de genoemde opmerkingen over financiering onder de functie Mobiliseren van middelen. In andere woorden: de concepten van het TIS-raamwerk werden als coderings-schema gebruikt. De data analyse werd uitgevoerd met het computerprogramma NVIVO<sup>4</sup>.

Het toevoegen en analyseren van data geschiedde iteratief tot theoretische saturatie. Binnen de initiële analyse werden nieuwe bronnen toegevoegd zolang deze tot wijzigingen binnen de categorieën in de database leidden. Daarna zijn nieuwe bronnen toegevoegd naarmate deze beschikbaar kwamen (zoals het Klimaatakkoord of aantekeningen van relevante bijeenkomsten). De voorliggende rapportage is een afspiegeling van de resulterende database.

<sup>3</sup> Charmaz, K. (2006). Constructing grounded theory: A practical guide through qualitative research. London: Sage.

<sup>4</sup> NVivo qualitative data analysis software; QSR International Pty Ltd.

## Het warmtepomp principe

- Een warmtepomp onttrekt veelal warmte uit een lagere temperatuur warmtebron ('source').
- Deze warmte wordt afgegeven aan een hogere temperatuur warmtestroom ('sink').
- De afgegeven warmte is een veelvoud van de aandrijfenergie.
- De COP-waarde geeft de verhouding tussen nuttige energie en aandrijfenergie aan.
- Een COP van 4 (rendement van 400%) is niet ongebruikelijk.
- De te behalen COP verschilt per type warmtepomp en toepassingssituatie.
- Een hoge COP behalen gaat veelal gepaard met maatwerk (en hogere kosten).
- Standaard warmtepompen zijn goedkoper maar halen veelal een lagere COP.

De meeste typen warmtepompen onttrekken warmte uit een lagere temperatuur warmtebron (de 'source'). De onttrokken warmte wordt vervolgens afgegeven aan een andere warmtestroom (de 'sink') waardoor de temperatuur van deze warmtestroom stijgt. De in temperatuur gestegen warmtestroom kan nuttig worden ingezet binnen een industrieel proces. Het succesvol toepassen van een warmtepomp vraagt om zowel een geschikte warmte 'source' als een geschikte 'sink'.

Warmtepompen kunnen, afhankelijk van het type, worden aangedreven door warmte in het proces zelf, door een gas- danwel elektrische compressor of door een verbrandingsmotor. Als wordt gesproken over 'de warmtepomp' wordt veelal een warmtepomp aangedreven door een elektrisch aangedreven compressor bedoeld. Zie de volgende pagina voor verschillende typen warmtepompen.

Het grote voordeel van een warmtepomp is dat de hoeveelheid afgegeven warmte een veelvoud van de aandrijfenergie betreft. De verhouding tussen de afgegeven warmte aan de sink en de aandrijfenergie wordt de Coëfficiënt of Performance (COP) genoemd. Een COP van 4, oftewel een rendement van 400%, is niet ongewoon en kan zelfs sterk hoger liggen.

Hoe hoog de te behalen COP is hangt van meerdere zaken af. Ten eerste van de eigenschappen van de source en sink, zoals het temperatuurniveau en de fluctuaties hierin. Ook hangt deze sterk af van het type warmtepomp dat wordt toegepast, waarbij elk

type zijn eigen werkbare temperatuurrange heeft. Ook hangt de te behalen COP af van hoe goed de warmtepomp wordt afgestemd op het proces. Het behalen van een hoge COP gaat meestal gepaard met (kostbaar) maatwerk.

Maatwerk start met het precies meten van de potentiële toepassingssituatie, zoals (fluctuaties in) zowel de source als sink. De warmtepomp wordt vervolgens specifiek gededesigned voor deze situatie. Dergelijke 'specialty' warmtepompen hebben, naast een hogere COP, het bijkomende voordeel dat vaak een hogere afgiftetemperatuur en temperatuurlift (T-lift) kan worden bereikt. De keerzijde van maatwerk zijn de, vaak veel, hogere kosten.

Naast maatwerk zijn ook standaard warmtepompen beschikbaar. Dergelijke warmtepompen worden ontwikkelt voor veelvoorkomende situaties en in grotere batches geproduceerd. Zij worden vervolgens passend gemaakt op het proces. Meestal betekent dit dat de warmtepomp minder ver wordt geïntegreerd. Hoewel zowel het temperatuurbereik als de COP lager liggen dan bij maatwerk-warmtepompen liggen de kosten ook beduidend lager.

## Typen industriële warmtepompen

- Mechanische compressiewarmtepompen:
  - Aangedreven met een compressor en maakt gebruik van koudemiddel.
- Nieuwe alternatieven:
  - Thermo-akoestische (TA) warmtepomp
  - Thermo-chemische (TC) warmtepomp
- Andere principes buiten de analysegrenzen:
  - Sorptiewarmtepomp (thermische compressiewarmtepomp)
  - Mechanische damprecompressie (MDR)
  - Warmtetransformator

Mechanische compressiewarmtepomp: Dit betreft het meest gangbare warmtepomptype. De term 'mechanisch' slaat op het gebruik van een compressor welke een 'werkmedium' (ookwel 'drijfmiddel' of 'koudemiddel' genoemd) doet circuleren. Het werkmedium neemt warmte op één plaats in het circuit op en geeft deze op een andere plaats af. Als standaarduitvoering is de mechanische compressiewarmtepomp breed beschikbaar tot een temperatuur van ~100C. Daarboven bieden bedrijven specialties aan tot ~150C.

Nieuwe alternatieven: Nieuwe principes, zoals de thermo-akoestische (TA) warmtepomp en de thermo-chemische (TC) warmtepomp hebben grote potentie. Beide bevatten geen bewegende delen en vereisen daardoor substantieel minder onderhoud. Tevens maken beide principes geen gebruik van een werkmedium, wat voordelen brengt mbt belemmerende wet- en regelgeving. In potentie heeft een TA-warmtepomp een bereik tot ~250C. Een TC-warmtepomp haalt in potentie ~400C.

Sorptiewarmtepomp: In plaats van een mechanische compressor maakt een sorptiewarmtepomp gebruik van een thermische compressor. Dit type heeft als voornaamste voordelen een grote T-sprong en een laag efficiëntie-verlies en is beschikbaar in de markt.

De technologie kan warmte 'opwaarderen' tot maximaal 100C. Dit type wordt toch maar weinig toegepast omdat de mechanische compressiewarmtepomp meestal een goedkoper alternatief biedt. Dit type betreft daarmee een niche-product voor hele specifieke toepassingen en valt verder buiten de analyse.

Mechanische damprecompressie (MDR): deze technologie wordt soms wel en soms niet tot warmtepomptechnologie gerekend. MDR draait volledig op de aanwezige energie in de procesflow zelf. Het is niet mogelijk om warmte uit het ene proces op te waarden en inzetbaar te maken voor een ander proces. De technologie is reeds 'mature' en heeft een terugverdientijd van 1-3 jaar, daarom valt MDR buiten de analyse.

Warmtetransformator: ook deze technologie wordt soms wel en soms niet tot warmtepomptechnologie gerekend. Er is veel lage temperatuur restwarmte nodig voor het creëren van slechts een kleine hoeveelheid hogere temperatuur warmte. Hierdoor wordt veel nuttige warmte 'weggegooid'. Andere typen warmtepompen hebben in die zin meer potentie<sup>5</sup>. De warmtetransformator valt verder buiten de analyse.

<sup>5</sup> Een chemische warmtepomp is een type warmtetransformator. Vanwege de aandacht die de

chemische warmtepomp in Nederland krijgt is deze toch meegenomen als 'nieuw alternatief'.

## Warmtepomp t.o.v. andere technologieën

De mate van concurrentie die de warmtepomp ondervindt hangt af van het te behalen doel:

- Verhogen energie-efficiëntie: de warmtepomp is technologie bij uitstek.
- CO<sub>2</sub>-reductie: de warmtepomp kent gedegen concurrentie van o.a. hybride- of elektrische boilers, het verstoken van biomassa, diepe geothermie en warmtenetten.

Synergiën:

- Warmtepompen kennen synergiën met geothermie maar soms concurrentie van warmtenetten.
- Warmtepompen kunnen naast elektrische boilers, CCS/CCU of biomassa worden toegepast.

Procesaanpassing en flexibiliteit:

- Warmtepompen vereisen vaak aanpassingen dicht bij het proces.
- Warmtepompen minder geschikt voor leveren flexibiliteit op het elektriciteitsnet.

De warmtepomp kent synergiën met maar ook concurrentie van andere technologieën. De mate waarin hangt daarbij af van het te behalen doel:

Energie-efficiëntie: Een warmtepomp waardeert een warmtebron op tot een hogere, vaak meer nuttige, temperatuur en bereikt dit met een rendement van honderden procenten. Reeds afgedankte restwarmte van een relatief lage temperatuur, of een geothermiebron, kunnen op deze wijze nuttig worden ingezet binnen een industrieel proces. Voor het behalen van een hoge energie-efficiëntie is de warmtepomp de technologie bij uitstek.

CO<sub>2</sub>-reductie: De CO<sub>2</sub>-reductie van een warmtepomp hangt van meer af dan alleen het behaalde rendement en CO<sub>2</sub>-reductie is ook met andere technologieën te bereiken. Als de benodigde elektriciteit voor een compressie-warmtepomp bijvoorbeeld is opgewekt met kolen dan is de CO<sub>2</sub>-reductie slechts beperkt. Voor het behalen van een hoge CO<sub>2</sub>-reductie is de warmtepomp dus afhankelijk van andere technologieën. Hiernaast kan CO<sub>2</sub>-reductie ook worden bereikt met andere technologieën. Hybride- of elektrische boilers, het verstoken van biomassa, of diepe geothermie bereiken het doel van CO<sub>2</sub>-arme warmteproductie net zo goed. Restwarmte opwaarderen met een warmtepomp of inzetten binnen een warmtenet leidt ook allebei tot minder CO<sub>2</sub>-uitstoot. Tenslotte

kunnen ook procesaanpassingen en het opslaan/hergebruiken van CO<sub>2</sub> (CCS/CCU) tot reducties leiden. De warmtepomp kent voor het bereiken van CO<sub>2</sub>-reductie gedegen concurrentie.

Synergiën: Zoals reeds genoemd kent de warmtepomp synergiën met geothermie. In theorie past een warmtepomp ook naast CCS/CCU, biomassaverbranding of hybride en/of elektrische boilers. Als de gewenste CO<sub>2</sub>-besparing reeds met één van deze technologieën los wordt behaald is het echter de vraag of additioneel voor een warmtepomp wordt gekozen. Een warmtenet, waarbij restwarmte wordt gebruikt voor het verwarmen van woningen en/of andere gebouwen in de omgeving, vormt echter soms een directe concurrent<sup>6</sup>.

Procesaanpassing: Toepassing van een warmtepomp vergt vaak aanpassingen dichtbij of aan het proces. Geothermie, een warmtenet, hybride/elektrische boilers, biomassa en CCS/CCU raken het proces in mindere mate. Een warmtepomp kan hierdoor weerstand ondervinden vanuit de organisatie.

Flexibiliteit: Vanwege de hoge aanschafkosten van een warmtepomp draait deze bij voorkeur volcontinue. Dit maakt elektrisch aangedreven warmtepompen minder geschikt voor het leveren van flexibiliteit op het elektriciteitsnet.

<sup>6</sup> Als meerdere warmtebronnen van beschikbaar zijn van verschillende temperaturen hoeven beide niet te concurreren.

## Kleine geschiedenis van het internationale speelveld (1)

- Het internationale speelveld van industriële bedrijven is in 100 jaar enorm veranderd.
- Technologische voorsprong maakten Europese en Amerikaanse bedrijven groot.
- Sinds WWII neemt concurrentie vanuit Azië toe.
- Concurrentie op technologische innovatie maakte plaats voor concurrentie op kosten.
- Technici maakten in het management plaats voor economen. Bedrijven gaan naar de beurs.
- Financiële analisten en activistische aandeelhouders zetten druk om te voldoen aan korte-termijn financiële criteria.
- Bedrijven zoeken naar marge in striktere investeringseisen en kostenbesparingen.

Naast de structuur van het Nederlandse warmtepomp innovatiesysteem (pagina 5) is de internationale structuur van belang. Vanaf de industriële revolutie tot heden is het internationale speelveld waarin Nederlandse bedrijven opereren enorm veranderd. Vooral in de chemische industrie heeft dit zijn sporen nagelaten<sup>7</sup>. Vergelijkbare ontwikkelingen hebben ook plaatsgevonden in andere markten zoals (bulk)voedsel. Onderstaande beschrijving van het internationale speelveld is gebaseerd op ontwikkelingen binnen de chemische industrie maar is, al dan niet in mindere mate, ook van toepassing op andere markten.

Aangezien de industriële revolutie in Europa startte, wisten Europese bedrijven initieel een grote technologische voorsprong op te bouwen. Ondanks dat de Verenigde Staten deze koppositie overnam na de tweede wereld oorlog (WOII) bleven Europese bedrijven succesvol op het internationaal speelveld.

Industriële bedrijven ontwikkelden zich tot grote conglomeraten. Door technologische innovaties ontstonden nieuwe producten in o.a. de petro- en biochemie. Bedrijven diversifieerden zich in deze nieuwe markten en dijdten uit. Nadat handelsbarrières na WOII werden afgebouwd vertakten bedrijven zich internationaal verder.

Internationale concurrentie nam hierdoor flink toe en opzoek naar efficiëntieverhoging consolideerden zij hun activiteiten in industriële clusters. Deze clusters specialiseerden zich veelal op basis van beschikbare grondstoffen.

Door de opkomst van Aziatische bedrijven nam internationale competitie verder toe. Initieel vooral voelbaar in technologisch minder complexe markten als bulkgoederen nam de competitie na een technologische inhaalslag in vrijwel alle markten toe. Opzoek naar marge verlegden Westerse bedrijven de focus langzaam maar zeker van competitie op technologische voorsprong naar competitie op prijs.

Deze focuswijziging vroeg andere capaciteiten van het management. Technici werden vervangen door economen. Steeds meer bedrijven, waarvan vele van oudsher staatsbedrijven, gingen naar de beurs. 'Aandeelhouderswaarde' werd de nieuwe managementfocus.

Financiële analisten en activistische aandeelhouders beoordelen bedrijven vooral op korte-termijn indicatoren als kwartaalcijfers en vrije cashflow. Bedrijven scherpen investeringseisen onder deze druk aan en besparen bijvoorbeeld op personeel.

<sup>7</sup> Deze beschrijving van het internationale speelveld is gebaseerd op Aftalion (2001) A History of the International

Chemical Industry, second edition, Chemical Heritage Press, Philadelphia.

## Kleine geschiedenis van het internationale speelveld (2)

- Van oudsher gediversifieerde bedrijven leggen de focus op de 'core'. Bedrijfsonderdelen als onderhoud en utilities worden verkocht.
- Concurrenieren op bedrijfsgrootte in nichemarkten wordt populair.
- Bedrijven nemen enorme risico's aan de commerciële kant (fusies & acquisities) en sturen tegelijk op risico- en kostenvermindering in de productielijnen.
- Omdat weinig nieuwe fabrieken worden gebouwd ligt de focus op het behalen van incrementele energiebesparing in bestaande fabrieken.
- Industriële bedrijven raken voor technologie en innovatie afhankelijk van leveranciers.
- De sterke internationale concurrentie vormt een prominent argument tegen overheidsbemoedienissen.

Om staande te blijven in het toenemend competitieve internationale speelveld gaan bedrijven terug naar de 'core' (kernactiviteiten). Bedrijfsonderdelen zoals onderhoud en utilities worden verkocht. Industriële clusters raken steeds meer versplinterd.

