

Stand van onderzoekopdrachten en innovatiesubsidieprojecten in Nederland rond ZLT: overzicht van lopende en afgeronde projecten

Een inventarisatie van innovatieopdrachten en -projecten rond zeer lage temperatuur (ZLT) warmte- en koudnetten, met aandacht voor doelen, betrokken partijen en resultaten.

Auteur: Pien Esmeijer, Innovatieanalist Duurzame Warmte en Koude

Publicatie: november 2025

De warmtetransitie vraagt om snelheid én slimme oplossingen. In 2030 moeten 1,5 miljoen woningen aardgasvrij zijn, waarvoor grote programma's lopen op het gebied van woningisolatie, hybride warmtepompen (verplicht bij cv-vervanging vanaf 2026), en 500.000 extra aansluitingen op warmtenetten. Tegelijkertijd stagneert de uitvoering door knelpunten, zoals netcongestie bij de grootschalige inzet van individuele warmtepompen en de complexiteit van warmtenetten in bestaande bouw. Juist in dat speelveld kunnen zeerlagetemperatuursystemen (ZLT-uitwisselingsnetten) een waardevolle aanvulling zijn. Ze bieden kansen voor collectieve verduurzaming zonder directe netverzwaring en kunnen flexibiliteit bieden in timing en schaalgrootte. In zijn positionpaper beschrijft Robert Jan van Egmond (TKI Urban Energy) hoe ZLT-netten kunnen bijdragen aan een haalbare en betaalbare warmtetransitie, en welke vervolgstappen nodig zijn.

Waarom dit overzicht

Deze projectinventarisatie geeft een actueel overzicht van lopende en afgeronde onderzoekopdrachten en innovatieprojecten rond ZLT in een subsidieregeling in Nederland en maakt inzichtelijk waar kansen liggen, welke partijen actief zijn en wat de eerste resultaten opleveren voor de ontwikkeling van ZLT in Nederland. Daarnaast brengt het overzicht de **overkoepelende kennishiaten en ontwikkelopgaven voor de warmtetransitie** in beeld, om richting te geven aan toekomstige onderzoek- en innovatieagenda's. Meer informatie en de positionpaper van Robert Jan van Egmond vindt u [hier](#).

Wat u kunt verwachten

Dit document start met een samenvattende analyse van de belangrijkste inzichten, kennishiaten en ontwikkelopgaven die uit de inventarisatie naar voren komen. Deze conclusie biedt richting aan vervolgonderzoek en innovatie binnen de warmtetransitie. Daarna volgt een overzicht van de onderliggende onderzoekopdrachten en innovatieprojecten die aan deze analyse ten grondslag liggen. Deze zijn in de bijlagen opgenomen en onderscheiden naar type (onderzoekopdrachten en innovatieprojecten),

met vermelding van doelen, betrokken partijen en eerste resultaten. Daarvoor is bovendien een totaaloverzicht opgenomen van alle onderzochte initiatieven.

Overkoepelende kennishiaten en ontwikkelopgaven voor de warmtetransitie

De verzamelde onderzoeken binnen het thema zeerlaagtemperatuur (ZLT)- en lage-temperatuur (LT) warmtenetten laten zien dat de technische mogelijkheden snel toenemen, maar dat de kennisbasis voor grootschalige toepassing nog onvolledig is. Over de volle breedte komt naar voren dat de volgende fase in de warmtetransitie niet primair technisch, maar systeemmatig en institutioneel van aard is: de afzonderlijke componenten werken, maar de samenhang tussen techniek, gedrag, governance en beleid vraagt verdere ontwikkeling.

Een eerste kennislijn betreft de **onzekerheden in ontwerp- en rekenmodellen**.

Verschillende studies (zoals *Vergelijking warmte-koudeconfiguraties*, *ABLE*, *DIAMETER* en *MaxFlex-ZLT*) tonen aan dat huidige tools nog onvoldoende rekening houden met integratie van koeling, flexibiliteit, seizoensbalans en groeifasen in netten. Modellen worden nog te weinig gevalideerd met praktijkdata en sluiten niet altijd aan op beleidskeuzes. De opgave ligt in het harmoniseren van rekenregels, koppelen van modelresultaten aan besluitvorming, en het benutten van data uit gerealiseerde netten om deze modellen betrouwbaarder te maken.

Een tweede kennislijn gaat over **klimaatadaptatie, comfort en gezondheid**. Onderzoeken van *Weather Impact*, *KNMI*, *Koeling in woningen* en *Nieman* laten zien dat we steeds beter kunnen voorspellen hoe warmere zomers en mildere winters de warmte- en koudevraag beïnvloeden, maar dat de vertaalslag naar gebouw- en wijkniveau nog beperkt is. Er is behoefte aan eenduidige grenswaarden, beoordelingsmethoden en praktische richtlijnen voor thermisch comfort en gezondheid, waarin gedrag, gebouwo ontwerp en klimaatverandering integraal worden meegenomen.

Een derde kennislijn betreft **praktische haalbaarheid, opschaling en kosten**. Projecten zoals *Tapwateropties bij LT-warmtenetten*, *Aanlegkosten MT/ZLT-netten* en *ZLT Voorbeeldenboek* tonen dat technische oplossingen beschikbaar zijn, maar dat kennis over kostenvergelijking, levensduur, beheer, hygiëne en schaalbaarheid nog versnipperd is. De startanalyse, Arcadis database en nationale kengetallen bij RVO dragen bij aan een nationale kostenbibliotheek, maar praktijkmonitoring en gestandaardiseerde prestatie-indicatoren zijn nog nodig om gemeenten en ontwikkelaars te helpen bij investeringskeuzes en aanbestedingen.

Daarnaast komt sterk naar voren dat **de koppeling tussen warmte en elektriciteit** nog onvoldoende wordt benut. Uit onder meer *KoWaNet*, *MSG Warmtenetten & Netcongestie* en

MaxFlex-ZLT blijkt dat warmtenetten veel kunnen bijdragen aan flexibiliteit en netontlasting, maar dat kennis over hybride dimensionering, data-uitwisseling en marktwaardering van flexibiliteit nog beperkt is. Hier ligt een duidelijke onderzoekopgave in netbewust ontwerpen, standaardisatie van datakoppelingen en governance-modellen waarin warmte- en elektriciteitssector structureel samenwerken.

Een vierde kennislijn richt zich op **institutionele innovatie**. Dit verwijst naar het ontwikkelen van nieuwe vormen van organisatie, samenwerking, besluitvorming en regelgeving die beter aansluiten bij de maatschappelijke en technologische veranderingen van de energietransitie. Het gaat hierbij niet om technologische vernieuwing, maar om governance: hoe we het systeem organiseren — wie mag wat doen, wie beslist waarover, en hoe risico's, baten en verantwoordelijkheden worden verdeeld.

Projecten zoals Joule4Joule, CHILL, Future Search en ZLT-uitwisselnetten laten zien dat de warmtetransitie vraagt om vernieuwde vormen van eigendom, besluitvorming en gezamenlijke exploitatie. Publiek-private samenwerkingen (PPS) bestaan al langer, maar de context verandert: waar het energiesysteem in het fossiele tijdperk grotendeels centraal georganiseerd was, verschuift de focus nu naar decentrale, lokale en vaak collectieve energiesystemen. Daarmee komt de vraag op hoe lokaal eigendom van bewoners zich verhoudt tot de rol van grote institutionele partijen, en hoe bestaande juridische en organisatorische structuren daarop kunnen worden aangepast.

De uitdaging voor TKI Urban Energy en de sector ligt dus niet zozeer in het opbouwen van kennis vanaf nul, maar in het doorontwikkelen en toepasbaar maken van nieuwe governance-modellen, juridische formats en samenwerkingsplatforms die deze veranderende verhoudingen hanteerbaar maken — en zo ruimte bieden aan een eerlijk, schaalbaar en maatschappelijk gedragen warmtesysteem.

Een belangrijk aanvullend kennisthema dat in vrijwel alle projecten onderbelicht blijft, is **de circulaire dimensie van de warmtetransitie**. Hoewel veel studies zich richten op energieprestaties en systeemrendement, is er nog nauwelijks inzicht in de materiaalstromen, milieubelasting en hergebruikspotentie van warmtenetten en klimaatinstallaties. De grondstoffentransitie vraagt om meer kennis over de milieuprestaties van verschillende buistypen, isolatiematerialen, putontwerpen en regeltechniek over hun gehele levenscyclus, inclusief aanleg, onderhoud en demontage.

Voor TKI Urban Energy en de sector ligt hier de opgave om circulariteit structureel te integreren in onderzoeksprogramma's en beoordelingskaders. Dat betekent onder meer:

- het ontwikkelen van **ontwerprichtlijnen en rekenmodellen** die materiaalgebruik, herbruikbaarheid en levensduurverlenging kwantificeren (waar het NIBE vroeger richting gaf, ontbreekt nu een vergelijkbaar kader voor energiesystemen);
- het opzetten van een **nationale materiaal- en milieudatabase** voor warmte- en koudnetten;
- het stimuleren van **circulaire businessmodellen**, zoals componenten-as-a-service en gedeeld eigenaarschap, die onderhoud en hergebruik financieel aantrekkelijk maken;
- en het verankeren van circulariteit in aanbesteding, vergunningverlening en subsidiecriteria, zodat grondstoffenefficiëntie een integraal onderdeel wordt van de warmtetransitie.
- Zorgen dat **milieubelasting van grondstoffen- en materiaalgebruik** meegenomen wordt in afweging voor technische alternatief voor aardgas door gemeenten.