Concurrenieren op bedrijfsgrootte in nichemarkten wordt een populaire bedrijfsstrategie. Westerse bedrijven focussen op productielijnen met hogere marges en verkopen productielijnen als bulkgoederen. Acquisities leidden tot het verder versterken van de overgebleven kernactiviteiten. Eerste successen van deze strategie worden verder verspreid door consultants. De van oudsher gediversifieerde conglomeraten houden op te bestaan en maken plaats voor gespecialiseerde bedrijven.

Niet alleen industriële bedrijven (e.g. bedrijven uit Azië/Midden-Oosten voor bulkgoederen), maar ook private-equity partijen kopen de afgestoten bedrijfsonderdelen. Na grondige reorganisaties, met als doel om korte-termijn financiële criteria te verbeteren, gaan deze bedrijven vaak na enkele jaren opnieuw in de verkoop.

Met fusies en overnames nemen bedrijven enorme risico's aan de commerciële kant. Dit staat in sterk contrast met de focus op risico- en kostenverlaging binnen productielijnen. Nieuwe fabrieken worden in Europa vrijwel niet gebouwd, waardoor de focus

voor energiebesparing komt te liggen op het incrementeel verbeteren van bestaande fabrieken.

Industriële bedrijven raken voor technologie en innovatie afhankelijk van leveranciers. Om tegemoet te komen aan de strikte investeringscriteria ontwikkelen deze steeds vaker goedkope gestandaardiseerde oplossingen. Consolidatie aan de aanbodkant leidt tot grote internationale technologieleveranciers en systeemleveranciers die volledige fabrieken 'turn-key' aanbieden. Binnen nichemarkten blijven gespecialiseerde technologieleveranciers actief. Deze richten zich vaak op custom-made oplossingen in de vorm van 'specialties'. Hoewel investeringskosten hoger liggen, leidt goede procesinpassing vaak tot hogere efficiëntie.

De sterke internationale concurrentie wordt een prominent argument tegen vergaande verplichtingen en/of voor overheidssteun. Sommige bedrijven dreigen Nederland te verlaten bij streng beleid, anderen vragen om streng beleid in combinatie met subsidies. Branche- en werkgeversorganisaties benadrukken de kans op wegvloeien van arbeid en de hogere CO<sub>2</sub>-uitstoot van buitenlandse bedrijven.

Warmtepompleveranciers proberen hun producten binnen dit lastige internationale speelveld te verkopen.

## Het internationale speelveld van toeleveranciers industrie

- Warmtepompleveranciers: veelal kleinere producenten in verschillende Europese landen, waaronder Nederland.
  - Sommigen leveren gestandaardiseerde apparaten en anderen leveren 'specialties'.
- Grote technologieleveranciers: Bedrijven zoals LG, Siemens Engie leveren grote gestandaardiseerde apparatuur.
  - Interesse voor warmtepompen bij deze bedrijven is groeiend maar zitten veelal nog niet in het assortiment.
- Systeemleveranciers: bouwen volledige productielijnen obv modulaire apparaten.
  - Warmtepompen zitten veelal niet in het assortiment.
- Apparatenleveranciers: bouwen apparaten met een bepaalde functie, zoals drogen.
  - Warmtepompen zitten veelal niet geïntegreerd in de apparaten.

Grofweg is een onderscheid te maken tussen de volgende typen toeleveranciers:

Warmtepompleveranciers: Verschillende Europese landen, waaronder Nederland hebben warmtepompleveranciers. Sommigen leveren gestandaardiseerde warmtepompen met vaak een relatief laag temperatuurbereik en relatief lage kosten. Anderen leveren zogenaamde 'specialties', oftewel custom-made warmtepompen specifiek ontwikkeld voor een proces. Niet alleen de te behalen energiebesparing en COP is daarvan hoger, maar ook de kosten. Sommige leveranciers zijn gespecialiseerd in warmtepompen en leveren deze aan alle relevante markten. Anderen richten zich op een bepaalde markt, zoals chemie of voedsel, en leveren naast warmtepompen ook andere marktspecifieke technologieën.

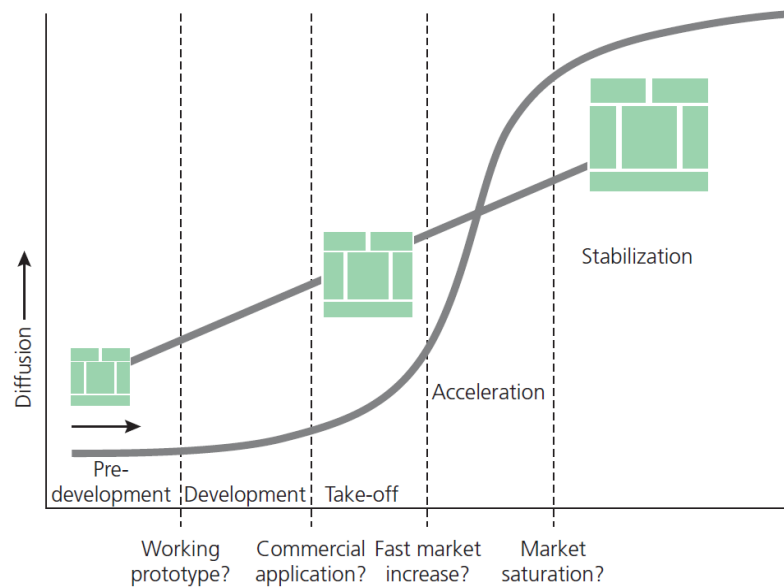
Internationale technologieleveranciers: Bedrijven zoals LG, Siemens en Engie leveren grote apparatuur voor de industrie. Ze leveren gestandaardiseerde, goedkope oplossingen om tegemoet te komen aan de strikte investeringseisen van industriële bedrijven. Financiering is vaak onderdeel van de propositie en vanwege hun grootte kunnen ze een gedeelte van het risico dragen, wat leidt tot een concurrentievoordeel t.o.v. kleinere aanbieders. Onderzoek en ontwikkeling vindt veelal bij het hoofdkantoor, buiten Nederland, plaats. Warmtepompen zitten vooralsnog niet in het assortiment ook al groeit de interesse.

Systeemleveranciers: Systeemleveranciers leveren volledige productielijnen op basis van modulaire apparaten. Onderzoek en ontwikkeling voeren deze partijen in het thuisland uit, waarbij kleinere dependances de modulaire systemen passend maken voor de specifieke klantsituatie. Een voorbeeld betreft Tetrapak waar onderzoek in Zweden plaatsvindt. Een warmtepomp zit veelal niet in het modulaire assortiment.

Apparatenleveranciers: Apparatenleveranciers leveren apparaten met een bepaalde functie, zoals drogen. Warmtepompen zitten veelal niet geïntegreerd in de apparaten. De grens tussen een apparatenleverancier en systeemleverancier is een grijs gebied. Een apparatenleverancier die modulaire, op elkaar passende, apparaten aanbiedt is een systeemleverancier.

Zowel de aanbod- als de vraagkant van dit innovatiesysteem zijn sterk internationaal georiënteerd. Voor industriële bedrijven zijn technologische vernuftigheid en kosten van groter belang dan waar een toeleverancier is gevestigd. Ook voor toeleveranciers is het vestigingsland van potentiële klanten niet leidend. Het internationale speelveld waarin zowel aanbiedende- als vragende partijen zich bevinden kenmerkt dit innovatiesysteem.

## Fase van ontwikkeling warmtepomptechnologieën



Interventies binnen een innovatiesysteem hebben als doel om de betreffende technologie naar de opvolgende fase van ontwikkeling te voeren. Maatregelen dienen daarom te passen bij de fase van ontwikkeling waarin de technologie zich bevindt. De ontwikkelingsfase (pre-development) komt grofweg overeen met TRL-niveau 1-4, de ontwikkelingsfase met TRL-niveau 4-7 en de take-off fase met TRL-niveau 7-9. Warmtepomptechnologieën bevinden zich in verschillende fasen van ontwikkeling.

**Compressiewarmtepomp:** Warmtepompen tot een temperatuur van ~100C zijn commercieel beschikbaar. Omdat van grootschalige uitrol nog geen sprake is bevindt dit type zich aan het begin van de Take-off fase. Marktpartijen kunnen temperaturen tot ~150C technisch halen, echter vormen zowel de betaalbaarheid als de schaalgrootte nog uitdagingen. Praktijkonderzoek richt zich dan ook op deze aspecten. Dit type bevindt zich aan het einde van de Development fase.

**Alternatieven:** ECN by TNO heeft van de Thermoakoestische (TA) warmtepomp een werkend prototype gedemonstreerd waarmee de Pre-development is afgesloten. Het testen van de betrouwbaarheid onder praktijkcondities vormt de opvolgende stap, waarna schaalvergroting mogelijk kan plaatsvinden. De TA-warmtepomp bevindt zich halverwege de Development fase. In Nederland is

onderzoek en ontwikkeling naar de chemische warmtepomp in de ontwikkelingsfase (Development) gestopt. In het buitenland (België) is men toe aan demonstratieprojecten onder praktijkcondities. De techniek beweegt zich daarmee naar het einde van de Development-fase. Ondanks de kleine voorsprong van de chemische warmtepomp bevinden zowel de TA als de chemische warmtepomp zich nog binnen de Development fase.

De fase van ontwikkeling is van belang bij het beoordelen van de mate waarin de functies worden uitgevoerd binnen het innovatiesysteem. Bijvoorbeeld: voor een technologie in de vroege ontwikkelingsfase vormt een zwakke functie Creëren van een markt op dit moment geen probleem aangezien de focus nog ligt op functies als Kennisontwikkeling en Kennisdiffusie.

De opvolgende pagina's geven een beschrijving van de mate waarin de zeven functies door de structuur van het warmtepomp TIS worden uitgevoerd en gefaciliteerd. Afhankelijk van de functie richt de beschrijving zich meer op belemmerende danwel stimulerende factoren. Het (Ontwerp) Klimaatakkoord krijgt vervolgens de nodige aandacht. Vervolgens wordt voorafgaand aan de conclusie het functioneren geïnterpreteerd vanuit de fasen van ontwikkeling waarin de compressiewarmtepomp en alternatieve concepten zich bevinden.



## Kennisontwikkeling – Onderzoek

- Compressiewarmtepomp: onderzoek richt zich op:
  - Het verhogen van het temperatuurbereik met behulp van nieuwe koudemiddelen.
  - Het verlagen van kosten door modularisatie/standaardisatie en nieuwe koudemiddelen.
  - Het vergroten van de schaal (van kW naar MW).
- Thermo-akoestische warmtepomp: onderzoek richt zich op:
  - Het vergroten van de betrouwbaarheid.
- Chemische warmtepomp: in Nederland vindt weinig onderzoek plaats.
- Nieuwe onderzoeksrichting: integratie warmtepomp in apparaat.

### Compressiewarmtepomp:

Compressiewarmtepompen zijn in de markt beschikbaar tot een temperatuur van ~110C en voor kleinere vermogens. Onderzoek richt zich op het verhogen van het temperatuurbereik, verlaging van de kosten, en op schaalvergroting. ECN part of TNO heeft meerdere lopende projecten gericht op deze aspecten. Het STEPS-project richt zich op het verhogen van het temperatuurbereik van een 200kW warmtepomp (~160C) met koudemiddelen pentaan en DR2. Het FUSE-project test een butaan/pentaan warmtepomp voor ~150C van 2MW. Het ENCORE-project richt zich op nieuwe koudemiddelen met ~180C als doel voor een 100kW installatie. Het LowCapex-project poogt de kosten te doen dalen van een 2MW warmtepomp op 120C. Tenslotte heeft het CRUISE-project kostenverlaging als doel middels modularisatie/standaardisatie en gebruik van alternatieve koudemiddelen. Nederlandse bedrijven hebben nieuwe compressoren in ontwikkeling die hogere temperaturen aan moeten kunnen. De periode van fundamenteel onderzoek is voorbij en de nadruk ligt op laatste pilots en demonstraties.

Thermo-akoestische warmtepomp: Het TA-principe is reeds bij ECN part of TNO op kleinere schaal (10kW) gedemonstreerd. Als voorlaatste stap voor

demonstratie ontwikkelt ECN part of TNO samen met partners een compacte TA-warmtepomp die bij Dow Chemicals zal worden getest (COMTA-project). Ook voor de TA-warmtepomp is de periode van fundamenteel onderzoek voorbij. De nadruk ligt nu op pilots met een demonstratie in het vergezicht.

Chemische warmtepomp: Na het principe te hebben getest is ECN part of TNO gestopt met het ontwikkelen van de chemische warmtepomp. In België werkt een spin-off van de Universiteit Gent (Qpinch) aan een thermochemische warmtepomp met de belofte om restwarmte van 75C-150C met ongeveer 90C op te waarderen. Ondanks dat het onderzoek niet in Nederland is uitgevoerd is demonstratie van de techniek in Nederland wel mogelijk.

Integratie warmtepomp in apparaat: Omdat een warmtepomp als los apparaat niet makkelijk verkoopt (zie Creëren van markten) richt recent onderzoek zich op het integreren van een warmtepomp binnen een droogapparaat (PINCHED-project). De hoop is dat een efficiënter droogapparaat beter in de smaak valt dan een losse warmtepomp. Bij dit project is naast onderzoeksinstellingen en industriële bedrijven ook een systeemleverancier betrokken.

## Kennisontwikkeling (2) - Regelingen

- Nationale Wetenschaps Agenda (NWA): financiert fundamenteel onderzoek tot TRL 4.
- Voornaamse regelingen voor financiering pilotprojecten:
  - Topsector Energiestudies Industrie (TSE): haalbaarheidsstudie pilot.
  - Joint-Industry-Projects (JIP): regeling voor praktisch kennisonderzoek.
  - MKB-innovatiestimulering Regio en Topsectoren (MIT): R&D samenwerking.
  - Demonstratie Energie- en Klimaatinnovatie (DEI+): regeling voor pilots- en demonstraties.
  - PPS-toeslag Onderzoek en Innovatie: bijdrage aan privaat gefinancierd onderzoek.
- Onderzoek naar niet-technologische barrières:
  - Regeling Maatschappelijk Verantwoord Innoveren (MVI) Energie.
  - ISPT Social Acceptance Cluster.

### Nationale Wetenschaps Agenda (NWA):

Fundamenteel onderzoek tot TRL-niveau 4 wordt gefinancierd. De warmtepomp is dit niveau inmiddels gepasseerd.

Topsector Energiestudies Industrie (TSE): Een ondernemer die de haalbaarheid van een pilot onderzoekt komt in aanmerking voor 50% subsidie. Dit betreft het uitvoeren van een SWOT-analyse, het in kaart brengen van noodzakelijke middelen en het inschatten van de slagingskans. In totaal is €1,9 mln beschikbaar in 2019.

Joint-Industry-Projects (JIP): De JIP-regeling focust op toegepaste R&D en heeft een budget van ~6 mln in 2019. Samenwerking tussen één onderzoekinstelling en minimaal één bedrijf is vereist. Het MKB kan aanspraak maken op hogere subsidiepercentages. De warmtepomp valt binnen programmalijn 1a (verduurzaming warmteaanbod). Onderzoek dient zich te richten op het opschalen of voorbereiden van veldtesten gekoppeld aan een industrieel proces en vormt hiermee de voorbereiding voor een DEI+-project.

MKB-innovatiestimulering Regio en Topsectoren (MIT): Specifiek voor het MKB is 8,2 mln beschikbaar voor R&D samenwerkingsprojecten op het gebied van industrieel onderzoek en experimentele ontwikkeling.