Door energie-, systeem- én materiaalvraagstukken samen te beschouwen, kan de warmtetransitie niet alleen fossielvrij, maar ook grondstofarm en toekomstbestendig worden vormgegeven.

Tot slot blijkt uit projecten als *Joule4Joule*, *PEDFriendship* en *ABLE* dat er nog veel te leren valt over **integrale, gebiedsgerichte aanpakken** waarbij warmte, koude, opslag en gebruikersgedrag samenkomen. Er is behoefte aan pilots, living labs en open data-infrastructuren waarin technische, sociale en bestuurlijke inzichten worden gekoppeld.

De onderstaande opgaven vragen om een gezamenlijke inspanning van beleid, markt en kennisinstellingen. TKI Urban Energy vervult hierin een gidsfunctie: door richting te geven, partijen te verbinden en anderen te activeren om deze thema's op te pakken binnen bijvoorbeeld nieuwe innovatie- en subsidieprojecten. Zo kan het kennis- en innovatielandschap rondom duurzame warmte en koude zich verder ontwikkelen in samenhang en tempo. Samengevat ligt de ontwikkelopgave in het:

1. **Valideren en standaardiseren** van reken- en ontwerptools voor (Z)LT-netten met praktijkdata.
2. **Integreren van klimaatadaptatie en gezondheid** in de technische en beleidsmatige ontwikkeling van warmte- en koelsystemen.
3. **Versterken van kennis over kosten, prestaties en opschaling** via monitoring en nationale referentiekaders.
4. **Ontwikkelen van netbewuste, flexibele energiesystemen** waarin warmte en elektriciteit als één geheel worden beschouwd.
5. **Institutionaliseren van systeemoverleg en gezamenlijke governance** tussen beleid, markt en kennisinstellingen.
6. **Verankeren van circulariteit en grondstoffenefficiëntie** als integraal onderdeel van ontwerp, financiering en beleid voor warmte- en koudenetten.

Door deze kennislijnen verder te ontwikkelen, kan de sector de stap zetten van losse innovaties naar een samenhangende, schaalbare en maatschappelijk rendabele infrastructuur voor duurzame warmte en koude. Zo kan de warmtetransitie zich ontwikkelen tot een systeem dat niet alleen fossielvrij, maar ook circulair, grondstoffefficiënt en toekomstbestendig is.

Opgaven voor TKI Urban Energy

1. Standaarden & Validatie

Stimuleren van harmoniseren van rekenregels en ontwerpmethodieken tussen tools (zoals GSD Heat, COLONY, Vesta MAIS) en valideer deze met praktijkdata uit gerealiseerde netten. Stimuleren van de bouw van een nationale kosten- en prestatiebibliotheek op voor aanleg, beheer, onderhoud en levensduur van (Z)LT-netten. Eenduidige methodieken en gevalideerde data vergroten de betrouwbaarheid van ontwerpkeuzes, maken projecten beter vergelijkbaar en versterken de onderbouwing van beleid en investeringsbeslissingen.

2. Klimaatadaptief & Gezond Ontwerpen

Integreer comfort, gezondheid en klimaatadaptatie structureel in ontwerp- en beleidsrichtlijnen, zodat toekomstige warmtenetten bestand zijn tegen extremere

weersomstandigheden en voldoen aan gezondheidsnormen. De invloed van klimaatverandering op binnenklimaat en warmte- en koudevraag neemt toe; alleen door deze factoren vroegtijdig te integreren blijven lokale energiesystemen toekomstbestendig, energiezuinig en comfortabel voor bewoners.

3. Intergrale wijkenergiesystemen

Stimuleer pilots en kennisontwikkeling voor netbewuste systemen waarin warmte, koude en elektriciteit integraal worden ontworpen, met aandacht voor flexibiliteit en netontlasting. Door warmte en elektriciteit als één systeem te benaderen, kan beter worden ingespeeld op netcongestie, piekbelasting en duurzame bronintegratie — essentieel voor een stabiel, efficiënt energiesysteem.

4. Nieuwe Governance & Eigendom

Ontwikkel juridische formats, businessmodellen en samenwerkingsvormen die modulaire groei, gedeeld eigenaarschap en lokale deelname mogelijk maken. De warmtetransitie vraagt om nieuwe organisatorische vormen waarin publieke, private en lokale partijen samen investeren en profiteren, wat het draagvlak en de uitvoerbaarheid van projecten versterkt.

5. Structureel Systemeverleg

Institutionaliseer overleg tussen beleid, markt en kennisinstellingen om richtinggevende principes, gezamenlijke kennisagenda's en integrale besluitvorming in de warmtetransitie te versterken. De transitie verloopt sneller en consistentter wanneer actoren op basis van gedeelde kennis en doelen werken; dit voorkomt versnippering en bevordert opschaling van bewezen oplossingen.

6. Circulariteit & Grondstoffentransitie

Veranker materiaalbewust ontwerpen, levensduurverlenging en hergebruik in onderzoeksprogramma's en beleidscriteria. Ontwikkel richtlijnen en databronnen die milieuprestaties en circulariteit van warmte- en koudenetten inzichtelijk maken. De warmtetransitie is pas duurzaam als zij ook grondstofefficiënt is; inzicht in materiaalstromen en levensduur maakt hergebruik, recycling en lagere milieubelasting mogelijk.

Aanbevelingen voor andere partijen in de sector

Voor beleidsmakers (VRO, KGG, Gemeenten, Provincies, Waterschappen)

1. ZLT volwaardig in beleid & modellen

Neem zeerlaagtemperatuurnetten (ZLT) expliciet op in nationale beleidsmodellen zoals de Startanalyse en in het ondersteuningsaanbod richting gemeenten binnen het Nationaal Programma Lokale Warmtetransitie (NPLW). Dit zorgt ervoor dat ZLT als volwaardige optie wordt meegenomen in de lokale warmtetransitie en voorkomt dat innovatieve, energiezuinige concepten buiten beeld blijven.

2. Nationaal kader voor (Z)LT-netten

Ontwikkel een uniform beleids- en kwaliteitskader met heldere definities, normen en prestatie-eisen voor LT en ZLT-netten. Gemeenten en provincies kunnen hierdoor consistente keuzes maken, wat de vergelijkbaarheid tussen projecten vergroot en de leercurve versnelt.

3. Integrale, gebiedsgerichte benadering

Stimuleer beleid waarin warmteplanning, klimaatadaptatie, circulariteit en netcongestie samen worden bekeken en ook ruimtegebruik, gezondheid etc. ik zou eerder zeggen, maak een lokaal afwegingskader op basis van criteria die belangrijk zijn en neem ieder geval mee. Een integrale benadering voorkomt suboptimale keuzes en maakt efficiënter gebruik van ruimte, infrastructuur en materialen.

4. Versnellen via subsidies & experimenteerruimte

Gebruik regelingen en fondsen om modulaire netten, gedeeld eigenaarschap en flexibele businessmodellen te stimuleren. Praktijkervaring met innovatieve vormen van organisatie en financiering versnelt beleidsvernieuwing en marktacceptatie.

5. Circulariteit als beleidsvoorwaarde

Neem materiaalgebruik, herbruikbaarheid en milieuprestaties op in aanbestedingen, vergunningen en subsidieregelingen. Dit versnelt de grondstoffentransitie, vermindert milieubelasting en bevordert duurzame ontwerpkeuzes in warmte-infrastructuur.

6. Leren door kennisdeling & monitoring

Faciliteer regionale leerprogramma's, landelijke kennisplatforms en open data-uitwisseling over prestaties van warmte- en koudenetten. Door systematisch te leren van bestaande projecten kunnen regio's fouten voorkomen, sneller opschalen en beter beleid formuleren.

Voor modellers en kennisinstellingen (PBL, adviesbureaus, universiteiten)

1. Ontwikkel interoperabele modelplatforms

Zorg dat rekenmodellen voor warmte, koude, elektriciteit en gedrag gegevens kunnen uitwisselen. Dit maakt integrale scenarioanalyses en beleidsafwegingen betrouwbaarder.

2. Valideer modellen met praktijkdata

Gebruik meetdata van gerealiseerde netten voor kalibratie en validatie. Dit verhoogt de nauwkeurigheid van beleids- en investeringsbeslissingen.

3. Integreer circulariteit en materiaalstromen in modellering

Neem levenscyclusimpact en grondstoffenefficiëntie op in modelkaders. Warmtenetten zijn infrastructuur; hun milieuwinst hangt niet alleen af van CO₂ maar ook van materiaalgebruik.