Demonstratie Energie- en Klimaatinnovatie (DEI+): De DEI+ biedt ruimte voor praktische kennisontwikkeling binnen pilots. Binnen een pilot

wordt een maatregel onder reële omstandigheden veelal tijdelijk getest. De aanvrager van een pilot geschiedt door consortium van toeleverancier, onderzoekinstelling en eindgebruiker. Een breed scala aan technologieën en sectoren komt in aanmerking. Samenwerking is gewenst, maar niet vereist. Projecten dienen in potentie bij te kunnen dragen aan de Nederlandse economie. Met een budget van ~35 mln in 2019 voor energie-innovaties is de DEI+-regeling van groot belang voor warmtepomp gerelateerd onderzoek.

PPS-toeslag: Voor iedere euro privaat geld besteed aan onderzoek door een onderzoekinstelling plus het ministerie van Economische Zaken en Klimaat €0,30 bij. De onderzoekinstelling is verplicht om de PPS-toeslag aan R&D te spenderen.

Onderzoek naar niet-technologische barrières: Subsidie komt vanuit de regeling Maatschappelijk Verantwoord Innoveren (MVI) Energie (opvolger van de STEM-regeling). Vanuit de MVI-energie was in 2018 €1 mln subsidie beschikbaar. Binnen het Social Acceptance cluster van het ISPT zijn vanuit deze regeling een aantal voor de warmtepomp relevante projecten gefinancierd. Het Green by Choice, Green by Design richtte zich bijvoorbeeld op belemmeringen rondom het inkoopproces van industriële bedrijven. Het Green Wedge project nam de communicatie tussen technologieleveranciers en industriële bedrijven onder de loep. Tenslotte vormt ook het voorliggende onderzoek onderdeel van het ISPT Social Acceptance cluster.

## Experimenteren door ondernemers (1) – Demonstraties

- Een track-record van succesvolle demonstraties is nog onvoldoende aanwezig.
  - Projecten blijven in de utility sfeer en komen niet dicht bij het proces.
  - Vanwege de grote diversiteit aan productieprocessen zijn juist veel demonstraties nodig.
- Nederlandse warmtepompleveranciers: Het aantal technologieleveranciers betrokken bij pilots en demonstraties is beperkt.
- Industriële bedrijven:
  - Zijn sterk risicomijdend en terughoudend met pilots en demonstraties.
  - R&D-afdelingen zijn geschrapt of niet langer autonoom.
- Internationale technologieleveranciers: tonen interesse in warmtepomp maar mogen, afhankelijk van de subsidieregeling, vaak niet onderdeel zijn van een consortium.
- Carnotlab: Vanaf 2020 test ECN part of TNO warmtepompen onder praktijkcondities.

Een track-record van succesvolle demonstraties is nog onvoldoende aanwezig. Waar bij een pilot de focus nog ligt op kennisontwikkeling en daarmee onder de voorgaande functie valt, is het doel bij een demonstratie praktijktoepassing (en wordt daarom besproken bij de functie Experimenteren door ondernemers). Een pilot gaat altijd vooraf aan een demonstratie. De grens tussen een pilot en een demonstratie is veelal een grijs gebied. Een pilot is veelal tijdelijk, terwijl een demonstratie na de testfase blijft draaien. Aangezien vrijwel elke fabriek verschilt, is een groot scala aan demonstraties nodig voordat bedrijven achten voldoende referentieprojecten te hebben om tot implementatie over te gaan. Voor het opzetten van zowel pilots als demonstraties vormen onderstaande barrières een uitdaging.

Nederlandse technologieleveranciers: Nederland kent slechts een handvol technologieleveranciers. In pilot- en demonstratieprojecten zijn tot dusver veelal dezelfde warmtepompleveranciers actief geweest. Bronswerk en IBK zijn steeds terugkomende namen. Deze leveranciers geven aan reeds klaar te zijn voor het demonstreren van de compressiewarmtepomp maar het vinden van welwillende bedrijven vormt een uitdaging. Het betrekken van systeemleveranciers bij onderzoeksprojecten, zoals gebeurt binnen het PINCHED-project, is een welkome aanvulling.

Industriële bedrijven: Industriële bedrijven zijn sterk risicomijdend met betrekking tot het initiëren of toelaten van demonstraties. Veel bedrijven willen geen proeftuin zijn. Hoe dicht bij het proces een

demonstratie komt, hoe groter het risico wordt ingeschat. Onder druk van sterke internationale concurrentie, of van internationale eigenaren, zijn vergaande kostenbesparingen doorgevoerd. Op interne R&D-afdelingen is bezuinigd of deze richten zich uitsluitend nog op volwassen technologieën. Het opzetten van een pilot of demonstratieproject gebeurt vaak op initiatief van individuele medewerkers. Dat lukt alleen als zij zelf voldoende capaciteit hebben en de rest van de organisatie mee krijgen.

Internationale technologieleveranciers: Grote internationale toeleveranciers voor de industrie tonen interesse in de industriële warmtepomp. Zij houden ontwikkelingen actief bij en zijn intern onderzoeksprojecten gestart. Vaak gebeurt dat echter op het internationale hoofdkantoor. Deze bedrijven komen alleen in aanmerking voor subsidie als zij aantoonbaar in Nederland capaciteit kunnen vrijmaken. In de praktijk werken buitenlandse technologie-leveranciers niet mee aan Nederlandse pilots en demonstraties.

Het 'Carnotlab': Omdat industriële bedrijven slechts beperkt pilots toelaten is ECN by TNO gestart aan de bouw van het Carnotlab. Het Carnotlab valt binnen de Power-2-Heat programmalijn van het VoltaChem Innovatieprogramma zoals opgezet door ECN by TNO, TNO en Topsector Chemie. Vanaf 2020 worden warmtepompen in het Carnotlab onder praktijkcondities getest. Het Carnotlab is een welkome oplossing voor het gebrek aan pilots vanwege risicomijdende industriële bedrijven.

## Experimenten door ondernemers (2) – Regelingen en initiatieven

- Voornaamste regelingen voor stimulering ondernemersactiviteiten:
  - Topsector Energiestudies Industrie: voor het onderzoeken haalbaarheid pilot of demonstratie.
  - MIT Haalbaarheidsproject: in kaart brengen risico's innovatieproject.
  - Demonstratie Energie- en Klimaat Innovatie (DEI+): gericht op pilot- en demonstratieprojecten.
  - Early Adaptor Projecten (EAP): was gericht op MKB-toeleveranciers.
  - Subsidiemodule Versnelde klimaatinvesteringen: stimulering bewezen technieken.
  
- Subsidiestromen richten zich op pilots- en demonstraties.
  - Voor de compressiewarmtepomp is dit een goede ontwikkeling.
  - Voor de TA/TC warmtepomp vormt dit een risico.
  
- Het aantal warmtepompprojecten is gezien de beschikbare middelen teleurstellend.

Topsector Energiestudies Industrie: Als voorbereiding op een demonstratieproject krijgen bedrijven 50% subsidie voor een zogenaamde milieustudie. Deze kan helpen bij het maken van keuzes tussen opties voor het vormgeven van een demonstratie.

MIT Haalbaarheidsproject: Specifiek gericht op het MKB subsidieert deze regeling het in kaart brengen van risico's van een innovatieproject. Het budget van ~4 mln euro per jaar is voor dit doeleinde afdoende.

DEI+: De DEI+ regeling richt zich naast pilotprojecten ook op demonstratieprojecten. Een demonstratieproject betreft een eerste toepassing van een innovatie door een eindgebruiker, waarbij deze de subsidie aanvraagt. Projecten dienen bij te dragen aan de Nederlandse economie. Aangezien een DEI+ subsidie wordt aangevraagd door de industriële eindgebruiker liggen hier ook voor buitenlandse technologieleveranciers kansen. Kleine- en middelgrote bedrijven komen verder in aanmerking voor hogere subsidiepercentages. Met een subsidieplafond van €35 mln in 2019 voor energie-innovaties biedt de DEI-regeling in potentie veel mogelijkheden voor de warmtepomp.

EAP: De EAP-regeling, vervallen per 2019, was gericht op toeleveranciers met minimaal twee

potentiele klanten, al dan niet in samenwerking met een onderzoeksinstituten. De regeling had een beperkt budget van 300.000 per jaar en richtte zich op het MKB. De eerder genoemde JIP-regeling komt sinds 2019 in aanmerking voor kleinere projecten en MKB-bedrijven komen binnen de DEI+ regeling in aanmerking voor hogere subsidiepercentages. Ondanks dat de EAP-regeling is komen te vervallen leven de voordelen voor het MKB daarmee voort.

Subsidiemodule Versnelde klimaatinvesteringen: Deze recente regeling richt zich op het financieren van de onrendabele top van reeds bewezen technologieën. Technologieën dienen ten minste drie maal eerder in Nederland gedemonstreerd te zijn. De regeling ligt in het verlengde van de DEI+ regeling. Met een subsidieplafond van 28 mln zijn de beschikbare middelen substantieel. Net zoals bij de DEI+ regeling dient de uiteindelijke gebruiker van de technologie de aanvraag in.

Beschikbare regelingen bestrijken het volledige spectrum van pilotproject tot marktconforme toepassing. De regelingen volgen elkaar slim op waardoor een technologie zich met subsidie kan ontwikkelen door opvolgende fasen van ontwikkeling. Het aantal projecten gericht op de warmtepomp is gezien de beschikbare regelingen echter nog teleurstellend.

## Kennisdiffusie (1)

- Informatie op internet is gefragmenteerd en/of oppervlakkig.
- Symposia, congressen of bijeenkomsten vinden geregeld plaats.
- Het Nationaal Expertisecentrum Warmte van RVO helpt op aanvraag met warmte-integratievraagstukken.
- Informatie bereikt achterblijvers niet.

---

Oppervlakkige en gefragmenteerde openbare informatie: Meerdere websites geven informatie over warmtepompen en bieden inzicht in succesvolle praktijkverhalen. Consultants, brancheverenigingen en ook het Nationaal Expertisecentrum Warmte (NEW) van RVO zijn hierin actief. Echter bieden deze websites vaak alleen oppervlakkige informatie en is het aanbod gefragmenteerd. Vooral industriële bedrijven delen informatie over succesvolle projecten maar mondjesmaat. Redenen lopen uiteen van het niet graag delen van gevoelige informatie, het niet subsidiabel zijn van deze activiteiten, of beperkte capaciteit van medewerkers. Overzichten van uitgevoerde pilotprojecten zijn mede daarom niet uit eerste hand of incompleet.

Regelmatige symposia en bijeenkomsten: Partijen als het ISPT, ECN part of TNO, RVO (NEW) en consultants organiseren frequent congressen of bijeenkomsten met aandacht voor de warmtepomp. Op beurzen zoals de Vakbeurs Energie geven consultants bijvoorbeeld inzicht in technische mogelijkheden en geeft RVO een overzicht van subsidiemogelijkheden. Op bijeenkomsten vanuit o.a. de Topsector Energie, Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's) en de MJA/MEE komen partijen ook regelmatig bij elkaar. Aan sporadische informatievoorziening is geen gebrek. Informatie bereikt wel alleen bedrijven die naar deze activiteiten toekomen.

Het NEW helpt op aanvraag: Het NEW helpt bedrijven met warmte-integratievraagstukken op aanvraag. Ook worden Masterclasses georganiseerd waarbinnen beschikbare warmte-integratie technologieën centraal staan. Ook deze informatie bereikt de industriële bedrijven die van deze kansen gebruik maken.

Informatie bereikt achterblijvers niet: Ondanks dat informatie veelvuldig op bijeenkomsten worden gepromoot zijn veel bedrijven niet goed op de hoogte van mogelijkheden. Zij beperken zich tot bewezen technologieën en komen niet naar georganiseerde bijeenkomsten toe. Informatie op internet is te gefragmenteerd om deze bedrijven te kunnen bedienen. Achterblijvende industriële bedrijven missen daarom een compleet beeld van wat leveranciers kunnen leveren of onderschatten wat leveranciers reeds kunnen bieden. Tegelijkertijd worden leveranciers pas laat in een investeringstraject betrokken. Tegen die tijd zijn keuzes reeds gemaakt en rest de technologieleverancier geen ander keus dan de gewenste technologie aan te bieden. Innovatieve technologieën, zoals de warmtepomp, blijven daardoor uit beeld.

## Kennisdiffusie (2) – Regelingen en initiatieven

- Subsidieregelingen vereisen of stimuleren samenwerking tussen partijen.
- Mkb-innovatiestimulering Regio en Topsectoren (MIT): MIT Kennisvouchers, Innovatiemakelaars en Netwerkactiviteiten.
- Buitenlandse technologieleveranciers zijn mogelijk niet op de hoogte van subsidiemogelijkheden voor demonstraties.
- Een warmtepompplatform zoals voorgesteld door het ISPT om informatievoorziening vanuit de aanbodkant te stroomlijnen kwam niet van de grond.
- Een platform warmte-integratie bestaande uit voornamelijk industriële bedrijven en gecoördineerd door het ISPT is in oprichting.

### Subsidieregelingen vereisen samenwerking:

Subsidieregelingen, zoals DEI, JIP of EAP vereisen of stimuleren dat partijen binnen onderzoeks- of pilotprojecten samenwerken. Afhankelijk van de regeling ligt de focus op onderzoeksinstellingen, toeleveranciers, danwel industriële bedrijven. Binnen de JIP-regeling leidt het betrekken van partijen uit verschillende sectoren en een partij voor kennisverspreiding (e.g. het ISPT), bijvoorbeeld tot een betere kwaliteits-beoordeling. De overheid heeft voldoende oog voor het belang van samenwerking en kennisdifusie binnen onderzoeksprojecten.

Aanvullend beleid voor MKB: Vanuit de Innovatiestimulering Regio en Topsectoren (MIT) regeling wordt het MKB m.b.t. kennisdifusie specifiek gefaciliteerd. Ten eerste ontvangen zij 50% subsidie als zij een vraag laten beantwoorden door een kennisinstelling (Kennisvoucher). Ten tweede mag een innovatiemakelaar worden ingehuurd voor advies over een innovatie en ten derde kan een TKI een netwerkactiviteit financieren vanuit de MIT.

Buitenlandse technologieleveranciers niet op de hoogte: Nederlandse industriële afnemers komen ook bij het toepassen van technologie uit het buitenland in aanmerking voor een DEI+ subsidie. Voor buitenlandse technologieleveranciers biedt dit kansen als zij een welwillend Nederlands bedrijf kunnen vinden voor een demonstratie. Informatie over Nederlandse regelingen is echter alleen in het

Nederlands beschikbaar. De vraag is daarmee of buitenlandse technologieleveranciers voldoende op de hoogte zijn van de subsidiemogelijkheden.

### Oprichting platform vanuit vraagkant gestrand:

Vanuit het ISPT is een poging gedaan tot oprichting van een warmtepomp platform vanuit de aanbodkant. Voornamelijk Nederlandse brancheorganisaties en consultants waren daarbij betrokken. Het doel bestond uit het stroomlijnen en afstemmen van de activiteiten van aanbiedende/faciliterende partijen, zoals het samenvoegen van gefragmenteerde informatie over de warmtepomp op websites. Dit initiatief kwam echter niet van de grond.

### ISPT warmte-integratieplatform in oprichting:

Een platform warmte-integratie is op verzoek van een selecte groep industriële bedrijven in oprichting door het ISPT. Platformactiviteiten zijn recent bepaald en richten zich o.a. op het verzamelen en delen van informatie over technische mogelijkheden, het aanbod van leveranciers, het koppelen van onderzoeksinstellingen aan bedrijven en het fungeren als spreekbuis richting de overheid. Voor alsnog zijn vooral koplopers actief binnen het platform. Participatie in het platform vergt een flinke jaarlijkse bijdrage aan het ISPT.