4. Ontwikkel gebruikersvriendelijke tools voor gemeenten en ontwikkelaars

Vertaal complexe modellering naar beslisondersteunende instrumenten (zoals quickscans en scenariovergelijkingen). Hiermee worden inzichten sneller benut in de praktijk.

5. Ontwerp standaarddatasets voor klimaatscenario's en stedelijke context

Maak uniforme klimaatgegevens beschikbaar voor simulatie van binnenklimaat, comfort en vraagprofielen. Dit zorgt voor consistentie in beleidsstudies en ontwerpbeslissingen.

Voor ondernemers en ontwikkelaars

1. Investeer in modulair en uitbreidbaar netontwerp

Ontwikkel systemen die stapsgewijs kunnen groeien met de warmtevraag. Dit verlaagt het risico in de aanloopfase en maakt projecten financierbaar.

2. Gebruik levenscyclusdenken als ontwerpprincipe

Kies materialen en componenten op basis van hergebruik en onderhoudbaarheid. Dit verlaagt kosten op lange termijn en vergroot de duurzaamheid van het businessmodel.

3. Ontwikkel circulaire verdienmodellen

Denk aan componenten-as-a-service, leasing van installaties of gedeelde eigendomsvormen. Zo ontstaat een stabielere kasstroom en een prikkel om kwaliteit te leveren.

4. Werk samen met netbeheerders en gemeenten aan flexibele netten

Combineer warmte- en elektriciteitsoplossingen in ontwerp en exploitatie. Warmtenetten kunnen netcongestie verminderen en flexibiliteit leveren, wat nieuwe inkomstenstromen opent.

5. Documenteer en deel praktijkervaringen

Publiceer technische en organisatorische leerpunten via sectorplatforms (zoals Warmtenetwerk of TKI). Dit versnelt kennisopbouw en legitimeert de sector richting beleid.

Voor onderzoekers

1. Onderzoek gedrag, comfort en adaptatie op wijkniveau

Combineer meetdata met gedragsinzichten voor een realistischer beeld van comfort en energievraag. Dit maakt ontwerprichtlijnen mensgerichter en effectiever.

2. Koppel technische en maatschappelijke indicatoren

Ontwikkel evaluatiekaders die duurzaamheid, betaalbaarheid en rechtvaardigheid samen wegen. De maatschappelijke legitimiteit van de warmtetransitie hangt af van deze balans.

3. Onderzoek de interactie tussen warmtenetten en elektriciteitsnetten

Bestudeer regelstrategieën, flexibiliteitsmarkten en systeemintegratie. Dit biedt onderbouwde handvatten voor beleidsaanpassingen en marktontwerp.

4. Ontwikkel richtlijnen voor circulair ontwerp en materiaalgebruik

Kwantificeer milieu-impact, levensduur en hergebruikspotentie van warmtenetcomponenten. De grondstoffentransitie is een cruciale randvoorwaarde voor duurzame infrastructuur.

5. Start praktijkpilots en living labs

Combineer technologische innovatie met sociaal en bestuurlijk experiment. Dit versnelt de leercurve en verbindt onderzoek direct met beleid en marktontwikkeling.

Kansen

De huidige onderzoeksresultaten laten zien dat zeerlaagtemperatuur (ZLT)-systemen een veelbelovend perspectief bieden voor de volgende fase van de warmtetransitie. Ze combineren technische haalbaarheid met maatschappelijke meerwaarde en kunnen een sleutelrol spelen in de koppeling tussen verduurzaming, netstabiliteit en leefkwaliteit.

Netbewuste infrastructuur

ZLT-systemen maken slim gebruik van lokale warmte- en koudebronnen, seizoensopslag en uitwisseling tussen gebouwen. Hierdoor verlagen ze de druk op het elektriciteitsnet, juist op momenten van piekbelasting. In een energiesysteem dat steeds meer wordt geëlektrificeerd,

biedt dit een robuuste manier om netcongestie te beperken en systeemefficiëntie te vergroten.

Gefaseerde en schaalbare uitrol

Door hun lage temperatuur en modulaire karakter kunnen ZLT-netten gefaseerd worden uitgerold, ook in bestaande wijken, zonder ingrijpende infrastructuurvernieuwing. Dit maakt ze aantrekkelijk voor gemeenten die stapsgewijs willen verduurzamen. Op dit moment is er echter nog slechts een handvol aanbieders actief in deze markt. Een voorbeeld is De Warmtemaatschappij. Verdere marktontwikkeling en onderzoek naar opschalingsmodellen zijn nodig om het aanbod te vergroten en concurrentie te stimuleren.

Systeemintegratie

ZLT sluit naadloos aan op innovatieve bronnen zoals bodemenergie, aquathermie en lokale warmtecollectoren. Door koppeling met opslag (zoals WKO-systemen of faseovergangsmaterialen) en slimme regelstrategieën kunnen vraag en aanbod nog beter in balans worden gebracht. Hiermee vormt ZLT een cruciale bouwsteen voor integrale, circulaire energiesystemen, waarin warmte, koude en elektriciteit in samenhang worden benut.

Comfort en gezondheid

Onderzoek naar comfort en koeling onderstreept dat ZLT-netten bijdragen aan gezonde en aangename binnenklimaten, vooral in een opwarmend klimaat. De mogelijkheid om te koelen via het net maakt deze systemen toekomstbestendig en vergroot het wooncomfort, zonder dat dit gepaard gaat met hoge energievraag of geluidsoverlast door individuele airco's.

Maatschappelijke waarde

ZLT-netten blijken niet alleen financieel concurrerend te kunnen zijn, maar dragen ook bij aan sociale rechtvaardigheid, ruimtelijke kwaliteit en energiezekerheid. Door lokale bronnen te benutten en samenwerking tussen bewoners, bedrijven en overheden te stimuleren, ontstaat eigenaarschap en draagvlak. Daarmee bieden ZLT-systemen een manier om de warmtetransitie rechtvaardiger, inclusiever en veerkrachtiger vorm te geven.

Strategische richting

De kansen van ZLT liggen in hun vermogen om technische innovatie te koppelen aan systeemverandering: slimmer omgaan met netcapaciteit, circulair ontwerpen en lokale samenwerking stimuleren. De komende jaren zijn cruciaal om ZLT een structurele plek te geven in de Nederlandse warmtetransitie. Het fundament is gelegd—er is basiskennis over technische mogelijkheden, pilots tonen de eerste resultaten en de maatschappelijke meerwaarde wordt steeds beter inzichtelijk. De volgende stap is versnellen, standaardiseren en leren van de praktijk, waarbij TKI Urban Energy, beleid, markt en kennisinstellingen gezamenlijk werken aan toepassing in de bestaande gebouwde omgeving, validering met praktijkdata en de ontwikkeling van integrale reken- en ontwerptools. Met het gezamenlijke ZLT-stimuleringsprogramma van het Nationaal Programma Lokale Warmtetransitie (NPLW), TKI Urban Energy en RVO wordt kennis versterkt, gemeenten en ontwikkelaars ondersteund en een robuust kader voor ontwerp, uitvoering en governance gecreëerd. Zo kan ZLT uitgroeien tot een volwaardige, betrouwbare en toekomstbestendige pijler van de nationale warmte- en koudenetwerkstrategie.

Totaaloverzicht ZLT onderzoekopdrachten en innovatiesubsidieprojecten in Nederland

Tabel 1. Overzicht van alle onderzoekopdrachten en innovatiesubsidieprojecten in Nederland rond ZLT die bekend zijn binnen de Topsector Energie. Ze vormen samen de huidige nationale kennisbasis rondom (Z)LT-warmtenetten. De indeling in zes kennislijnen laat zien waar de nadruk van onderzoek tot nu toe ligt en waar de grootste kennislücken nog bestaan.

| Categorie | Kern van de kennisontwikkeling | Afgerond | Lopend | Kennisopgave |
|---|--|---|--|--|
| 1. Vraagontwikkeling & Toekomstbestendigheid | Inzicht krijgen in warmtevraag, koudevraag en comfort onder veranderend klimaat; relatie tussen gedrag, gezondheid en gebouwontwerp. | <p>Ontwikkeling van koudevraag van woningen</p> <p>Impact van klimaatscenario's op de warmte- en koudevraag voor de gebouwde omgeving (vooronderzoek Weather Impact)</p> <p>De impact van klimaatscenario's op de warmte- en koudevraag voor de gebouwde omgeving (KNMI)</p> <p>Koeling in woningen i.r.t. gedrag, comfort & gezondheid</p> <p>Klimaatadaptatie verduurzaming gebouwde omgeving</p> | PEDFriendship | Ontwikkelen van integrale beoordelingsmethoden voor comfort, gezondheid en klimaatadaptatie op wijkniveau. |
| 2. ZLT in rekenmodellen & afwegingskaders | Ontwikkelen en verbeteren van reken- en ontwerptools die (Z)LT-netten realistisch simuleren en vergelijken. | <p>Criteria voor onderlinge vergelijking van warmtenetconfiguraties</p> <p>LCA warmteconfiguraties (vervolgstudie "Criteria voor onderlinge vergelijking..."). Relevant voor: Categorie 'Circulariteit & grondstoffent transitie' (inzicht in milieuprestaties, LCA-methodiek)</p> | <p>ABLE</p> <p>DIAMETER</p> <p>ZLT-quickscan</p> <p>Aanlegkosten voor MT en ZLT-netten</p> | Harmonisatie en validatie van modellen met praktijkdata, betere koppeling tussen modeluitkomsten en beleidsafwegingen zodat resultaten direct bruikbaar zijn voor strategische en lokale besluitvorming. |

| | | | | |
|---|---|---|-------------|--|
| | | Vergelijking warmte-koude configuraties Maatschappelijke rentabiliteit van ZLT-uitwisselnetten: een groeps-multicriteria-analyse | | |
| 3. Praktijktoepassing & Opschaling | Focus op toepasbaarheid, kosten, aanleg, beheer, tapwater en schaalbaarheid van (Z)LT-netten. | Tapwateropties bij LT-warmtenetten ZLT Voorbeeldenboek: ZLT-warmte- en koudenetten in de praktijk | | Opzetten van nationale kosten- en prestatiebibliotheek; ontwikkelen van standaarden voor monitoring en levensduur. |
| 4. Systemintegratie & Flexibiliteit | Combineren van warmte, koude, opslag en elektriciteit; benutten van flexibiliteit voor netontlasting. | KoWaNet D2GRIDS: Duurzame verwarming en koeling van steden Inspiratieboek warmtenetten & netcongestie | MaxFlex ZLT | Ontwikkelen van hybride dimensioneringsmethoden, datakoppelingen en businesscases voor flexibiliteit. |
| 5. Governance, Samenwerking & Institutionele Innovatie | Nieuwe eigendoms-, besluitvormings- en samenwerkingsvormen binnen de warmtetransitie. | Joule4Joule CHILL The Future Search | | Ontwikkelen van governance-modellen, juridische formats en organisatorische structuren voor gedeeld eigenaarschap en modulaire groei. |
| 6. Circulariteit & Grondstoffentransitie | Bewust omgaan met materiaalgebruik, levensduurverlenging en hergebruik in warmtenetten. | Geen* | Geen* | Integreren van circulariteit als volwaardige beoordelingsdimensie in ontwerp, modellering en beleidsafwegingen – inclusief ontwikkeling van materiaal- en milieudatabase, ontwerprichtlijnen en circulaire businessmodellen. |

* Nog nauwelijks expliciet onderzocht als zelfstandig thema, maar wel thema-overstijgend relevant. De circulaire dimensie van warmtenetten – materiaalgebruik, herbruikbaarheid, milieuprestaties en levensduur – komt slechts zijdelings aan bod in verschillende projecten. Zo biedt de onderzoeksopdracht Aanlegkosten MT/ZLT-netten waardevolle inzichten in materiaalkeuze en aanlegmethoden, die directe invloed hebben op milieubelasting en hergebruikspotentie. Het ZLT Voorbeeldenboek documenteert levensduurervaringen en onderhoudsvraagstukken uit bestaande projecten, wat aanknopingspunten geeft voor ontwerp- en vervangingsstrategieën met een langere levensduur. Daarnaast vormt de onderzoeksopdracht LCA warmteconfiguraties een belangrijke brug tussen technische vergelijking en milieuprestatieanalyse: het maakt zichtbaar hoe verschillende nettypen scoren op CO₂-uitstoot en materiaalimpact over hun levenscyclus.

Onderzoeksopdrachten

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gepresenteerd van alle onderzoeksopdrachten in Nederland rond ZLT (**Tabel 2**). Vervolgens worden per onderzoeksopdracht de betrokken partijen, looptijd, onderzoeksvraag/doel, aanpak, gebruikte rekenmethode, een samenvatting over de resultaten die uit het onderzoek voortkomen, relevante hyperlinks en een conclusie over kennishiaten en benodigde vervolgacties toegelicht.

Tabel 2. Een chronologisch overzicht, inclusief samenvatting, van de afgeronde en lopende onderzoeksopdrachten in Nederland rond ZLT.

| Titels | Samenvatting |
|---|--|
| Afgerond | |
| Ontwikkeling van koudevraag van woningen | Onderzoekt hoe de vraag naar koeling zich ontwikkelt door betere isolatie, veranderend gebruik en klimaatverandering. |
| Criteria voor onderlinge vergelijking van warmtenetconfiguraties | Ontwikkelt een methodiek om verschillende warmtenetconcepten objectief te vergelijken op prestaties, kosten en duurzaamheid. |
| LCA warmteconfiguraties (vervolgstudie "Criteria voor onderlinge vergelijking van warmtenet configuraties") | Vergelijkt de milieuprestaties van verschillende warmtenetconfiguraties over hun volledige levenscyclus. |
| Impact van klimaatscenario's op de warmte- en koudevraag voor de gebouwde omgeving (vooronderzoek Weather Impact) | Brengt in kaart hoe toekomstige klimaatscenario's de warmte- en koudevraag in gebouwen beïnvloeden. |
| De impact van klimaatscenario's op de warmte- en koudevraag voor de gebouwde omgeving (KNMI) | Levert gedetailleerde klimaatscenario's en temperatuurextremen als input voor energiemodellering en beleidsplanning. |
| Koeling in woningen i.r.t. gedrag, comfort & gezondheid | Onderzoekt de relatie tussen binnenklimaat, bewonersgedrag en gezondheid bij toenemende koelingsbehoefte. |
| Tapwateropties bij LT warmtenetten | Vergelijkt technische oplossingen voor warm tapwaterbereiding bij lage aanvoertemperaturen (<65°C). |
| Maatschappelijke rentabiliteit van ZLT-uitwisselnetten: Een groeps-multicriteria-analyse | Analyseert de maatschappelijke meerwaarde van ZLT-netten als basisinfrastructuur in verschillende wijktypen. |
| ZLT Voorbeeldenboek: ZLT-warmte- en koudenetten in de praktijk | Documenteert ervaringen, uitdagingen en lessen uit negen operationele ZLT-projecten in binnen- en buitenland. |
| Vergelijking warmte-koude configuraties | Vergelijkt prestaties van verschillende warmte- en koudeconfiguraties onder uiteenlopende lokale omstandigheden. |
| Klimaatadaptatie verduurzaming gebouwde omgeving | Onderzoekt risico's op oververhitting en ontwikkelt richtlijnen voor klimaatadaptief en comfortabel bouwen. |
| The Future Search | Brengt belanghebbenden samen om gezamenlijke principes en systeeminzichten voor de warmtetransitie te formuleren. |

| | |
|--|--|
| Inspiratieboek warmtenetten & netcongestie | Laat zien hoe warmtenetten kunnen bijdragen aan vermindering van netcongestie en flexibiliteit in energiesystemen. |
| Lopend | |
| Aanlegkosten voor MT en ZLT netten | Berekent reële aanlegkosten en afhankelijkheden van lokale omstandigheden voor verschillende nettypen. |
| ZLT-quickscan | Ontwikkelt een laagdrempelig instrument waarmee gemeenten de potentie van ZLT-netten kunnen verkennen. |

Ontwikkeling van koudevraag van woningen

Betrokken partijen

W/e adviseurs

Looptijd

Opgeleverd Q2 2018.

Onderzoeksvraag/doel

In de transitie naar een duurzame warmtevoorziening en te ontwikkelen innovaties daarvoor, is het van belang te weten hoe de koude- en comfortvraag zich zal ontwikkelen. Wat is daarbij de invloed van externe factoren als demografische ontwikkelingen en het buitenklimaat? In hoeverre is de behoefte aan koude een comfortkwestie (luxevraagstuk) of juist een noodzaak?

Aanpak

De verkenningen in de factsheets zijn geschreven op basis van een korte literatuurstudie en (telefonische) interviews met experts. Bronnen worden aan het eind van elke factsheet vermeld. Voorlopige conclusies zijn gedeeld en aangescherpt in een kennissessie op 1 maart 2018 met relevante stakeholders. De factsheets worden voorafgegaan door samenvattende conclusies en aanbevelingen.

Gebruikte rekenmethode

Rekenmethodiek vanuit EPG/EPG-NV en warmtewet.

Resultaten

Deze rapportage is een bundeling van 5 factsheets waarin mogelijke ontwikkelingen geschetst zijn van de vraag naar koeling in woningen en het energiegebruik dat daarmee samenhangt. De focus ligt daarbij eerst op enkele externe ontwikkelingen die de koudevraag beïnvloeden ('Klimaatverandering en demografie'), vervolgens op de invloed van het ontwerp van het gebouw zelf ('Effecten van ontwerp van het gebouw') en op de gebruikers ervan ('Effecten van consumentengedrag'). De vierde factsheet geeft een kwantitatieve inschatting van energiegebruik en -kosten van koude-opwekking. De laatste factsheet ('Wet-

en regelgeving') geeft een overzicht van 'flankerend beleid' dat raakt aan koudelevering zoals de eisen die gesteld worden aan temperatuuroverschrijdingen in woningen.