## Kennisdiffusie (3) – Tussen en binnen bedrijven

- Gedetailleerde procesdata is vaak niet aanwezig of wordt niet afgegeven vanwege concurrentiegevoeligheid.
- Concurrentiegevoeligheid maakt leveranciers huiverig om met concurrenten samen te werken en maakt dat onderzoeksinstellingen niet alle onderzoeksresultaten delen.
- Door het uitbesteden van taken als utilities en onderhoud is het landschap van bedrijven gefragmenteerd.
- Door bedrijfssplitsingen zijn oude overlegstructuren tussen bedrijfsonderdelen formeel komen te vervallen. Informeel bestaan deze nog maar verwateren snel.
- Communicatie met internationaal hoofdkantoor vormt een uitdaging.

Procesdata niet altijd aanwezig: Voor het inpassen van een warmtepomp is gedetailleerde procesdata nodig. Niet alle bedrijven hebben echter een gedetailleerd beeld van de eigen energiebalans en temperatuurniveaus. Zelfs als deze data wel beschikbaar is krijgen leveranciers of consultants niet altijd de benodigde gegevens vanwege concurrentiegevoeligheid.

Concurrentiegevoeligheid belemmert samenwerking: Ook aan de aanbodkant zorgt concurrentiegevoeligheid voor terughoudendheid bij het delen van kennis. Toeleveranciers werken niet graag samen met directe concurrenten in onderzoeksprojecten. Omdat onderzoeksinstellingen (zoals ECN part of TNO) inkomsten genereren met licenties delen zij niet alle onderzoeksresultaten. Industriële bedrijven zijn ook terughoudend met het delen van opgedane kennis uit pilots/demonstraties.

Landschap van bedrijven is gefragmenteerd: Industriële bedrijven zijn zich steeds meer op het kernproces gaan richten en hebben taken uitbesteed (zoals utilities en onderhoud). Het landschap van bedrijven is hierdoor in toenemende mate gefragmenteerd. De implementatie van technologieën op het raakvlak van utilities en proces, zoals de warmtepomp, vergt hierdoor afstemming tussen steeds meer partijen. Ondanks dat faciliterende organisaties op industriële clusters dergelijke bedrijfsgrensoverschrijdende projecten proberen te initiëren lopen dergelijke projecten vast als slechts één partij niet meewerkt.

Oude communicatiestructuren in verval: Relatief eenvoudige communicatie tussen businessunits zoals bijvoorbeeld bestond binnen de oude conglomeraten DSM en Akzo Nobel is vervangen door lastige communicatie tussen losstaande bedrijven. Het informele netwerk van voormalige collega's is nog gedeeltelijk intact, maar verwaterd snel.

Communicatie met internationaal hoofdkantoor vormt uitdaging: Na overnames door internationale bedrijven en/of private-equity is toestemming van het nieuwe hoofdkantoor nodig. Deze hoofdkantoren stellen financiële randvoorwaarden op met betrekking tot bijvoorbeeld budget en terugverdientijd. Communicatie met het hoofdkantoor verloopt echter vaak niet soepel vanwege taal- of cultuurverschil. Kennis over duurzame technologieën is op veel internationale hoofdkantoren ook beperkt.

## Richting geven aan het zoekproces (1) - Invloed internationaal beleid

- Het EU-ETS systeem straft bedrijven die niet snel genoeg CO<sub>2</sub> reduceren.
- Na het aflopen van de MJA/MEE convenanten in 2021 wordt het uitvoeren van vierjaarlijkse energie-audits vanuit de Europese Energie-Efficiëntie Richtlijn (EED) verplicht.
- De warmtepomp niet erkend als Best Available Technology (BAT).
- Het Parijsakkoord verplicht landen een nationaal klimaatplan op te stellen.
- Het Klimaatakkoord is het Nederlandse antwoord op deze eis.

---

Europese wet- en regelgeving biedt het kader waarbinnen de Nederlandse overheid en bedrijven zich kunnen bewegen.

EU Emissions Trading System (ETS): Sinds 2005 is in Europa het EU-ETS actief. De prijs van CO<sub>2</sub>-rechten is sinds 2017 gestegen van 5 euro per ton naar 27 euro per ton op het moment van schrijven. Vanaf 2021 start een nieuwe handelsperiode waarbinnen het aantal beschikbare rechten versneld wordt afgebouwd richting 0 in 2057.

Gedurende het vaststellen van de nieuwe ETS-regels voor de toewijzing van gratis rechten leek de warmtepomp geen gratis rechten te krijgen. Uiteindelijk heeft alleen de elektrische boiler met dit nadeel te maken gekregen.

Europese Energie-Efficiëntie Richtlijn (EED): De EED werd vastgesteld in 2012 en stelde het reduceren van 20% energiegebruik in 2020 als doel. Het maken van een energie-audit eens in de vier jaar werd hiermee verplicht. Bedrijven die meedoen met de MJA3/MEE convenanten kregen hierop een uitzondering. Met het aflopen van deze meerjarenafspraken komt deze uitzondering te vervallen.

BREFS/BAT: In zogenaamde BREFS (Best Available Techniques Reference Documents) stelt de Europese Commissie per sector een lijst op van Best Available

Technologies (BAT). Handhaving in lidstaten kunnen de Best Available Technology (BAT) eisen bij het verlenen van vergunningen. Warmtepompen staan op het moment echter niet in de relevante BREFS.

Parijsakkoord: In 2015 werd de grens van twee graden Celsius opwarming ten opzichte van voor de industriële revolutie juridisch vastgelegd. Alle Europese lidstaten tekenden en committeerden zich aan het opstellen van een nationaal klimaatplan. Sinds 2017 eist Europa ratificatie van het Parijsakkoord van landen waarmee het handelsovereenkomsten sluit.

Klimaatakkoord: Als antwoord op het Parijsakkoord startte Nederland in 2018 met onderhandelingen voor een Klimaatakkoord waarbij de doelstelling ligt op het reduceren van CO<sub>2</sub> met 49% in 2030 ten opzichte van 1990. Van de industrie wordt een reductie van 14,3 megaton verwacht. Nadat het Ontwerpakkoord veel discussie losmaakte presenteerde de coalitie het Klimaatakkoord op vrijdag 28 juni 2019. Het Klimaatakkoord bevat een gedetailleerde beschrijving van de aanpak om CO<sub>2</sub> in de industrie te verminderen.



## Richting geven aan het zoekproces (2) – Industriële bedrijven

- Bij buitenlandse eigenaars staat verduurzaming laag op de agenda.
- Veiligheid heeft hogere prioriteit dan verduurzaming.
- Industriële bedrijven worstelen met afweging technologieën.
- Uit angst dat bedrijven Nederland verlaten benadrukt de industrie een 'level-playing field'.
- MJA/MEE convenanten: convenanten gericht op het behalen van energie-efficiëntieverbetering van 2% per jaar.

Verduurzaming laag op de agenda: Bedrijfs-onderdelen van oorspronkelijk Nederlandse bedrijven zijn in handen gekomen van internationale conglomeraten en/of private-equity investeerders. Bij internationale conglomeraten groeit aandacht voor duurzaamheid maar is dit nog niet formeel ingebed. De nieuwe Nederlandse dochterondernemingen brengen hier met wisselend succes duurzaamheid onder de aandacht. Bij private-equity partijen staat verduurzaming laag op de agenda. Sturing vindt daar primair plaats op financiële criteria als 'free cash flow', solvabiliteit en liquiditeit, met als doelen dividendverhoging en het vergroten van de aantrekkelijkheid tot verkoop. Nederlandse medewerkers lopen vast in communicatie met de internationale eigenaren.

Veiligheid heeft hogere prioriteit dan verduurzaming: Als een innovatief project vragen oproept omtrent veiligheid gaat een project al snel niet door: 'Met veiligheid kan je een olifant doodslaan'.

Bedrijven worstelen met de afweging tussen technologieën: Naast toepassing van een warmtepomp kan CO<sub>2</sub>-reductie vaak ook worden bereikt met elektrische boilers, hybride boilers een warmtenet, of een ander productieproces. Waar concrete plannen voor bijvoorbeeld een warmtenet bestaan staan alternatieven on-hold. Hiernaast speelt de afweging tussen huidige technologie en toekomstige technologie een rol. Investerings in

huidige techniek kunnen toekomstige investeringen blokkeren. Echter biedt het vooruitzicht van nieuwe technologie soms ook een excuus voor het niet toepassen van huidige technologie. De warmtepomp heeft gedegen concurrentie.

Industrie benadrukt noodzaak 'level-playing-field': Een veelgehoord argument tegen overheidsbemoediging, zoals de CO<sub>2</sub>-heffing uit het Klimaatakkoord, betreft dat internationale bedrijven Nederland zullen verlaten. Werkgever-organisaties benadrukken daarbij de gevolgen voor de werkgelegenheid. Deze visie wordt niet gedeeld door de gehele industrie. Sommige grote bedrijven vragen juist om een daadkrachtige overheid met als doel concurrentievoordeel op te bouwen op het gebied van verduurzaming.

MJA/MEE convenanten: Het MEE-convenant werd geïnitieerd om ETS-bedrijven te faciliteren en controleren. De deelname is voor ETS-bedrijven dan ook verplicht. Binnen de Meerjarenaafspraken (MJAs) committeerden veel bedrijven zich vrijwillig aan het maken van periodieke Energie-Efficiëntie-Plannen (EEPs). De nadruk binnen deze gedeeltelijk vrijwillige convenanten ligt op het behalen van een incrementele energie-efficiëntieverbetering van 2% per jaar. CO<sub>2</sub>-reductie is hiervan een indirect gevolg. Helaas blijft het opstellen van documenten voor EU-ETS en de MJA/MEE vaak binnen de kwaliteitsafdeling, ver weg van het management. De MJA/MEE convenanten lopen in 2021 af.

## Richting geven aan het zoekproces (3) – Nederlands beleid

- Focuswijziging van incrementele energie-efficiëntieverbetering naar grootschalige CO<sub>2</sub>-reductie.
- Aardbevingen in Groningen zetten 'gasloos' als doel op de agenda.
- Van incrementele- naar grootschalige reductie.
- Van verleiden naar verplichten.
- Van sector- naar missie gedreven innovatiebeleid.

Focuswijziging van energie-efficiëntie naar CO<sub>2</sub>-reductie: Binnen de Meerjarenaafspraken lag de focus initieel volledig op energie-efficiëntieverbetering. Met de invoering van het Europese ETS-systeem werd de wijziging richting CO<sub>2</sub>-reductie ingezet. Waar binnen het Energieakkoord doelstellingen nog werden geformuleerd in termen van energiesparing in PJ zijn deze binnen het Parijsakkoord en het Klimaatakkoord geformuleerd in termen van CO<sub>2</sub>-reductie. De nieuwe Kennis- en Innovatieagenda (IKIA) richt zich tevens op het behalen CO<sub>2</sub>-reductie. Deze focuswijziging reflecteert zich ook in regelingen, zoals het vervangen van de Demonstratie Energie-innovatie (DEI) voor de Demonstratie Energie- en Klimaatinnovatie (DEI+). De MJA/MEE convenanten lopen door tot 2021 waarna vooralsnog de CO<sub>2</sub>-heffing uit het Klimaatakkoord het stokje overneemt.

Gasloos als nieuw doel: Na aardbevingen vanwege gaswinning in Groningen wordt 'gasloos' een nieuw doel op de agenda. Grote industriële gasverbruikers werden per brief gemaand het productieproces aan te passen. Dergelijke aanpassingen overstijgen veelal het maken van energie-efficiëntieverbeteringen binnen het huidige proces.

Van incrementeel naar radicaal: Met het beleid gericht op energie-efficiëntie is veel 'low hanging fruit' geplukt. Grootschalige CO<sub>2</sub>-reductie is niet echter te behalen met verdere incrementele stappen. De discussie verplaatst zich

daarom van het incrementeel verbeteren van huidige processen naar het maken van meer radicale aanpassingen. Hierdoor stijgt het aantal besproken technologieën sterk.

Van verleiden naar verplichten: De overheid prefereert gedragen plannen vanuit het bedrijfsleven voor het behalen van gestelde doelstellingen, maar schroomt niet langer om besparingen af te dwingen. Nadat een plan van de energie-intensieve industrie voor het uitvoeren van het Energieakkoord bijvoorbeeld uitbleef dreigde de overheid met een wettelijke verplichting. Toen het plan op de valreep toch werd gepresenteerd is herhaald dat wettelijke verplichting tot de mogelijkheden bleef behoren bij het uitblijven van resultaat. Deze tendens zet zich voort binnen het Klimaatakkoord.

Van sector- naar missiegedreven innovatiebeleid: Technologiebeleid richt zich in toenemende mate op het behalen van zogenoemde 'missies'. Binnen het Klimaatakkoord is voor de industrie de missie '*een 100% CO<sub>2</sub>-vrij industrieel warmtesysteem*' opgesteld. De bijdrage van de warmtepomp hieraan valt onder de sub-missie '*In 2030 is door power to heat oplossingen en inzet van duurzame warmtebronnen minimaal 5,3 Mton CO<sub>2</sub>-emissiereductie en een energiebesparing van 93 PJ bereikt*'. Missies stimuleren dat verschillende oplossingen (e.g. de warmtepomp t.o.v. alternatieve technologieën) met elkaar concurreren.

## Creëren van een markt (1) – potentie per markt verschil

- Industriële processen werken op een breed scala aan temperatuurniveaus:
  - Laagtemperatuur = tot 100C
  - Middentemperatuur = 100C - 500C
  - Hoogtemperatuur = boven 500C
- Sectoren maken grofweg gebruik van:
  - Papier = laagtemperatuur
  - Voedsel en genotsmiddelen = laag/middentemperatuur
  - Chemie = midden/hogtemperatuur
  - Raffinage = midden/hogtemperatuur
  - Staal = hogtemperatuur
- Leveranciers bieden gestandaardiseerde warmtepompen aan tot +/- 100C en specialties tot +/- 160C.
- Meer onderzoek en ontwikkeling is nodig om de markt van middentemperatuur processen beter te bedienen.

Op het moment biedt de warmtepomp potentie voor processen met een temperatuur onder de ~160C. Voorbeelden hiervan zijn o.a. bij destillatieprocessen, verdampingsprocessen, droogprocessen en industriële wasserijen. Plaatsen waar koude wordt geproduceerd bieden ook potentie omdat dit altijd gepaard gaat met een constante en schone warmtebron. Voor processen met een hogere temperatuur dan ~160C biedt de warmtepomp vooralsnog geen oplossing. Huidige toepassingsmogelijkheden verschillen dan ook per sector:

Papier en pulp: Processen bevinden zich voornamelijk op een relatief laag temperatuurniveau waardoor in theorie veel mogelijkheden voor warmtepompen bestaan. Echter opereren deze bedrijven in een zeer competitieve markt waardoor zij niet op het punt staan om fabrieken te updaten.

Voedsel- en genotsmiddelen: Het temperatuurniveau van processen ligt sterk uiteen binnen zowel laag- als middentemperatuur. Binnen niches (e.g. slachterijen of bakkerijen) worden warmtepompen reeds marktconform toegepast. Voor deze sector is het gebruik van niet natuurlijke drijfmiddelen problematisch vanwege het 'risico' op vervuiling en strenge wet- en regelgeving op het gebied van voedselveiligheid. Het gebruik van natuurlijke drijfmiddelen heeft echter nog geen bewezen track-record.