Hyperlinks

- <https://topsectorenergie.nl/nl/kennisbank/ontwikkeling-koudevraag-van-woningen/>

Conclusie kennishiaten en benodigde vervolgacties

De studie laat zien dat de koudevraag in woningen toeneemt door klimaatverandering, verstedelijking en beter geïsoleerde gebouwen. Gebouwontwerp en bewonersgedrag bepalen sterk hoe groot die vraag daadwerkelijk wordt. Hoewel de energievraag voor koeling nu nog beperkt is, groeit deze snel en ontbreekt een duidelijk beleidskader om oververhitting en koudevoorziening integraal te adresseren. Belangrijke kennishiaten liggen bij het gedrag van bewoners, de werking van passieve koelmaatregelen in bestaande bouw en de koppeling van koeling aan duurzame energiesystemen zoals ZLT-netten.

Criteria voor onderlinge vergelijking van warmtenet configuraties

Betrokken partijen

Deltares

Looptijd

Opgeleverd in augustus 2022.

Onderzoeksvraag/doel

Opzetten van een gestandaardiseerde, onafhankelijke en integrale methode om overzichten te creëren van prestatiecriteria en consequenties van verschillende warmtenetconfiguraties.

Aanpak

Stap 1: Literatuuronderzoek

Stap 2: Opstellen van warmtenet configuraties

Stap 3: Opstellen van criteria

Stap 4: Vergelijk van warmtenetconfiguraties

Resultaten

De aanpak is generiek en uitbreidbaar voor andere warmtenetconfiguraties mits de gebruiker zich bewust is van de beperkingen van de aannames. De thermische vraag wordt gespecificeerd per woningequivalent in een categorie voor verwarming, tapwaterbereiding en koudelevering. De vergelijking van criteria wordt ingevuld voor 6 verschillende warmtenetconfiguraties o.b.v. 3 temperatuurniveaus en 2 wijktypes. Warmtenetconfiguraties worden ten behoeve van de onderlinge vergelijkbaarheid ingevuld voor één brontype Thermische Energie uit Oppervlaktewater (TEO) met één gestandaardiseerd Open Bodem Energie Systeem (O-BES) als opslag voor de warmte en koude.

Hyperlinks

- <https://topsectorenergie.nl/nl/kennisbank/eerste-resultaten-rapport-vergelijking-van-warmtenetconfiguraties/>

Conclusie kennishiaten en benodigde vervolgacties

De studie heeft een belangrijke basis gelegd voor het objectief vergelijken van warmtenetconfiguraties. De ontwikkelde methode maakt het mogelijk om prestaties van verschillende typen netten systematisch naast elkaar te zetten en zo onderbouwde keuzes te maken. De aanpak is generiek en uitbreidbaar, maar nog sterk afhankelijk van aannames en een beperkt aantal casustypen.

Belangrijke kennishiaten liggen bij de praktische toepasbaarheid van de methode in uiteenlopende situaties: er is nog weinig inzicht in hoe de resultaten veranderen bij andere brontypen, opslagconcepten en wijkconfiguraties dan de huidige referentie (TEO met O-BES). Ook ontbreekt nog een koppeling met milieu-impact, circulariteit en maatschappelijke waarde, die in latere studies verder zijn uitgewerkt. Verdere doorontwikkeling is nodig om de methode geschikt te maken als breed afwegingskader voor gemeenten, warmtebedrijven en beleidsmakers.

LCA warmteconfiguraties (vervolgstudie “Criteria voor onderlinge vergelijking van warmtenet configuraties”)

Betrokken partijen

LBP Sight

Looptijd

Oktober 2022 - april 2023.

Onderzoeksvraag/doel

Het doel van deze studie is om het overzicht van Deltares aan te vullen met criteria gerelateerd aan de milieu-impact van de systemen. Uiteindelijk is het doel om warmtebedrijven en beleidsmedewerkers van gemeenten en provincies te helpen in de afweging tussen de verschillende configuratiekeuzes en daarin bewoners(collectieven) mee te nemen.

Aanpak

In opdracht van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO), is verkennend onderzoek gedaan naar de milieu-impact van zes warmtenetconfiguraties. Deze studie bouwt voort op de resultaten van de studie van Deltares. Tevens is gebruikgemaakt van aanvullende informatie verstrekt door Deltares en van informatie verworven door middel van desk research. Bij het uitvoeren van deze LCA zijn de eisen en richtlijnen uit de Bepalingsmethode ‘Milieuprestatie Bouwwerken’ versie 1.1, maart 2022 zo goed mogelijk gevolgd. De Bepalingsmethode is gebaseerd op de ISO 14040 - ISO14044 3, de EN 15804+A1(2013) de EN 15804+A2 (2019).

Gebruikte rekenmethode

Levenscyclusanalyse (LCA).

Resultaten

In deze studie is het milieuprofiel opgesteld van zes warmteconfiguraties. Het betreft een cradle-to-grave levenscyclusanalyse (LCA) van de door Deltares opgestelde configuraties van warmtenetten, waarin enerzijds onderscheid is gemaakt tussen gestapelde/grondgebonden bouw (hoogbouw/laagbouw), en anderzijds tussen een warmtenet op midden-temperatuur (MT), lagetemperatuur (LT) en zeer lage-temperatuur (ZLT).

Hyperlinks

- <https://topsectorenergie.nl/nl/kennisbank/milieuprestaties-en-circulariteit-van-warmtenetten/>
- <https://topsectorenergie.nl/nl/kennisbank/eerste-resultaten-rapport-vergelijking-van-warmtenetconfiguraties/>

Conclusie kennishiaten en benodigde vervolgacties

De studie biedt een eerste integraal beeld van de milieu-impact van verschillende warmtenetconfiguraties en vormt daarmee een waardevolle aanvulling op het werk van Deltares. Belangrijke kennishiaten liggen echter bij de onderliggende data en de contextafhankelijkheid van de resultaten. De analyse is gebaseerd op generieke aannames en één brontype, waardoor verschillen in bronkeuze, materiaalgebruik of exploitatie nog onvoldoende zichtbaar zijn. Ook ontbreekt nog een koppeling met economische en sociale criteria, die nodig is voor integrale besluitvorming. Verdere verdieping is gewenst richting circulaire materiaalstromen, hergebruik van infrastructuur en dynamische LCA's die rekening houden met veranderende energiesystemen in de tijd.

Impact van klimaatscenario's op de warmte- en koudevraag voor de gebouwde omgeving

Betrokken partijen

Weather Impact

Looptijd

Opgeleverd december 2023.

Onderzoeksvraag

Het doel van dit vooronderzoek is om 1) het huidige gebruik van klimaatdata in de gebouwde omgeving en gebouwsector te inventariseren en 2) de wensen en eisen op te halen die aan eventuele klimaatjaren voor de toekomst worden gesteld. Op basis hiervan is een databeschrijving gemaakt die als basis dient voor het ontwikkelen van deze klimaatjaren voor verschillende toekomstscenario's.

Aanpak

Om een goed beeld te krijgen van de wensen en eisen betreffende toekomstige klimaatjaren voor de gebouwde omgeving zijn er interviews gehouden met experts uit het werkveld om deze te inventariseren. Vervolgens zijn de resultaten besproken -en waar nodig aangepast- tijdens een workshop aan het einde van het onderzoek. Van juli t/m oktober 2023 zijn er ca. 15 interviews afgenomen met belanghebbenden en experts uit verschillende invalshoeken, bijv. wetenschap, beleid en gebouwsoftware. In Bijlage A is de lijst van geïnterviewden te

vinden en op aanvraag zijn de gespreksverslagen beschikbaar. De bevindingen uit de interviews zijn samengevoegd tot een eerste versie van een databeschrijving, welke is gepresenteerd tijdens de expert workshop van 27 oktober 2023. Met ca. 20 deelnemers vanuit verschillende sectoren zijn de resultaten besproken en is de databeschrijving voor de toekomstige klimaatjaren aangepast tot de uiteindelijke versie.

Resultaten

Om recht te doen aan variaties en onzekerheid in het toekomstige klimaat is er gekozen om voor 3 zichtjaren (2035, 2050, 2100), 3 klimaatscenario's ("laag", "midden", "hoog") en 3 weervariaties ("koude winter", "gemiddeld", "warme zomer") klimaatjaren te ontwikkelen. Dit resulteert dus in totaal in 27 klimaatjaren. Deze klimaatjaren worden berekend vanuit de recent gepubliceerde KNMI'23 Klimaatscenario's voor elke locatie in Nederland op een raster van 12x12 km. Hierdoor kunnen verschillen binnen Nederland voor het eerst worden meegenomen in gebouwsimulaties, want tot nu toe was er alleen klimaatinput beschikbaar voor "De Bilt". Ook wordt aan de toekomstige klimaatjaren een correctie toegevoegd voor het stedelijk hitte-eiland effect (SHE) aangezien de meeste gebouwen in een versteende omgeving staan en dus direct beïnvloed worden door het SHE. Op basis van dit vooronderzoek en de databeschrijving is er een vervolgoopdracht aan het KNMI verstrekt om deze klimaatjaren te ontwikkelen.

Hyperlinks

- <https://topsectorenergie.nl/nl/kennisbank/impact-van-klimaatscenarios-op-de-warmte-en-koudevraag-voor-de-gebouwde-omgeving/>

Conclusie kennishiaten en benodigde vervolgacties

Hoewel het vooronderzoek een methodiek en databeschrijving voor toekomstige klimaatjaren opleverde, zijn er nog belangrijke kennishiaten die de toepasbaarheid in de gebouwde omgeving beperken. Zo is nog onduidelijk hoe nauwkeurig de regionale klimaatjaren zijn op gebouwniveau, hoe stedelijke effecten en gebouwspecifieke kenmerken de warmte- en koudevraag beïnvloeden, en hoe de klimaatjaren praktisch kunnen worden gebruikt in verschillende gebouwsimulaties en softwarepakketten. Voor TKI en de sector is het daarom cruciaal om in de komende periode in te zetten op validatie van de klimaatjaren in diverse stedelijke en gebouwcontexten, verfijning van stedelijke correcties, en vertaling naar bruikbare tools en richtlijnen voor ontwerp, planning en beleid.

De impact van klimaatscenario's op de warmte- en koudevraag voor de gebouwde omgeving

Betrokken partijen

KNMI

Looptijd

Opgeleverd Q2 2024.

Onderzoeksvraag/doel

Ontwikkelen van datasets op basis van KNMI-scenario's 2035/2050/2100. Hoeveel warmer de zomers gaan worden (en hoeveel milder de winters), wordt door KNMI toegankelijk gemaakt

voor professionals in de gebouwde omgeving naar aanleiding van een [voorzonderzoek van Weather Impact](#).

Aanpak

Om de toekomstige energievraag goed in kaart te brengen, is onderscheid gemaakt tussen warmte- en koudevraag. Voor elk KNMI'23-scenario en zichtjaar zijn drie klimaatjaren geselecteerd uit 240 simulatiejaren: een gemiddeld jaar, een jaar met een koude winter en een met een warme zomer. De selectie is gebaseerd op het RACMO-roosterpunt nabij De Bilt. Vanwege regionale klimaatverschillen is in kaart gebracht of het gekozen jaar representatief is voor Nederland. Daarnaast is per klimaatjaar een versie met stedelijk hitte-eilandeffect toegevoegd op basis van de methode van Theeuwes et al. (2017). Klimaatjaren lopen van 1 oktober t/m 30 september en bevatten geen schrikeldagen (altijd 365 dagen).

Resultaten

In het rapport wordt beschreven hoe de klimaatjaren zijn afgeleid, waarin deze verschillen van het NEN5060-klimaatjaar, voor welke klimaatscenario's er klimaatjaren beschikbaar zijn, en waar deze te downloaden zijn. Daarmee zijn klimaatjaren beschikbaar gekomen voor verschillende toekomstscenario's, speciaal afgestemd op de wensen van de bouwsector, zodat ook naar toekomstig binnenklimaat gekeken kan worden. Dit zal bijdragen aan een verbeterd inzicht bij nieuwbouw en renovatie en geeft duidelijkere randvoorwaarden voor de energietransitie.

Hyperlinks

- <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/publicatie/de-impact-van-klimaatscenario-s-op-de-warmte-en-koudevraag-voor-de-gebouwde-omgeving>

Conclusie kennishiaten en benodigde vervolgacties

Het onderzoek levert nu klimaatjaren op voor verschillende zichtjaren en klimaatscenario's, inclusief correcties voor het stedelijk hitte-eilandeffect, waardoor de dataset beter aansluit bij de praktijk van de gebouwde omgeving. Tegelijkertijd laten de resultaten zien dat er nog ruimte is om de toepasbaarheid te vergroten: zo kunnen regionale verschillen verder worden onderzocht, kunnen de effecten van stedelijke microklimaten en verschillende gebouwtypen verder worden geïntegreerd, en kan de vertaalslag naar praktische toepassing in gebouwsimulaties en energieberekeningen worden versterkt. Voor TKI en de sector betekent dit dat het komende werk gericht kan zijn op validatie van de klimaatjaren in diverse stedelijke en gebouwcontexten, verfijning van stedelijke correcties, en ontwikkeling van tools en richtlijnen die de data direct bruikbaar maken voor ontwerp, renovatie en energietransitieprojecten.

Koeling in woningen i.r.t. gedrag, comfort & gezondheid

Betrokken partijen

Bba binnenmilieu, DGMR en Flycatcher.

Looptijd

Opgeleverd najaar 2024.

Onderzoeksvraag/doel

Het inzichtelijk maken van de toekomstige koelbehoefte in Nederlandse woningen.

Aanpak

Om het zoekproces breed te houden en zo de aspecten van het complexe vraagstuk te kunnen verkennen is een zogenaamd scoping review uitgevoerd om inzicht krijgen in de huidige kennis ten aanzien van:

- Indicatoren voor thermisch comfort en gezondheid in woningen onder zomerse omstandigheden.
- Het gedrag van bewoners om zich aan te passen aan een warm klimaat.

Voor de uitvoering van de vragenlijst is gebruik gemaakt van een online vragenlijst. De vragenlijst was alleen toegankelijk voor panelleden die hiervoor een uitnodiging kregen. In de veldstudie zijn metingen uitgevoerd in 29 koopwoningen in midden-Nederland. Hierbij zijn in elke woningen gedurende minimaal 4 weken in de zomer duurmetingen van de temperatuur uitgevoerd in de woonkamer, slaapkamer en werkkamer. Daarnaast hebben de bewoners minimaal wekelijks een vragenlijst ingevuld over hun ervaringen met de temperatuur in de verschillende ruimten in de woning en hun gedrag om oververhitting in de woning te voorkomen. Na afloop van dit onderzoek zijn er bij 8 deelnemers interviews afgenomen om meer inzicht te krijgen in andere factoren die een rol spelen.

Resultaten

1. Literatuurstudie

Het literatuuronderzoek is gericht op het verkrijgen van overzicht ten aanzien van de huidige kennis op het gebied van comfort - en gezondheidsaspecten van oververhitting in woningen en in het gedrag van bewoners ten aanzien van het klimatiseren van hun woning onder zomerse condities.

2. Vragenlijst koelbehoefte

Beschrijven van de uitkomsten van een digitaal vragenlijstsonderzoek onder ruim duizend woningeigenaren. De uitkomsten geven inzicht in de comfort- en gezondheidsaspecten, in de aanwezigheid en gebruik van voorzieningen en overwegingen die een rol spelen bij de aanschaf.

3. Praktijkmetingen woningen

Het doel van het onderzoek beschreven in deze rapportage is het verkrijgen van inzichten in:

- De behaalde ruimtetemperaturen in woningen voor verschillende ruimtelfuncties.
- De maximale temperaturen die als acceptabel ervaren worden ten aanzien van thermisch comfort en gezondheid.
- De invloed van ruimtelfunctie, de aanwezigheid van koeling en de buitentemperatuur op de maximale acceptabele temperatuur.
- Het gebruik van voorzieningen in de woningen om oververhitting te voorkomen.
- Andere factoren die een rol spelen bij dit thema, zoals gewenning en de invloed van de omgeving.

Hyperlinks

- Nog niet van toepassing.

Conclusie kennishiaten en benodigde vervolgacties

Het onderzoek geeft waardevolle inzichten in hoe bewoners omgaan met hitte, welke temperaturen als comfortabel of belastend worden ervaren en welke voorzieningen of

gedragingen zij inzetten om oververhitting te beperken. Tegelijkertijd wordt duidelijk dat er nog kennis ontbreekt over de relatie tussen objectieve temperatuurmetingen, subjectieve comfortbeleving en gezondheidseffecten op langere termijn. Ook is nog onvoldoende bekend hoe verschillende woningtypen, gebruikersprofielen en sociaaleconomische omstandigheden het risico op oververhitting beïnvloeden, en in welke mate bewoners zich duurzaam kunnen aanpassen aan een warmer klimaat. Voor TKI en de sector ligt er daarmee een duidelijke onderzoeksvraag om verder te verkennen hoe gebouwonwerp, installaties en bewonersgedrag elkaar kunnen versterken in het beperken van koelbehoefte en gezondheidsrisico's. Verdere stappen liggen in het opschalen van metingen naar representatieve woningensembles, het koppelen van comfortdata aan energieverbruiksdata, en het ontwikkelen van richtlijnen voor hittebestendig en gezond wonen.

Tapwateropties bij LT warmtenetten

Betrokken partijen

DWA

Looptijd

Opgeleverd december 2024.

Aanpak

In deze studie zijn de mogelijkheden voor het bereiden van warm tapwater in combinatie met een warmtenet met lagere aanvoertemperaturen (<65°C) naast elkaar gezet. Dit onderzoek richt zich primair op de warm tapwatervoorziening voor woningen.