Chemische industrie: Processen bevinden zich voornamelijk binnen de midden- en hogtemperatuur. Warmtepompen kunnen de benodigde T-lift en/of temperatuur veelal nog niet bereiken. Specialty chemicals zijn een interessante niche. Marges zijn hier groter waardoor meer ruimte bestaat voor investeringen. Echter zijn dit ook vaak batch-processen, waardoor draaiuren van een warmtepomp beperkt zijn wat de business-case negatief beïnvloed.

Raffinage en staal: Procestemperaturen in deze markt liggen voor de warmtepomp te hoog. Deze markt is voor de warmtepomp buiten bereik.

Huidige mogelijkheden voor de warmtepomp liggen voornamelijk binnen enerzijds papier- en pulp en anderzijds binnen voedsel- en genotsmiddelen. Als de technologie zich verder weet te ontwikkelen richting hogere T-lifts en grotere schaal komen meer sectoren binnen handbereik. Onderzoek en ontwikkeling draagt bij aan het vergroten van de potentiële markt.

## Creëren van een markt (2)

- Een warmtepomp heeft alleen zin bij behoefte aan additionele warmte.
- CO<sub>2</sub>-reductie kan worden bereikt met meer dan alleen een warmtepomp.
- Bedrijven kennen eigen restwarmtestromen niet altijd in detail (pinch-analyses).
- Warmtepomp vooral geschikt voor continue proces.
- Warmtebron (source) en warmteafgifte (sink) moeten dicht bij elkaar te liggen.
- Industriële bedrijven laten geen nieuwe technologieën toe dicht bij het proces.
- Groen licht is nodig van meerdere afdelingen of bedrijven.
- Onderhoudsintervals vaak te kort om warmtepomp te plaatsen.

Behoeft aan warmte nodig: Een warmtepomp heeft alleen zin als er behoefte is aan de hogere-temperatuur die wordt gecreëerd. Door reeds behaalde besparingen, mede gestimuleerd vanuit de MJA/MEE convenanten, zit de warmteproductie soms al tegen minimum-capaciteit aan. Een warmtepomp heeft dan geen meerwaarde.

Concurrentie van andere technologieën: Zoals reeds beschreven op pagina 12 kent de warmtepomp concurrentie vanuit alternatieve CO<sub>2</sub>-reductietechnologieën. Alternatieve manieren om te verduurzamen zoals CCS, geothermie, of hybride/elektrische boilers zijn aantrekkelijk omdat ze geen aanpassingen in het proces vergen.

Warmtestromen niet in detail bekend: Bedrijven weten vaak niet precies genoeg hoe warmtestromen lopen. Voor het inpassen van een warmtepomp is gedetailleerde informatie over warmtestromen nodig inclusief fluctuaties. Consultants bieden zogenaamde Pinch-analyses aan om dit inzicht te bieden. Op basis van een pinch-analyse kan een eerste inschatting worden gemaakt van mogelijkheden voor een warmtepomp.

Afstand source en sink: De warmtebron voor een warmtepomp en het afgifteproces liggen lang niet altijd dicht bij elkaar. Vaak zijn aanvullende infrastructurele investeringen nodig die de businesscase onaantrekkelijk maken.

Vooraf voor continue-processen: Continue-processen hebben voor warmtepompen een sterke

voorkeur. Alleen bij veel draaiuren kan de investering uit. Bij batch-processen ligt het aantal draaiuren veelal te laag. Een gedeelte van de markt is daardoor buiten handbereik.

Een technologie die het kernproces verstoort is niet gewenst: Een warmtepomp vergroot de complexiteit van het proces. Het risico op uitval wordt al snel te groot geacht, zeker bij een pilot. Bij productie op licentiebasis zijn aanpassingen contractueel niet altijd toegestaan. Voor aanpassingen extern aan het proces, in de utilities, is de risicoperceptie lager. Als backupcapaciteit beschikbaar is durft men daar de warmtepomp qua risico wel aan. Dat is echter kostbaar waardoor een project al snel niet aan de interne investeringseisen voldoet.

Groen licht is nodig van meerdere afdelingen/bedrijven: Een warmtepomp raakt zowel utiliteit als proces. Veiligheid staat hiernaast in een hoog vaandel waardoor ten minste drie afdelingen nodig zijn. Bij bedrijven die warmte extern inkopen, bijvoorbeeld bij het industriële park, overstijgen de benodigde afdelingen de eigen organisatie.

Te korte onderhoudsintervals: Omdat marges laag zijn moeten processen volcontinue draaien. Hierdoor zijn onderhoudsintervals maar kort, vaak te kort om een warmtepomp te plaatsen.

## Creëren van een markt (3)

- Industriële bedrijven onderschatten wat technologieleveranciers kunnen leveren of bieden deze geen kans.
- 'Preferred suppliers' leveren niet altijd een geschikte warmtepomp.
- Industriële bedrijven vinden innovatieve warmtepompleveranciers niet groot genoeg.
- Toeleveranciers worden vaak pas laat bij investeringsbeslissingen betrokken en gevraagd goedkoop aan te bieden.
- Technologieleveranciers weten niet waar en hoe bedrijven te benaderen met proposities.
- Specialty-leveranciers zijn terughoudend in het afgeven van te behalen besparing, COP en kosten.

Bedrijven onderschatten technische mogelijkheden: Eigen R&D afdelingen zijn na soms vergaande kostenbesparingen en 'leanmanagement' geen gegeven meer. Overige medewerkers hebben geen capaciteit om de markt actief te benaderen. Hierdoor is het beeld dat bestaat van mogelijke leveranciers vaak onvolledig en worden technische mogelijkheden onderschat.

Industriële bedrijven werken met 'preferred suppliers': Het doel hiervan is om risico's zoveel als mogelijk te beperken. Vaak zijn dit systeem-leveranciers, apparatenbouwers of grote internationale technologieleveranciers die ook overige delen van de fabriek hebben geleverd. Als de preferred supplier geen geschikte warmtepomp kan leveren gaat men vaak niet opzoek naar een andere leverancier.

Industriële bedrijven vinden innovatieve warmtepompleveranciers niet groot genoeg: Zij prefereren leveranciers die het risico van procesuitval met hen kunnen delen. Grotere internationale technologieleveranciers hebben hierdoor een concurrentievoordeel.

Leveranciers worden tevens vaak pas laat bij investeringsbeslissingen betrokken: Zij zijn daardoor niet op de hoogte van vragen en uitdagingen die binnen bedrijven spelen. Als ze eenmaal betrokken zijn is de ruimte voor inbreng vaak beperkt omdat veel keuzes al zijn gemaakt. Technologieleveranciers

wordt gevraagd goedkoop aan te bieden. Hierdoor blijven meer innovatieve technologieën op de plank liggen.

Technologieleveranciers weten niet waar en hoe bedrijven te benaderen met proposities: De inkoopafdeling richt zich bijvoorbeeld alleen op aanschaf van vervangingsonderdelen of een R&D-afdeling is wegbezuinigd. Sommige leveranciers werken traditioneel vraaggestuurd vanuit de industrie en zijn niet gewend bedrijven pro-actief te benaderen.

Leveranciers zijn terughoudend om vooraf garanties te geven: Leveranciers die specialties leveren, welke zeer afhankelijk zijn van het specifieke proces, durven vooraf geen indicatie van te behalen besparing, COP en kosten te geven. Bedrijven zijn vaak terughoudend in het verstrekken van gegevens over het proces, waardoor dergelijke leveranciers vooraf ook geen goede inschatting kunnen maken.

## Mobilizeren van middelen (1)

- De terugverdientijd van warmtepompen nadert de vijf jaar.
- Bedrijven hanteren terugverdientijden van <2 jaar terwijl maatregelen <5 jaar verplicht zijn.
- Strikte budgetten gaan op aan proces gerelateerde investeringen.
- CO<sub>2</sub>-prijs nog (te) laag: Futures van EU-ETS rechten stijgen snel (+ 300% in één jaar).
- Lopende contracten voor levering van warmte maken soms dat financiële baten van warmtepomp niet kunnen worden gemonetariseerd.
- Zowel bij overheid als bij bedrijven bestaat een tekort aan technisch personeel.

---

De terugverdientijd (TVT) van de warmtepomp nadert de vijf jaar: Daarbij aangetekend dat de TVT sterk afhankelijk is van lokale condities. Aangezien bedrijven verplicht zijn maatregelen met een terugverdientijd van minder dan vijf jaar uit te voeren is een omslagpunt in theorie nabij. Voor bedrijven die deze wettelijke grenzen hanteren ligt de warmtepomp op de grens van het haalbare.

Bedrijven hanteren zeer korte TVT-eisen: Bedrijven hanteren, al dan niet onder druk van internationale eigenaren, intern vaak veel strengere TVT-eisen dan vijf jaar. Eisen van twee jaar of zelfs minder zijn niet ongewoon. Onder druk van het internationale speelveld dalen TVT-eisen van veel bedrijven sneller dan kennisontwikkeling kan bijhouden.

Proces gerelateerde investeringen gaan voor: Investerings in energie-efficiëntie delven daardoor het onderspit. Omdat bedrijven met beperkte jaarlijkse budgetten werken gaan deze op aan proces gerelateerde investeringen. Er zijn veelal geen specifieke budgetten voor duurzame technologie.

De CO<sub>2</sub>-prijs biedt nog onvoldoende incentive: Europese maatregelen om het aantal rechten sneller te doen dalen hebben wel effect. Futures op CO<sub>2</sub>-rechten zijn in één jaar tijd met 300% gestegen. De aankomende Nederlandse CO<sub>2</sub>-heffing legt tevens een bodem op de ETS-prijs.

Lopende contracten: Veel restwarmte wordt reeds gedeeld met naburige bedrijven en/of teruggekocht door de producent. Voor warmte bestaat geen gereguleerde markt zoals voor elektriciteit. Bedrijven maken onderling afspraken binnen langlopende contracten. Een warmtepomp 'verstoot' dergelijke contracten of het voordeel komt niet bij het bedrijf terecht waar de warmtepomp wordt geplaatst (voordeel kan zowel bij warmteleverancier terecht komen of bij de afnemer van warmte). Door dergelijke lange-termijn contracten leidt een warmtepomp niet (altijd) tot kostenverlaging.

Tekort aan technisch personeel: Zowel bij overheid als bij bedrijven bestaat een tekort aan technisch personeel. Technische opleidingen zijn minder in trek met schaars personeel tot gevolg. Hiernaast hebben kostenbesparingen tot krimp van personeel geleid. Bedrijven hebben hierdoor al moeite met het in stand houden van huidige kennis, laat staan het opbouwen van nieuwe kennis. Het opbouwen van nieuwe kennis is voor toepassing van een warmtepomp echter wel noodzakelijk, niet alleen bij technici die een warmtepompproject kunnen initiëren maar ook bij operators.

## Mobilizeren van middelen (2)

- Fiscale incentives: Energie Investeringsaftrek (EIA) en MIA/VAMIL.
- Toeleverende partijen overwegen warmte als dienst aan te bieden.
- Elektriciteit heeft relatief hoge belasting en gas relatief laag.
- Toekomstige prijzen van elektriciteit, gas, warmte en CO<sub>2</sub> zijn niet te voorspellen.
- Soms is ruimte beperkt.

---

EIA/MIA/VAMIL: Maatregelen als de Energie Investeringsaftrek (EIA) en de MIA/VAMIL maken investeringen in energiebesparende- en duurzame technologieën aantrekkelijk. De EIA verlaagt de inkomsten- of vennootschaps-belasting, de MIA verlaagt de fiscale winst en binnen de VAMIL mag de investering op een willekeurig moment worden afgeschreven. Deze voordelen zijn zowel toepasbaar op grote- als op kleinere projecten.

Warmte als dienst: Sommige aanbieders overwegen, met als doel het omzeilen van de strenge TVT-eisen van industriële bedrijven, om warmte als dienst aan te bieden in plaats van een warmtepomp als apparaat. Industriële bedrijven laten echter vaak geen externe financiering toe dicht bij het kernproces. Door de lage rentestand kunnen bedrijven ook vaak voor zeer aantrekkelijke tarieven zelf financiering aantrekken. Tevens staan internationale eigenaars zoals private-equity partijen veelal niet positief tegenover externe financiering.

Scheve belasting elektriciteit versus gas: Belasting op elektriciteit is relatief hoog, terwijl voor gas een relatief laag tarief geldt. Aangezien warmtepompen veelal elektriciteit gebruiken en gas besparen heeft dit een sterk negatief effect op de businesscase.

Onzekerheid over toekomstige prijzen: Toekomstige prijzen van zowel elektriciteit, gas, warmte en CO<sub>2</sub> zijn niet te voorspellen. Voor het berekenen van de business case van een warmtepomp zijn al deze aspecten echter van belang. Het doorrekenen van

de businesscase voor een warmtepomp is daarom omgeven van onzekerheden.

Soms beperkte ruimte: Soms is ruimte voor plaatsing van een warmtepomp beperkt. Op grotere afstand is meestal wel voldoende ruimte te vinden. Echter brengt dit aanvullende kosten met zich mee met betrekking tot leidingwerk waardoor de business case in het gedrang kan komen.

## Creëren van legitimiteit

- Warmtepomp is geen 'poster-child' voor CO<sub>2</sub>-besparing.
- Te klein gedimensioneerde warmtepompen blijven imago negatief beïnvloeden.
- Restwarmte wordt door velen nog als 'fact of life' gezien.
- Warmtepomp wordt niet door alle partijen gezien als een 'echt grote ontwikkeling'.
- De hoge efficiëntie van een warmtepomp wordt niet altijd begrepen en afgedaan als 'tovenarij'.

---

De warmtepomp is geen 'poster-child' voor CO<sub>2</sub>-besparing: De warmtepomp is voornamelijk een energie-efficiëntie maatregel (zie ook pagina 12). De bereikte CO<sub>2</sub>-reductie is afhankelijk van andere technieken (zoals de wijze van elektriciteits-opwekking om de compressor aan te drijven). Bij de transitie naar een CO<sub>2</sub>-arme samenleving wordt vaak niet automatisch aan de warmtepomp gedacht.

Oud zeer: Om kosten te besparen zijn systemen in het verleden te klein gedimensioneerd waardoor de beloofde besparing niet werd behaald. Dergelijke verhalen blijven lang hangen en blijven de beeldvorming van de warmtepomp negatief beïnvloeden.

Restwarmte als 'fact of life': Restwarmte wordt door velen nog als normaal en onoverkomelijk gezien. Als medewerkers van bedrijven restwarmte niet als een oplosbaar probleem zien gaan ze niet pro-actief opzoek naar oplossingen. Aandacht gaat dan eerder uit naar andere, meer zichtbare, verduurzamingsmaatregelen.

De warmtepomp wordt niet door alle partijen gezien als een 'echt grote ontwikkeling': De gedachtegang daarbij is dat een warmtepomp huidige processen slechts efficiënter maakt. De warmtepomp wordt door sommigen gezien als tussenstation zolang grotere ontwikkelingen zoals alternatieve processen nog niet zijn uitontwikkeld.

Hoge rendementen als 'tovenarij': De efficiëntie van een warmtepomp van vele honderden procenten wordt niet altijd begrepen en soms afgedaan als 'tovenarij'. Het vergt uitleg voordat het principe wordt begrepen. Voornamelijk in communicatie met personen zonder technische achtergrond en/of in een andere taal zorgt dit voor problemen, bijvoorbeeld in communicatie tussen een Nederlands bedrijf en het internationale hoofdkantoor.