Onderzoeksvraag/doel

De warmtevraag voor gebouwen daalt, door betere isolatie, vloerverwarming en klimaatverandering. Duurzame warmtebronnen werken bovendien efficiënter bij lagere aanvoertemperaturen. Voor warm tapwater is zo'n lage temperatuur (<65°C) echter minder geschikt. Daarom onderzochten TKI Urban Energy en RVO, samen met DWA, welke oplossingen mogelijk zijn.

Resultaten

DWA bracht verschillende opties in kaart en stelde per oplossing een factsheet op met o.a. kosten, energieverbruik, ruimtebeslag en netcapaciteit. Dit overzicht helpt bij het kiezen van een geschikt tapwatersysteem voor lage temperatuur-warmtenetten.

Hyperlinks

- <https://topsectorenergie.nl/nl/kennisbank/kennisdossier-duurzame-warmte-en-koude/tapwateropties-bij-lagetemperatuur-warmtenetten/>

Conclusie kennishiaten en benodigde vervolgacties

Het onderzoek geeft een goed overzicht van de technische en praktische mogelijkheden voor tapwaterbereiding bij lage-temperatuurwarmtenetten en biedt daarmee een waardevolle basis voor de verdere ontwikkeling van deze systemen. Tegelijkertijd blijkt dat er nog kennis ontbreekt over de praktische haalbaarheid en prestaties van de verschillende opties in realistische net- en woningconfiguraties, evenals over de hygiëne, legionellarisico's en gebruikservaring bij langdurig gebruik. Ook de impact op piekbelasting en flexibiliteit van

het warmtenet vraagt verdere onderbouwing. Voor TKI en de sector ligt hier een kans om vervolgonderzoek te stimuleren dat zich richt op praktijkproeven en monitoring van tapwatersystemen in bestaande en nieuwe LT-netten, het valideren van energetische en hygiënische prestaties, en het ontwikkelen van ontwerp- en regelstrategieën die comfort, veiligheid en efficiëntie combineren.

Maatschappelijke rentabiliteit van ZLT-uitwisselnetten: Een groeps-multicriteria-analyse

Betrokken partijen

CE Delft, 2RC, Tri-Es Consultancy B.V.

Looptijd

Oktober 2024 - voorjaar 2025.

Onderzoeksvraag

Wat kan het investeren in ZLT-uitwisselingsnetten als basisinfrastructuur maatschappelijk opleveren?

Aanpak

Het proces omvat een aanpak van literatuurstudie, deskresearch, interviews met experts, bevragen van de expertgroep en modelleerwerk.

Resultaten

Doel van de studie is om inzicht te geven in de maatschappelijke meerwaarde van ZLT-uitwisselingsnetten als basisinfrastructuur, in vergelijking met andere warmtestrategieën. Daarbij wordt onderzocht in welke type wijken dit het meest rendoert, op basis van financiële en maatschappelijke waarden. Via scenarioanalyses en MKBA's worden de effecten op kosten, duurzaamheid en leefomgeving in kaart gebracht. De resultaten vormen input voor impactanalyse (Theory of Change) en beleidsaanbevelingen.

Hyperlinks

- <https://warmtenetwerk.nl/nieuws/item/studie-naar-maatschappelijke-voordelen-zlt-uitwisselingsnetten/>
- <https://2rc.nl/projecten/maatschappelijke-rentabiliteit-van-zlt-uitwisselnetten/>

Conclusie kennishiaten en benodigde vervolgcacties

De studie biedt waardevolle inzichten in de maatschappelijke kosten en baten van ZLT-uitwisselingsnetten en laat zien in welke wijktypen deze netten de grootste potentie hebben als basisinfrastructuur. Tegelijkertijd is er nog veel onbekend over de praktische opschaalbaarheid, organisatorische modellen en governance-structuren die nodig zijn om zulke uitwisselingsnetten breed te realiseren. Ook is verdere verdieping gewenst in de ruimtelijke inpassing, juridische kaders en verdeling van kosten en baten tussen betrokken partijen. Daarnaast ontbreken nog praktijkdata over gerealiseerde projecten die de modelmatige aannames kunnen onderbouwen. Voor TKI en de sector ligt hier een duidelijke vervolgstap: het stimuleren van praktijkexperimenten, living labs en regionale casestudies om de maatschappelijke meerwaarde van ZLT-uitwisselingsnetten in de praktijk te toetsen,

en om te komen tot beleids- en investeringsrichtlijnen die zowel publieke als private partijen houvast bieden.

ZLT Voorbeeldenboek: ZLT-warmte- en koudenetten in de praktijk

Betrokken partijen

Greenvis / De WarmteTransitieMakers

Looptijd

Opgeleverd in maart 2025.

Onderzoeksvraag/doel

Ervaringen en inzichten (algemene bevindingen, uitdagingen en geleerde lessen) uit bestaande projecten opmaken en uitwerken. In opdracht van RVO en TKI Urban Energy heeft Greenvis / De WarmteTransitieMakers een analyse gemaakt van negen ZLT-projecten in en buiten Nederland die enkele jaren operationeel zijn. Wat maakt deze projecten succesvol? Welke uitdagingen kwamen ze tegen? Hoe zijn deze uitdagingen opgelost? En welke lessen kunnen we uit deze projecten trekken?

Aanpak

Om inzicht te krijgen in het aanbod van ZLT-netten in Europa is een longlist van 30 bestaande systemen samengesteld. Uit de longlist zijn 9 systemen geselecteerd om in verder detail uit te werken, dit is de shortlist.

Resultaten

De belangrijkste bevindingen, uitdagingen en geleerde lessen uit de verschillende projecten.

Hyperlinks

- <https://topsectorenergie.nl/nl/kennisbank/kennisdossier-duurzame-warmte-en-koude/zeerlagetemperatuur-warmte-en-koudenetten/zlt-warmte-en-koudenetten-in-de-praktijk/>

Conclusie kennishiaten en benodigde vervolgacties

Het voorbeeldenboek biedt een waardevol overzicht van operationele ZLT-warmte- en koudenetten en laat zien welke technische, organisatorische en samenwerkingsfactoren bepalend zijn voor succes. De analyse maakt duidelijk dat ZLT-netten in de praktijk goed kunnen functioneren, mits ontwerp, bronkeuze en gebruikersbetrokkenheid zorgvuldig op elkaar zijn afgestemd. Tegelijkertijd blijft er nog behoefte aan meer kennis over de langetermijnprestaties, financiële businesscases en beheerstructuren van deze netten. Ook is nog beperkt inzicht in de schaalbaarheid en repliceerbaarheid van succesvolle voorbeelden in de Nederlandse context, rekeninghoudend met regelgeving, bodemopbouw en warmteprofielen. Voor TKI en de sector ligt de kans in het verder monitoren van bestaande netten, het uitwerken van gestandaardiseerde ontwerprichtlijnen en prestatie-indicatoren, en het ontwikkelen van kennisplatforms waarin praktijkervaringen structureel worden gedeeld tussen gemeenten, ontwikkelaars en exploitanten.

Vergelijking warmte-koude configuraties

Betrokken partijen

Deltares en TheEarlyBirds. Workshopsessies met experts van o.a. de ministeries van BZK en KGG, het NPLW, RVO en TKI urban energy.

Looptijd

oktober 2024 - maart 2025.

Onderzoeksvraag/doel

Een uitgebreider vergelijk van warmte- en koude-oplossingen, onder andere voor MT-warmtenetconfiguraties en hybride warmtepompen.

Aanpak

Stap 1: kick-off met begeleidingscommissie

Stap 2: Afstemming rekenregels

Stap 3: Expertsessie 1 – voorbereiding berekeningen

Stap 4: 1e ronde Warmte-koude configuraties berekenen en vergelijken met behulp van de BuurtWarmteWijzer (met het rekenmodel COLONY) en GSD Heat.

Stap 5: Expertsessie 2 - Review eerste resultaten

Stap 6: 2e ronde Warmte-koude configuraties berekenen en vergelijken

Stap 7: Eindoverleg - conclusie resultaten

Stap 8: Rapportage en presentatie

Gebruikte rekenmethode

Het rekenmodel COLONY en GSD Heat.

Resultaten

Dit onderzoek vergelijkt 7 verschillende warmte-koude configuraties met elkaar waaronder verschillende typen warmtenetten en (hybride) warmtepompen. Het vergelijk richt zich op de prestaties op het gebied van energiegebruik, CO₂-emissie, kosten, ruimtegebruik en toepasbaarheid. Het onderzoek wordt uitgevoerd op basis van de wijk Achterwillens (gemeente Gouda) en het dorp Beugen (gemeente Land van Cuijk) waar de BuurtWarmteWijzer wordt ingezet om samen met de bewoners tot een plan te komen.