## Ontwerp Klimaatakkoord (1)

- Het Ontwerp Klimaatakkoord zette in op zowel stimuleren als straffen (bonus/malus).
- De Kennis- en Innovatieagenda (IKIA) vertaalt de missies uit het Klimaatakkoord naar Meerjarige Missiegedreven Innovatieprogramma's (MMIPs).
- Focus ligt op pilots- en demonstratieprojecten.
- Vaststellen Marsroutes belangrijk moment voor de warmtepomp.
- Rol voor de warmtepomp wordt gezien tot 2030.
- Programmatische aanpak uit concept Klimaatakkoord weerspiegelt focus op samenwerking (Kennisdiffusie).

Het Klimaatakkoord staat vol met plannen die verbeteringen aanbrengen in het bovenstaand beschreven functioneren van het innovatiesysteem. Om die reden geven de opvolgende pagina's een overzicht van voor de warmtepomp relevante plannen uit zowel het ontwerp Klimaatakkoord als het huidige akkoord zoals gepresenteerd door de coalitie. De vervolgens gepresenteerde verbetervoorstellen in deze rapportage staan in relatie tot (en zijn in aanvulling op) deze reeds geformuleerde plannen.

Bonus/Malus: Het Ontwerpakkoord zette in op een bonus-malus regeling waarbij ambitieuze bedrijven beloond zouden worden en achterblijvende gestraft. Ieder bedrijf zou een CO<sub>2</sub>-reductieplan maken en, na goedkeuring door RVO, in aanmerking komen voor subsidie. Bedrijven die het CO<sub>2</sub>-reductieplan niet uitvoerden ontvingen een boete (malus).

Meerjarig Missiegedreven Innovatieprogramma's: De nieuwe Kennis- en Innovatieagenda (IKIA) richt zich op het behalen van het Klimaatakkoord. Binnen het Klimaatakkoord is voor de industrie de centrale missie 'een 100% CO<sub>2</sub>-vrij industrieel warmtesysteem' opgesteld. De IKIA vertaalt deze o.a. naar een Meerjarig Missiegedreven Innovatieprogramma (MMIP) met als doel 'In 2030 is door power to heat oplossingen en inzet van duurzame warmtebronnen minimaal 5,3 Mton CO<sub>2</sub>-emissiereductie en een energiebesparing van 93 PJ bereikt.'. De warmtepomp valt hierbinnen.

Focus ligt op pilots- en demonstratieprojecten: Tot TRL-niveau 4 worden huidige instrumenten en middelen als voldoende geacht. De focus ligt voor nieuwe instrumenten op pilots en demonstraties tussen TRL 5 en 8. De warmtepomp bevindt zich tevens binnen dat gebied (zie pagina 16).

Marsroutes: Voor iedere technologie wordt een Marsroute opgesteld in samenwerking met overheden, kennisinstellingen en bedrijven. De benodigde kostenreductie door de tijd staat hierin beschreven op basis waarvan middelen worden ingezet. Marsroutes geven ook aandacht voor niet-technische randvoorwaarden. Initieel is 60 mln per jaar, oplopend naar 100 mln vanaf 2023, beschikbaar om de marsroutes te realiseren. Het vaststellen van de Marsroutes is een belangrijk moment voor de warmtepomp.

Rol warmtepomp tot 2030: Het ontwerpakkoord ziet potentie voor de warmtepomp tot 2030, waarna meer rigoureuze maatregelen zoals procesaanpassing het stokje overnemen. De warmtepomp staat genoemd als voorkeurstechologie voor volcontinue processen, terwijl de elektrische boiler de mogelijkheid biedt tot flexibele inzet.

Programmatische aanpak met focus op samenwerking: Het Klimaatakkoord is doordrenkt met de noodzaak tot samenwerking tussen overheid, kennisinstellingen en bedrijven.

## Ontwerp Klimaatakkoord (2)

- Gedegen aandacht voor onderwijs- en arbeidsmarktagenda.
- Zowel TVT van 5 jaar als CO<sub>2</sub>-reductieplan wordt in een wet verankerd.
- Invloed op Level-playing-field wordt nader onderzocht.
- Warmtepomp niet als 'groeimarkt' aangeduid.
- Verdringing door andere technieken besproken voor CCS specifiek.
- Openstelling SDE-subsidie voor industrie (SDE++).
- Klimaatakkoord zoekt aansluiting bij EU-ETS.

Arbeidsmarktagenda: Het Klimaatakkoord geeft gedegen aandacht aan het opstellen van een onderwijs- en arbeidsmarktagenda met als het tekort aan personeel op te lossen/voor te zijn.

< 5 jr TVT in wet verankerd: De reeds bestaande verplichting vanuit de Wet Milieubeheer om energiebesparende maatregelen met een terugverdientijd van minder dan vijf jaar verplicht te implementeren zou in de wet worden vastgelegd, samen met de noodzaak tot het maken van een CO<sub>2</sub>-reductieplan.

Level-playing-field: De regeling ETS-compensatie, waarbij bedrijven werden gecompenseerd voor te maken administratieve kosten voor het EU-ETS systeem, wordt geschrapt. Het akkoord geeft veel aandacht aan het onderzoeken en voorkomen van carbon leakage naar andere landen. Een expert groep is gevraagd de invloed van het Klimaatakkoord op de internationale concurrentiepositie nader te onderzoeken.

Warmtepomp niet als 'groeimarkt' aangeduid: Binnen het Ontwerp Klimaatakkoord stonden een aantal nader te bepalen 'groeimarkten' geformuleerd die specifiek aandacht krijgen van aanvullende stimuleringsmaatregelen. Zowel restwarmtebenutting als de warmtepomp stonden op de short-list maar werd niet geselecteerd.

Openstelling SDE voor industrie: De SDE-subsidie waarbinnen de onrendabele top van investeringen van duurzame energie-investeringen reeds werd

gefinancierd wordt verbreedt naar de industrie. Deze SDE++ geeft subsidie op volgorde van 'kosteneffectiviteit' in euro/ton CO<sub>2</sub>.

Verdringing: Voor CCS zijn beperkingen opgesteld om verdringing van alternatieven, waaronder de warmtepomp, tegen te gaan. Voor andere technologieën worden geen plafonds opgelegd, ookal wordt die optie opengehouden. Het budget van de SDE++ loopt geleidelijk op tot ~550 mln in 2030.

Aansluiting bij EU-ETS: Binnen het EU-ETS systeem krijgen Europese bedrijven gratis rechten op basis van het gemiddelde van de 10% meest efficiënte Europese bedrijven in de sector. Het Ontwerp Klimaatakkoord spreekt de ambitie uit om uiterlijk in 2030 tot deze groep te behoren. Het EU-ETS wordt als voldoende geacht om de daarvoor benodigde CO<sub>2</sub>-reductie van bedrijven te garanderen. De maatregelen binnen het Ontwerp Klimaatakkoord worden gezien als faciliterend voor het behalen van dit doel. Een Nederlandse CO<sub>2</sub>-heffing bleek niet te zijn besproken tijdens de onderhandelingen, ondanks onderzoeken hiernaar door oppositie partijen en milieuorganisaties.

## Klimaatakkoord (1)

- Oplopende CO<sub>2</sub>-heffing vanaf 2021 in plaats van bonus/malus.
- Regionale koplopersprogramma's met centraal Kennis- en coördinatiepunt.
- Verankering van eis < 5 jaar TVT uit Wet Milieubeheer niet langer in wetgeving geborgd.
- Overheid als 'partner' bij het aanvragen van EU-subsidies (EFRO/Interreg/EU ETS Innovation fund) en EIB-financiering.
- Met betrekking tot Power-2-Heat committeert de industrie zich om kennis bij elkaar te brengen.

Op basis van een doorrekening van het PBL en het CPB concludeerde de politiek dat een bonus/malus regeling niet voldoet. De politiek kiest, binnen het op 28 juni 2019 gepresenteerde Klimaatakkoord, toch voor een 'verstandige' CO<sub>2</sub>-heffing ten koste van het bonus/malus systeem. Voor de warmtepomp belangrijke wijzigingen ten opzichte van het ontwerp akkoord zijn:

CO<sub>2</sub>-heffing: Betreft een oplopende heffing van ~30 euro in 2021 naar 125-150 in 2030. De heffing geldt alleen als bedrijven uitstoten boven een bedrijfsafhankelijke heffingsgrondslag en geldt alleen als de EU-ETS CO<sub>2</sub>-prijs niet hoog genoeg blijkt. De heffingsgrondslag is afhankelijk van de 10%-benchmarks zoals opgesteld door de Europese Commissie als onderdeel van het EU-ETS systeem. De 10%-benchmarks geven de efficiëntie weer van de 10% meest efficiënte Europese bedrijven per sector en worden eens per vijf jaar geüpdatet. Aangepaste 10%-benchmarks worden in 2020 verwacht, vlak voordat de CO<sub>2</sub>-heffing ingaat in 2021. Het halen van deze planning door de Europese Commissie is ambitieus. De CO<sub>2</sub>-heffing wordt neergezet als maatregel die 'a priori' zekerheid tot reductie biedt. Bedrijven krijgen de mogelijkheid om investeringen in lijn te leggen met hun investeringscycli en als bedrijven in de problemen komen zijn aanvullende subsidies beschikbaar.

Regionale koplopersprogramma's: Op advies van de SER zet het Klimaatakkoord in op regionale koplopersprogramma's binnen de vijf grote

Nederlandse industriële clusters. Van de twaalf grootste Nederlandse uitstoters wordt een leidersrol verwacht. Een centraal Kennis- en coördinatiepunt verzorgt kennisdiffusie tussen de vijf regio's.

< 5 jr TVT: De Wet Milieubeheer wordt geactualiseerd en per 1 juli 2020 is de eis van investering onder de vijf jaar terugverdientijd ook van toepassing op duurzame energieopwekkingstechnologie naast energiebesparende technologie. Het vastleggen van de TVT-eis in de wet staat niet meer genoemd. Warmtepompen zijn recent, ondanks protest van bedrijven gezien discussie over de TVT, toegevoegd aan de geldende maatregellijsten.

Groeimarkten: Voor eind 2019 worden de definitieve groeimarkten bepaald welke aanvullende stimulering kunnen verwachten. De industrie zegt medewerking aan deze versnellingsplannen toe, maar hoe dat wordt vormgegeven staat niet genoemd.

Bij elkaar brengen Power-2-heat kennis: Specifiek voor Power-2-heat technologieën, waar de warmtepomp onder valt, committeren partijen zich aan het bij elkaar brengen van kennis. Hiervoor worden bestaande initiatieven gebruikt zoals bijvoorbeeld het ISPT warmte-integratieplatform.

## Functioneren innovatiesysteem



Tot dusver is besproken welke factoren binnen de structuur van het innovatiesysteem de functies ondersteunen, danwel belemmeren. De opvolgende stap betreft het interpreteren van deze factoren vanuit de fase van ontwikkeling waarin de warmtepomp zich bevindt. Zoals reeds besproken op pagina 16 bevindt de compressiewarmtepomp tot ~100C zich aan het begin van de Take-off fase. De compressiewarmtepomp voor hogere temperaturen en alternatieven zoals de thermo-akoestische (TA) en thermo-chemische (TC) warmtepomp bevinden zich nog binnen de Development fase. In de Development fase is vooral praktische kennisontwikkeling binnen pilots en vroege demonstraties van belang (functies Kennisontwikkeling en Experimenteren door ondernemers). In de Take-off fase staat daarentegen de functie Creëren van markten centraal. De overige functies staan hierbij in het teken van deze kernfuncties en bieden ondersteuning. Gezien deze situatie functioneert het innovatiesysteem als volgt:

**Kennisontwikkeling:** Op het gebied van o.a. T-lift, schaalvergroting en kostendaling bestaan nog technische uitdagingen. Dit is echter ook passend bij de fase van ontwikkeling waarin de warmtepomp zich bevindt (Development fase/vroege Take-off fase). Bestaande regelingen bieden voldoende ruimte om pilots te initiëren en uit te voeren. Kennisontwikkeling vordert dan ook gestaag. Binnen het Klimaatakkoord wordt de warmtepomp geregeld genoemd en deze komt terug in de IKIA, de Marsroutes en de MMIP's. Af en toe wordt de warmtepomp neergezet als nuttige technologie tot

2030 waarna andere technologieën het overnemen. Om ook in de toekomst middelen vrij te blijven maken voor kennisontwikkeling blijft het benadrukken van het nut van de warmtepomp na 2030 van belang.

**Experimenteren door ondernemers:** Pilots en demonstraties vinden nog te weinig plaats. Dit terwijl een groot aantal demonstraties nodig is vanwege de grote verscheidenheid van processen. Dit ligt niet aan de beschikbare regelingen. Sinds het Klimaatakkoord wordt het volledige spectrum van pilotproject tot marktconforme toepassing met regelingen bestreken.

Tot dusver waren vanuit de aanbodkant slechts een handvol Nederlandse partijen actief die pilots en demonstraties initieerden. Dit waren vooral ECN by TNO samen met een beperkt aantal warmtepompleveranciers. De toename in activiteit vanuit technische Universiteiten en het recent betrekken van nieuwe partijen zoals systeemleveranciers bieden alvast een welkome uitbreiding. Kansen bestaan verder bij het betrekken van buitenlandse technologieleveranciers. Het maakt industriële bedrijven veelal niet uit in welk land een leverancier gevestigd is. Buitenlandse warmtepompleveranciers komen echter moeilijk aanmerking voor subsidie bij pilots in Nederland en ook grote internationale technologieleveranciers staan ondanks groeiende interesse voor alsnog aan de zijlijn. Door meer bedrijven aan de aanbodkant te betrekken, al dan niet internationaal, kan het innovatiesysteem verder worden opgebouwd.

Vanuit de vraagkant waren tot dusver vooral koploperbedrijven actief. Het gros van industriële bedrijven blijft echter zeer terughoudend in het aangaan van pilots- en demonstraties. Het risico voor de continuïteit van de bedrijfsvoering wordt vanwege de sterke internationale competitie al snel als te groot gezien en/of intern is de R&D-afdelingen wegbezuinigd of heeft deze niet langer de kennis/capaciteit om een pilot of demonstratie te initiëren. Het nieuwe Carnot-lab biedt hierin een belangrijke kans omdat pilots kunnen worden uitgevoerd zonder risico op de bedrijfsvoering van industriële bedrijven. Op de vraag hoe de achterhoede kan worden betrokken bij pilots en demonstraties geeft ook Klimaatakkoord nog geen antwoord.

Kennisdiffusie: Op symposia, congressen en bijeenkomsten wordt veelvuldig kennis gedeeld. Echter bereikt deze informatie alleen de bedrijven die hier naartoe komen. Informatie op internet is Daarentegen gefragmenteerd en vaak oppervlakkig. Initiatieven vanuit de aanbodkant om informatievoorziening te stroomlijnen zijn gestand en aan de vraagkant richten activiteiten zich voornamelijk op een selecte groep koplopers. Ook het Klimaatakkoord richt zich niet actief op het bereiken van de groep achterblijvers.

Binnen subsidieregelingen is samenwerking regelmatig een eis of biedt voordeel. Omdat informatie over subsidiemogelijkheden voornamelijk in het Nederlands verspreid wordt blijven kansen voor buitenlandse warmtepomp- en technologieleveranciers om demonstraties bij Nederlandse industriële bedrijven te initiëren bij hen echter onbekend.

Door overnames van Nederlandse bedrijfsonderdelen zijn eigenaars steeds vaker internationale bedrijven. Communicatie tussen het Nederlandse bedrijfsonderdeel van het internationale hoofdkantoor verloopt vaak stroef. Huidige initiatieven faciliteren bedrijven niet in deze communicatie.

Met betrekking tot kennisdiffusie ligt de uitdaging bij het bundelen en actief uitdragen van reeds beschikbare informatie en kennis. Dit betreft enerzijds informatie over beschikbare warmtepomptechnologie voor achterblijvende industriële bedrijven en anderzijds informatie over subsidiemogelijkheden voor internationale hoofdkantoren en internationale toeleveranciers. Deze partijen worden op het moment amper bereikt.

Richting geven aan het zoekproces: Bij bedrijven heeft verduurzaming lange tijd laag op de agenda gestaan. Zaken als veiligheid kregen meer aandacht. Verduurzaming werd gefaciliteerd vanuit convenanten zoals de MJA3/MEE waarbinnen de focus lag op incrementele energie-efficiëntieverbetering. Op het gebied van energie-efficiëntie is hierdoor veel bereikt met indirect CO<sub>2</sub>-reductie als gevolg. Veel van deze maatregelen werden echter uitgevoerd met kostenbesparing in het oog en niet zozeer verduurzaming. Nadat het laaghangende fruit met deze aanpak was geplukt werd het tijd voor een andere aanpak.

Het laatste decennium is de aandacht binnen beleid verschoven van energie-efficiëntieverbetering naar CO<sub>2</sub>-reductie en het afstappen van Nederlands gas. De huidige ambitieuze doelstellingen op langere termijn vergen meer dan incrementele maatregelen alleen waardoor meer radicale maatregelen onderdeel worden van de discussie. De warmtepomp kreeg hierdoor gedegen concurrentie van alternatieve technologieën. Het nieuwe missiegedreven innovatiebeleid moedigt concurrentie tussen technologieën ook aan. Ondanks dat bedrijven over de brede linie actiever met duurzaamheid aan de slag gaan worstelen zij met het aantal keuzemogelijkheden. Gedegen informatievoorziening over de mogelijkheden die warmtepompen bieden naar zowel koplopers als achterblijvers kan de kans vergroten dat bedrijven voor de warmtepomp kiezen.

Nadat lange tijd is gewerkt met grotendeels vrijwillige convenanten voert de overheid de druk op. De schroom om tot verplichtingen over te gaan is verdwenen. Industriële bedrijven benadrukken de noodzaak van een level-playing field vanuit de angst dat vergaande verplichtingen vanuit de overheid zal leiden tot het wegvloeien van activiteiten uit Nederland. Door het internationale karakter van de industriële sector is de invloed die de Nederlandse overheid en Nederlandse partijen op het systeem kunnen uitoefenen beperkt.

Waar het concept Klimaatakkoord zich richtte op een bonus/malus systeem waarbij bedrijven actief geholpen werden bij het behalen van een zelf gestelde ambitie, ligt de focus in het uiteindelijke Klimaatakkoord voornamelijk op de invoering van een CO<sub>2</sub>-taks. Het maken van CO<sub>2</sub>-reductieplannen is komen te vervallen en in plaats daarvan laat de overheid het maken van toekomstplanning aan de bedrijven zelf over. Of zij nu allen proactief aan de slag gaan is gezien hardnekkige barrières binnen industriële bedrijven echter te bezien. Het Klimaatakkoord legt veel vertrouwen in de zelfregulerende werking van de markt.

Creëren van een markt: Door de relatief lage temperatuurniveaus van processen liggen huidige marktkansen voor de warmtepomp voornamelijk binnen de papier/pulp en voedsel- en genotsmiddelen industrie. Onderzoek en ontwikkeling draagt bij aan het vergroten van de markt in de richting van bijvoorbeeld de chemie.

Industriële bedrijven dragen vele redenen aan om niet voor een warmtepomp te kiezen. Men ziet geen goede plaats voor een warmtepomp, het risico wordt te groot geacht, het onderhoudsinterval is te kort, andere technologieën zijn gemakkelijker te implementeren, er is geen behoefte aan additionele warmte, de afstand tussen source en sink is te groot, het proces is niet geschikt, de geprefereerde leverancier biedt geen geschikte warmtepomp aan, andere leveranciers zijn te klein om risico's te dragen, wat zij precies kunnen leveren is niet bekend, of men is terughoudend met het delen van informatie over het proces richting leveranciers. Het initiëren van een warmtepomp project vergt een grote ambitie en een gedegen planning vanuit een industrieel bedrijf. Voor alsnog zijn het alleen koploperbedrijven die voor al deze uitdagingen oplossingen zoeken.

Technologieleveranciers hebben vanwege al deze mogelijke bezwaren moeite om hun proposities aan industriële bedrijven te verkopen. Zij weten niet wie zij binnen een industrieel bedrijf moeten benaderen. Ook zijn ze gewend om vraaggestuurd te werken. Als zij toch een aanknopingspunt hebben gevonden loopt deze vaak vast binnen de eigen organisatie vanwege het aantal betrokken afdelingen of het internationaal hoofdkantoor, zeker als deze voornamelijk stuurt op kostenbesparingen. Om de potentiële markt voor de warmtepomp volledig te ontsluiten is het van belang dat ook de achterblijvende industriële bedrijven worden bereikt.

Om het risico zo klein mogelijk te houden werken industriële bedrijven bij voorkeur met grote internationale 'preferred suppliers' (systeemleveranciers en/of technologie-leveranciers) die vaak nog geen warmtepomp aanbieden. Grote leveranciers genieten de voorkeur aangezien zij de risico's mede kunnen dragen. Zoals ook besproken onder Ondernemersactiviteiten zijn deze internationale spelers echter niet betrokken bij Nederlandse pilot- en demonstratieprojecten. Het betrekken van internationale preferred-suppliers trekt industriële bedrijven wellicht over de streep.

De nadruk binnen beleid ligt impliciet bij het toepassen van Nederlandse technologie in de Nederlandse markt. In het Klimaatakkoord wordt bijvoorbeeld (met een kleine uitzondering voor onderzoek met betrekking tot waterstof) met geen

woord gesproken over de mogelijkheid om verduurzaming te bereiken door buitenlandse technologie bij Nederlandse bedrijven toe te passen. In lijn hiermee is informatie-voorziening over subsidies gericht op het bereiken van Nederlandse bedrijven, of Nederlandse fabrieken van buitenlandse bedrijven. Zowel internationale technologieleveranciers als internationale hoofdkantoren worden niet bereikt. Het informeren van deze internationale bedrijven over Nederlandse subsidiemogelijkheden wekt wellicht hun interesse.

#### Mobiliseren van middelen:

Een gebrek aan technisch personeel vormt een gedegen uitdaging. Het Klimaatakkoord zet hier dan ook sterk op in.

Zoals reeds besproken blijft met het Klimaatakkoord ruime financiering beschikbaar voor kennisontwikkeling en ondernemersactiviteiten en wordt dit zelfs uitgebreid. Oude belastingregelingen als de EIA/MIA/VAMIL maken investeringen ook al jaren aantrekkelijk. Voor veel industriële bedrijven was dit alles tot heden echter nog niet genoeg om tot investeren over te gaan.

De TVT-eisen binnen bedrijven zijn een bewegend doel. Ondanks dat maatregelen met een TVT onder vijf jaar verplicht zijn blijft de intern gehanteerde TVT-eis snel dalen. Dit gebeurt onder druk van internationale competitie en/of buitenlandse aandeelhouders en eigenaars. Kennisontwikkeling kan deze daling niet compenseren of bijhouden. Proces gerelateerde investeringen met een kortere TVT gaan voor. Het aanbieden van warmte als dienst lijkt industriële bedrijven ook niet te kunnen overtuigen om te investeren. Het Klimaatakkoord poogt vooral met additionele financiële middelen vanuit de SDE++ met een CO<sub>2</sub>-taks als stok achter de deur bedrijven over de streep te trekken. Idealerweise zou echter de negatieve invloed vanuit het internationale speelveld worden doorbroken.

Creëren van legitimiteit: De warmtepomp is geen eenvoudig uit te leggen techniek en er gaan nog spookverhalen rond over niet behaalde rendementen. Binnen Nederland wordt het positieve verhaal over de warmtepomp als manier om restwarmte te verminderen breed gecommuniceerd op bijeenkomsten. Zoals ook besproken onder Kennisdifusie bereikt deze informatie echter vooral de koplopers die naar georganiseerde bijeenkomsten toekomen. In het Klimaatakkoord staan geen gerichte acties om achterblijvende Nederlandse industriële bedrijven en hun internationale hoofdkantoren te bereiken terwijl juist daar de legitimiteit van de warmtepomp nog te wensen over laat.

## Discussie van resultaten

- Beleid richt zich op 'made and used in the Netherlands'.
- De beleidsdoelen van CO<sub>2</sub>-reductie en economische groei gaan niet altijd samen.
- Het internationale speelveld beïnvloedt het Nederlands innovatiesysteem negatief.
- Een internationaal vertakt innovatiesysteem vergt idealiter een internationale aanpak.
- Uitdagingen zijn substantieel maar bewegingsvrijheid voor interventies beperkt.

Reflecterend op het functioneren van het warmtepomp innovatiesysteem zoals geschetst vallen de volgende zaken op:

Made and used in NL: Zowel het huidige als toekomstige Nederlandse beleid is sterk gericht op het in Nederland ontwikkelen EN toepassen van nieuwe technologie. De industriële sector is echter zowel aan de aanbod- als vraagkant sterk internationaal gericht. Voor de mogelijke bijdrage van buitenlandse technologie om de Nederlandse CO<sub>2</sub>-reductiedoelstellingen is halen weinig aandacht.

Conflicterende beleidsdoelen: Mogelijk is de focus op 'made and used in NL' het resultaat van het pogen te combineren van zowel de twee beleidsdoelen CO<sub>2</sub>-reductie en economische groei. Soms gaan beide beleidsdoelen samen maar niet altijd. Het toepassen van warmtepompen van buitenlandse leveranciers leidt bijvoorbeeld in Nederland tot CO<sub>2</sub>-reductie, maar levert geen concurrentievoordeel op voor Nederlandse warmtepompleveranciers.

Het loskoppelen van beide beleidsdoelen laat opvallen dat Nederlands beleid sterk op Nederlandse partijen is gericht. Dit terwijl de industriële sector sterk internationaal is georiënteerd. In andere woorden: het Nederlandse beleid is gericht op slechts een klein gedeelte van het internationale innovatiesysteem rondom de warmtepomp. Voor de toepassing van warmtepompen in Nederland liggen kansen bij het actiever betrekken van internationale

toeleveranciers. Wat de consequenties hiervan zijn voor de economie valt nader te onderzoeken.

Negatieve invloed internationaal speelveld: Ontwikkelingen binnen het internationale speelveld zetten meerdere functies sterk onder druk (o.a. ondernemers-activiteiten, mobilizeren van middelen door industriële bedrijven, guidance of the search). Het mandaat van de Nederlandse overheid reikt echter niet ver genoeg om buiten Nederland gelegen problemen aan te pakken. Mogelijkheden om te interveniëren in de industriële sector zijn in vergelijking met andere sectoren (zoals de bouw) zeer beperkt.

Internationale aanpak: Een internationaal georiënteerd innovatiesysteem vraagt eigenlijk om een internationale aanpak. Idealiter worden alle betrokken partijen bij elkaar gebracht binnen een soort 'Europees of mondiaal Klimaatakkoord'. Internationaal interveniëren kan bijvoorbeeld ook middels invoertarieven voor CO<sub>2</sub>-intensieve producten geproduceerd buiten de EU. Hierdoor valt de gedegen internationale concurrentie gedeeltelijk weg en ontstaat ruimte voor Europese bedrijven om te investeren in CO<sub>2</sub>-uitstootreductie. De toenadering richting omringende landen voor uitvoering van het Klimaatakkoord wordt dan ook toegejuicht. De verbetervoorstellen zoals gepresenteerd in deze rapportage richten zich echter op kansen binnen het directe mandaat van Nederlandse partijen.

Politieke realiteit: Discussies rondom het Klimaatakkoord zijn dermate ver gevorderd dat niet

in lijn liggende verbetervoorstellen weinig kans van slagen hebben. Vergaande verplichtingen bij het nemen van CO<sub>2</sub>-reducerende maatregelen worden gezien de aandacht binnen het Klimaatakkoord voor het belang van een internationaal level-playing-field niet als realistisch gezien. Deze politieke realiteit vormt een uitgangspunt voor de verbetervoorstellen.

Beperkte bewegingsvrijheid voor interveniëren:

Ondanks dat dit innovatiesysteem kampt met grote uitdagingen zijn mogelijkheden om het functioneren te versterken slechts beperkt. Dit geldt vooral voor de functies die sterk negatief worden beïnvloed door het internationale speelveld (vooral creëren van een markt, maar ook ondernemers-activiteiten, kennisdiffusie, en mobiliseren van middelen). Bij het trekken van conclusies en het opstellen van verbetervoorstellen is gezien haalbaarheid op kortere termijn gefocust op kansen binnen het mandaat van Nederlandse partijen. Buitenlandse partijen kunnen niet worden verplicht maar wellicht kunnen ze worden verleid.



## Conclusies

- Aankomend beleid legt veel vertrouwen in prijsprikkels en onderschat overige barrières binnen het innovatiesysteem.
- Huidig en aankomend beleid vertrouwt op koplopers maar bereikt achterblijvers niet.
- Ondanks een sterk internationaal georiënteerd innovatiesysteem richt beleid zich op Nederlandse bedrijven en organisaties.
- Competitie van andere CO<sub>2</sub>-reductietechnologieën vereist een blijvend actieve lobby voor de warmtepomp.

Het Klimaatakkoord vult huidig beleid voornamelijk aan met additionele prijsprikkels. Aan de vraagkant financiert de verbreedde SDE++ de onrendabele top van investeringen en de CO<sub>2</sub>-heffing is daarbij de stok achter de deur. Tevens worden, passend bij de fase van ontwikkeling waarin de warmtepomp zich bevindt, aan de aanbodkant additionele middelen vrijgemaakt voor pilot- en demonstratieprojecten. Nederlandse koplopers zullen waarschijnlijk gebruik maken van deze additionele financiële middelen en het systeem daarmee versterken.

Voor het bereiken van de ambitieuze doelstellingen is het echter noodzakelijk dat alle Nederlandse bedrijven, ook achterblijvers, in actie komen. Dit is gezien het bestaan van vele niet-financiële barrières zoals in deze rapportage geschetst echter maar de vraag. Ondanks dat het Klimaatakkoord naar verwachting een positieve bijdrage levert aan het functioneren van het innovatiesysteem blijven belangrijke problemen onopgelost.

Achterblijvers worden niet betrokken/bereikt: Sterke internationale competitie heeft in de loop der jaren binnen veel bedrijven zijn sporen achter gelaten. Zij zijn bijvoorbeeld afgesplitst van het oorspronkelijke moederbedrijf en non-core activiteiten zoals utilities en onderhoud zijn uitbesteed. Warmteproductie is daardoor vaak geen onderdeel meer van de organisatie en expertise op dat vlak mist. Kostenbesparingen hebben geleid tot weinig capaciteit bij medewerkers om dit alles uit te zoeken. Het onderwerp van CO<sub>2</sub>-reductie bereikt maar zelden de board-room, zeker als deze in het buitenland is

gevestigd. Opgelegde budgetten en eisen m.b.t. de terugverdientijd zijn vaak ontoereikend voor investeringen in CO<sub>2</sub>-reductie, of 'core' gerelateerde investeringen krijgen voorrang. Voor veel bedrijven vormt het maken van keuzes tussen verschillende CO<sub>2</sub>-reducerende technologieën en het verkrijgen van toestemming voor investeringen een enorme uitdaging.

De precieze consequenties van de CO<sub>2</sub>-heffing voor bedrijven zijn pas in 2021 bekend. Ondanks dat koplopers proactief inschattingen maken van de hoogte van de CO<sub>2</sub>-heffing geeft dit achterblijvende bedrijven, waarbij veelal de kwaliteitsafdeling zich om CO<sub>2</sub>-reductie bekommert, een reden om af te wachten. Als bedrijven op het laatste moment alsnog tot actie overgaan kiezen zij waarschijnlijk niet voor een warmtepomp. Een warmtepomp beïnvloed het proces, vergt integratie en dit kost tijd. Een keus voor technologieën die minder van invloed zijn op het proces, zoals elektrische boilers is dan gemakkelijker. Ondoordacht investeren kan ook op langere termijn een lock-in situatie creëren. Het kabinet zet middels de regionale koploper-programma's nog sterker in op koplopers. Deze aanpak werkt samenwerking in de hand wat gezien het gefragmenteerde landschap op eerste gezicht voor de warmtepomp positief uitvalt. De koplopers waar op wordt gericht bevinden zich echter vaak aan het begin van de waardeketen en hebben procestemperaturen die vooralsnog buiten het bereik van de warmtepomp liggen. Of deze 'koplopers' de warmtepomp de aandacht geven die zij verdient is daarom maar de vraag. Aanvullend

bestaat het risico dat in clusterverband gekozen wordt voor centrale en bedrijfsoverschrijdende maatregelen zoals warmtenetten of centrale warmteproductie met bijvoorbeeld waterstof. Achterblijvers sluiten zich mogelijk aan bij dergelijke initiatieven, zelfs als toepassing van een warmtepomp voor hen een betere optie betreft.

Binnen onderzoeksprojecten zijn vooral koplopers actief. Een beperkt aantal bedrijven en onderzoeksinstellingen bepaalt de richting van pilot- en demonstratieprojecten. Gezien de grote verscheidenheid aan processen is het echter de vraag of de handvol pilot- en demonstratieprojecten die zij kunnen initiëren de referenties opleveren die de achterblijvers vereisen.

Ook faciliterende activiteiten binnen het innovatiesysteem richten zich veelal op koplopers. Het warmte-integratie platform zoals gecoördineerd door het ISPT vervult een belangrijke rol in het bundelen van beschikbare informatie, maar richt zich voor alsnog op de koplopers aan de vraagkant. Voor het betrekken en faciliteren van de achterblijvers is binnen het innovatiesysteem op het moment weinig aandacht.

Internationale partijen beperkt betrokken: Het huidige en toekomstige beleid richt zich sterk op het Nederlandse gedeelte van het veel grotere internationale warmtepomp innovatiesysteem. Ten eerste vindt in omliggende landen ook onderzoek plaats met toepassingsmogelijkheden binnen Nederland. Het Klimaatakkoord benoemt dat voor waterstof de samenwerking met buitenlandse kennisinstellingen wordt gezocht. Hetzelfde is mogelijk voor warmtepompen. Ten tweede wordt het verduurzamingsdoel van Nederlandse industriële bedrijven net zo goed bereikt met het toepassen van warmtepompen van buitenlandse toeleveranciers, al dan niet geïntegreerd binnen apparaten zoals geleverd door internationale technologie, apparaat- en/of systeemleveranciers. Door buitenlandse onderzoeksinstellingen en leveranciers te informeren, betrekken en faciliteren komt het doel van een duurzame Nederlandse industrie dichterbij. De invloed hiervan op de Nederlandse concurrentiepositie dient wel verder te worden onderzocht.

Sterke competitie vanuit alternatieve technologieën:

De positie van de warmtepomp ten opzichte van alternatieve technologieën is minder sterk dan voorheen. De verschuiving in beleid en bijbehorende regelingen van energie-efficiëntie naar CO<sub>2</sub>-reductie heeft de positie van de warmtepomp verzwakt. Hiernaast is de warmtepomp gebaad bij een vroegtijdige planning, zeker als aanpassingen nodig zijn dicht bij het proces. Bedrijven die zonder weloverwogen CO<sub>2</sub>-reductieplan op korte termijn maatregelen moeten nemen zullen geneigd zijn voor een alternatieve technologie te kiezen. Een actieve lobby voor-, in combinatie met informatievoorziening over, de warmtepomp binnen bestaande en komende initiatieven is daarom essentieel. Een blijvend actieve lobby vergroot de kans dat bedrijven voor een warmtepomp kiezen.

## Aanbevelingen: verbetervoorstellen

Verbetervoorstellen vullen het Klimaatakkoord aan en richten zich op drie pijlers:

1. Het proactief betrekken en faciliteren van achterblijvers.
2. Het betrekken van buitenlandse bedrijven en organisaties bij het Nederlandse innovatiesysteem door ze te informeren en faciliteren.
3. Actieve lobby voor de warmtepomp richting beleid en nieuwe initiatieven.

Voorgestelde maatregelen zijn aanvullend op het maatregelenpakket uit het Klimaatakkoord. Zij richten zich op drie pijlers. Ten eerste het proactief betrekken en faciliteren van achterblijvers. Ten tweede het betrekken van buitenlandse bedrijven en organisaties bij het Nederlandse innovatiesysteem en ten derde een blijvend actieve lobby voor de warmtepomp binnen beleid en nieuwe initiatieven.

Proactief betrekken en faciliteren van achterblijvers:  
Ondanks dat het maken van een verplicht CO<sub>2</sub>-reductieplan uit het Klimaatakkoord werd geschraapt zijn bedrijven hierin te faciliteren. Bedrijven helpen bij het kiezen van een geschikte warmtepomp is hierbij een belangrijke activiteit. Ook het in detail in kaart brengen van warmtestromen is noodzakelijk van een gedegen CO<sub>2</sub>-reductieplan. Aangezien bij partijen als het Nationaal Expertisecentrum Warmte (NEW) en/of het ISPT al veel kennis aanwezig is, en beide reeds stappen hebben gezet om informatie te bundelen, zouden zij hierin een coördinerende rol kunnen vervullen. Subsidiering van deelname aan initiatieven als het ISPT warmte-integratieplatform kan helpen om achterblijvers te betrekken en om koplopers te stimuleren aldaar informatie te delen.

Ondanks dat de MJA/MEE convenanten aflopen bieden deze een kans om zoveel mogelijk bedrijven te betrekken. In een opvolgend vrijwillig convenant kan het maken van een CO<sub>2</sub>-reductieplan bijvoorbeeld als eis worden gesteld. Om meer dan alleen de kwaliteitsafdeling van bedrijven te bereiken zijn aanvullende eisen te bedenken zoals

het bespreekbaar maken van reductiemaatregelen binnen het management. De eisen voor het behalen van een CO<sub>2</sub>-prestatieladder-certificaat bieden hier mogelijke inspiratie. Ook brancheorganisaties bezitten de communicatiestructuren om veel bedrijven te bereiken.

De CO<sub>2</sub>-reductieplannen, mits inzichtelijk bij de overheid, maken het mogelijk om te inventariseren welke bedrijven in de nabije- of verdere toekomst gebruik willen maken van warmtepompen. Van deze bedrijven kan worden verwacht dat zij ook een actieve bijdrage leveren aan onderzoek- en ontwikkelingsprojecten. Als het grootschalig opstellen van CO<sub>2</sub>-reductieplannen door bedrijven niet haalbaar blijkt dan is wellicht op andere wijze te inventariseren welke bedrijven in de toekomst warmtepompen willen toepassen, met als doel om hen vervolgens te betrekken bij onderzoek- en ontwikkeling.

Tenslotte zijn leringen te trekken uit activiteiten voor stimulering van de warmtepomp voor toepassing in woningen. Het Nationaal Warmtepomp Trendrapport geeft lezers bijvoorbeeld inzicht in wat leveranciers uit binnen- en buitenland kunnen leveren, bespreekt resultaten van onderzoeksprogramma's en geeft een doorkijk naar de toekomst. Industriële bedrijven die tot dusver niet naar georganiseerde bijeenkomsten toekwamen zijn wellicht met een Trendrapport gericht op de industriële warmtepomp wel te bereiken.

Het informeren en faciliteren van buitenlandse bedrijven en organisaties: Engelstalige informatie over Nederlands beleid en subsidieregelingen is zeer schaars. Het Klimaatakkoord is één van de weinige documenten die in het Engels beschikbaar is. Dit ondanks dat sommige regelingen kansen bieden voor het demonstreren en toepassen van buitenlandse warmtepompen binnen Nederlandse industriële bedrijven. Voor het behalen van het doel van CO<sub>2</sub>-reductie maakt het immers niet uit waar technologie zijn oorsprong vindt. Implementatiesubsidies als de DEI++ vereisen weliswaar dat een Nederlandse industriële eindgebruiker de aanvraag doet, maar subsidie is mogelijk voor zowel Nederlandse als buitenlandse technologie. Het vertalen van Nederlandse subsidieregelingen naar het Engels brengt buitenlandse warmtepomp- en technologieleveranciers op de hoogte waarna zij deze onderdeel kunnen maken van hun proposities richting Nederlandse bedrijven.

Buitenlandse technologieleveranciers zijn tot op heden nauwelijks betrokken geweest bij pilotprojecten. Subsidieregelingen gericht op demonstratie zoals boven geschetst bieden reeds kansen voor deze partijen. Regelingen gericht op pilotprojecten vereisen echter dat buitenlandse technologieleveranciers aannemelijk maken dat zij de benodigde capaciteit voor het project in Nederland vrij kunnen maken, wat veelal wordt geïnterpreteerd als de noodzaak van een R&D-afdeling in Nederland. Het dient de aanbeveling om de huidige regelingen gericht op pilots, en het proces van toekenning, tegen het licht te houden met het oog op het betrekken van buitenlandse technologieleveranciers.

Naast beleidsdocumenten en regelingen kan ook het maken van een Engels informatiepakket over de warmtepomp helpen. Dit faciliteert medewerkers van Nederlandse fabrieken bijvoorbeeld bij het informeren en overtuigen van het internationale hoofdkantoor. Het in het Engels beschikbaar maken van het eerder genoemde Warmtepomp Trendrapport kan hiertoe een middel zijn. Het biedt Nederlandse technologieleveranciers tevens de kans om hun producten bij internationale industriële bedrijven kenbaar te maken, mits het Trendrapport internationaal wordt verspreid. Een bijgesloten brief vanuit de minister met daarin uitleg over het Nederlandse klimaatbeleid en beschikbare regelingen kan de informatievoorziening richting internationale hoofdkantoren kracht bijzetten.

Het Klimaatakkoord benoemt met betrekking tot waterstof de mogelijkheid tot samenwerking met buitenlandse onderzoeksinstituten. Als dergelijke

samenwerking wordt gezocht kan de mogelijkheid tot internationale samenwerking op het gebied van andere technologieën, zoals de warmtepomp, worden meegenomen.

Het effect van het betrekken van buitenlandse technologieleveranciers op de economische positie van Nederlandse toeleveranciers blijft onzeker. Recent Nederlands onderzoek richt zich op modularisatie en het integreren van warmtepompen in apparaten. Het betreft daarbij een openstaande vraag of het betrekken van internationale leveranciers die reeds modulaire systemen en/of apparaten leveren tot wegleffecten leidt. Als onderdeel van het Klimaatakkoord is een expert groep in het leven geroepen om mogelijk negatieve effecten van het Klimaatakkoord te monitoren, maar deze richt zich voor alsnog op wegleffecten bij industriële bedrijven. Deze expert groep zou zich aanvullend kunnen buigen over de vraag of Nederlandse toeleveranciers negatief worden beïnvloed door de voorgestelde oplossingsrichting.

Actieve lobby voor warmtepomp richting beleid en nieuwe initiatieven: De concurrentie van de warmtepomp met alternatieve CO<sub>2</sub>-reductietechnologieën vereist een blijvend actieve lobby voor de warmtepomp, zowel richting beleid als richting nieuwe initiatieven. Richting beleid bestaan bijvoorbeeld kansen bij het aanwijzen van de warmtepomp of warmte-integratie als 'groeimarkt' binnen het Klimaatakkoord. Weliswaar heeft de warmtepomp op het moment een prominente positie binnen de opgestelde Marsroutes, het benadrukken van de warmtepomp is bij ieder herijkmoment van belang. Als blijkt dat de warmtepomp binnen de SDE++ het onderspit delft ten opzichte van alternatieve technologieën (zoals warmtenetten) kan worden geprobeerd om aan deze technologieën grenzen te stellen, net zoals voor CCS bestaan. Het eerder genoemde Warmtepomp Trendrapport kan bijdragen aan het verspreiden van de positieve boodschap.

Het voeden van nieuwe initiatieven met informatie over de warmtepomp tijdens de oprichting vergroot de kans dat hieraan aandacht wordt gegeven tijdens de uitvoeringsfase. Afhankelijk van welke partij het Kennis- en Coördinatiepunt van de vijf regio's uit de koplopersprogramma's gaat faciliteren kan het bijvoorbeeld noodzakelijk zijn deze van informatie en input te voorzien. Als zij niet al betrokken zijn kan dit bijvoorbeeld plaatsvinden vanuit bestaande initiatieven als het NEW of het ISPT warmte-integratie platform.

Ook internationaal blijft het van belang om tijdens de herzieningen van regelgeving een vinger aan de pols te houden. Binnen de nieuwe toewijzingsregels voor gratis rechten binnen het EU-ETS had het bijvoorbeeld weinig gescheeld of bedrijven kregen geen gratis rechten voor warmtepompen, een situatie die nog steeds bestaat voor de elektrische boiler. Hiernaast biedt de herziening van de Best Available Technology (BAT) binnen de Europese BREFS kansen. Als het integreren van een warmtepomp binnen een droogapparaat binnen het PINCHED-project succesvol is kan deze bijvoorbeeld als BAT worden aangedragen.

Afsluitende woorden: De analyse van het Nederlandse warmtepomp innovatiesysteem zoals in deze rapportage gepresenteerd maakte duidelijk dat belangrijke barrières gelegen zijn buiten Nederland. Ontwikkelingen binnen het internationale speelveld beïnvloeden vooral de bereidheid of mogelijkheid van industriële bedrijven om te verduurzamen negatief. De besproken verbetervoorstellen vallen vanwege haalbaarheid allen binnen het mandaat van Nederlandse partijen en zijn aanvullend aan het Klimaatakkoord. Het resulterende maatregelenpakket ondersteunt het functioneren van het innovatiesysteem en draagt daarmee positief bij aan verdere ontwikkeling en implementatie van warmtepompen in Nederland. De toekomst van de warmtepomp in Nederland blijft echter sterk afhankelijk van de keuzes die internationale partijen maken en daarmee omgeven met onzekerheid.

## Openbare publicaties

1. Website Topsector energie: <https://projecten.topsectorenergie.nl/projecten/versnelling-energietransitie-realisatie-aanpak-00027645>
2. Website ISPT: <https://www.ispt.eu/clusters/social-acceptance-cluster/social-acceptance-industrial-symbiosis/>
3. Website RVO: <https://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/projecten/versnelling-energietransitie-realisatie-aanpak>

Het openbare eindrapport is te downloaden via de ISPT website. De communicatie-uitingen zijn kosteloos verkrijgbaar via de aangegeven websitelinks.

Contactpersoon voor meer informatie: Alco Kieft (A.C.Kieft@uu.nl).

Contactpersoon voor vervolg project PINCHED: Peter de Jong (Peter.deJong@ispt.eu).

Contactpersoon voor warmte integratieplatform: Annita Westenbroek (Annita.Westenbroek@ispt.eu).

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

---