Hyperlinks

- <https://theearlybirds.nl/>

Conclusie kennishiaten en benodigde vervolgacties

Het onderzoek toont aan dat verschillende warmte- en koudeconfiguraties sterk variëren in prestaties afhankelijk van lokale omstandigheden, zoals bodemgesteldheid en warmtevraagprofiel. De vergelijking maakt duidelijk dat de huidige rekenmodellen (zoals COLONY en GSD Heat) nog onvoldoende rekening houden met de integratie van koeling, de seizoensbalans tussen warmte en koude, en de invloed van flexibiliteit op netbelasting. Ook ontbreekt een uniforme aanpak om technische uitkomsten te koppelen aan beleidskeuzes en besluitvorming. Voor TKI Urban Energy en de sector ligt de opgave in het doorontwikkelen en harmoniseren van rekenregels tussen modellen, het ontwikkelen van gestandaardiseerde

beoordelingskaders waarin ook flexibiliteit en koeling worden meegenomen, en het valideren van modeluitkomsten met praktijkdata uit lopende warmtenetprojecten.

Klimaatadaptatie verduurzaming gebouwde omgeving

Betrokken partijen

Nieman

Looptijd

Opgeleverd Q1 2025.

Onderzoeksvraag/doel

Deze verkennende studie naar de impact van de nieuwe klimaatdata op het thermisch comfort in de bestaande bouw heeft de volgende doelen:

1. Hoe verhoudt de verduurzaming van de bestaande bouw zich tot de nieuwe klimaatscenario's?
Daarbij worden de volgende deelaspecten uitgewerkt:
 - a. Analyse van de klimaatscenario's, locaties en zichtjaren op het buitenklimaat.
 - b. Analyse van gebruikelijke rekenmethoden en toets grenswaarden.
 - c. Analyse van de klimaatscenario's, locaties en zichtjaren op het binnenklimaat.
 - d. Het effect van een lagere warmtebehoefte in relatie tot de nieuwe klimaatscenario's.
 - e. Het effect van maatregelen op het zomercomfort conform de ladder van koeling (omgeving, warmte weren, passieve en actieve koeling)
2. De impact van het stedelijk hitte-eiland inzichtelijk op het thermisch comfort.
3. Het combineren van uitgangspunten en maatregelen om zowel de warmte- als de koudevraag effectief te verlagen. Daarbij wordt op basis van de toekomstige klimaatdata van het KNMI inzicht gegeven bij een aantal veel voorkomende renovatiescenario's op het risico op oververhitting.

Aanpak

Door het KNMI zijn in 2023 klimaatscenario's³ uitgewerkt voor een aantal zichtjaren om inzicht te geven in de toekomstige warmteontwikkeling en andere klimaateffecten, onder andere afhankelijk van de CO₂-uitstoot op aarde. Deze klimaatscenario's zijn vervolgens in 2024 door het KNMI uitgewerkt in datasets volgens het NEN5060-format. TKI en RVO hebben Nieman RI gevraagd om op basis daarvan toekomstige potentiële oververhittingsproblemen te kwantificeren en mogelijke effecten van maatregelen ter voorkoming van oververhitting – ook kwantitatief – in beeld te brengen in relatie tot de verduurzamingsopgave in de bestaande bouw.

Gebruikte rekenmethode

Er ontbreekt een formele grenswaarde voor het beoordelen van het risico op temperatuuroverschrijding in de bestaande (woning)bouw.

Er zijn verschillende methodes om het risico van temperatuuroverschrijding in kaart te brengen. Voor de nieuwbouw ligt er vanuit de publiekrechtelijke regelgeving een eis aan TOjuli en het aantal GTO-uren. Daarin is een methodiek met randvoorwaarden uitgewerkt die bestaat uit beleidsmatige gekozen uitgangspunten. Voor de toetsing van bestaande (woning)bouw moeten de randvoorwaarden worden aangevuld en moet overwogen worden

of een gradatie van grenswaarden mogelijk moet worden gemaakt om zo beter de verschillende doelgroepen te kunnen bedienen.

Er is een grote verscheidenheid aan methodieken beschikbaar voor het beoordelen van het thermisch comfort. Wij constateren een behoefte aan één methodiek, waarbij zowel het lange termijn effect (adaptieve gedrag) als de kortdurende (maximale) waarden gedurende de dag en nacht inzichtelijk wordt gemaakt.

Resultaten

Op basis van deze verkennende studie naar de impact van de toekomstige klimaatscenario's op het binnenklimaat in de bestaande bouw zijn verschillende conclusies geformuleerd voor de thema's:

- Buitentemperatuur
- Samenhang met isolatie
- Consequenties rekenresultaten
- Toepassing actieve koeling
- Beoordeling thermisch comfort
- Stedelijk hitte-eiland

Het advies op basis van deze studie is ten eerste om de CO₂-uitstoot fors reduceren om de opwarming – en daarmee het risico op oververhitting – bij de bron aan te pakken. Daarnaast is gericht beleid nodig om oververhitting in woningen en gebouwen tegen te gaan, met aandacht voor passieve maatregelen via regelgeving. Voor bestaande bouw ontbreken momenteel eenduidige rekenmethodieken en grenswaarden voor temperatuuroverschrijding; wij pleiten voor landelijke afstemming hierover, inclusief herziening van bestaande normen zoals GTO en TO-juli. Ook adviseren we om de klimaatreferentie in bouwregelgeving snel te actualiseren op basis van de nieuwste KNMI-scenario's, inclusief toekomstige referentie jaren, en deze op te nemen in de opvolger van NTA 8800. Verder is nader onderzoek nodig naar het stedelijk hitte-eiland-effect en de impact daarvan op circa 2 tot 2,5 miljoen woningen. Tot slot is meer innovatie nodig in hittewerende oplossingen op gebouw- en gebiedsniveau, waarbij ook lering kan worden getrokken uit Zuid-Europese bouwpraktijken.

Hyperlinks

- <https://topsectorenergie.nl/nl/nieuws/verduurzaming-woningen-moet-beter-afgestemd-op-groeiend-hitteprobleem/>

Conclusie kennishiaten en benodigde vervolgacties

De studie laat zien dat het risico op oververhitting in de bestaande bouw aanzienlijk toeneemt onder de nieuwe KNMI-klimaatscenario's, vooral in dichtbebouwde gebieden. Er is een duidelijk kennishiaat rond eenduidige rekenmethoden en grenswaarden voor temperatuurbeheersing in bestaande gebouwen, evenals rond de effectiviteit van passieve koelmaatregelen bij verschillende renovatiestrategieën. Voor TKI Urban Energy en de sector ligt de opgave in het ontwikkelen van een gestandaardiseerde beoordelingsmethodiek voor thermisch comfort, het integraal koppelen van klimaatadaptatie aan verduurzamingsbeleid (bijvoorbeeld in wijkgerichte renovatieprogramma's), en het onderzoeken van de impact van het stedelijk hitte-eiland-effect op gebouw- en wijkniveau, als basis voor beleids- en ontwerprichtlijnen.

Aanlegkosten voor MT en ZLT netten

Betrokken partijen

Siers

Looptijd

Oplevering eind 2025.

Onderzoeksvraag/doel

Het doel van deze opdracht is om voor de 5 wijken die in de studies van CE Delft en Early Birds ("Vergelijking warmte-koude configuraties") zijn opgenomen te komen tot realistische aanlegkosten voor verschillende typen thermische infrastructuur.

Aanpak

Tijdens de opdracht wordt in overleg met de twee al lopende studies voor de vijf wijken gekomen tot ontwerpen voor MT, LT en ZLT netten. Bovendien wordt in overleg bepaald welke kostenberekeningen nodig zijn voor het goed uitvoeren van deze opdrachten. Het betreft onderstaande wijken:

- Dorpskern van Beugen
- Staatsliedenbuurt in Oss
- Sierradenbuurt in Almere
- Achterwillens in Gouda
- Vruchtenbuurt in Den Haag

De ontstane ontwerpen en gevraagde kosten worden vervolgens beoordeeld en verrijkt door het Thermisch Infra Consortium (TIC500: BAM, Siers en Heijmans). Vervolgens worden de ontwerpen aangevuld met de meest relevante lokale kenmerken die tot grote kostprijsopdrijving zouden kunnen leiden (bijv. grondwaterstand, vervuiling, bomen, en voor zover eenvoudig beschikbaar). Per wijk worden de uitgangspunten voor de aanleg gedefinieerd en de berekeningen gemaakt, onder meer met behulp van GSD-Heat en een fysieke schouw. In een gezamenlijke startmeeting met de twee opdrachten (CE Delft / Early Birds) wordt de benodigde input opgehaald en doorgesproken. Nadat de eerste berekeningen gereed zijn worden deze gereviewed door en in een gezamenlijke meeting met de TIC500 deelnemers doorgesproken en verrijkt, waarna deze met de twee reeds lopende studies worden besproken en na eventuele aanpassingen definitief opgeleverd.

Gebruikte rekenmethode

GSD Heat.

Resultaten

Een (digitaal) eindproduct waarbij per doorgerekende wijk de voor de genoemde studies benodigde kosten (kentallen) en uitgangspunten op een herleidbare manier zijn weergegeven. Deze dienen voor beide studies eenvoudig implementeerbaar te zijn.

Hyperlinks

- Nog niet van toepassing.

Conclusie kennishiaten en benodigde vervolgacties

De berekeningen leveren realistische kostencijfers op voor verschillende typen thermische infrastructuur, maar maken ook duidelijk dat de werkelijke aanlegkosten sterk afhangen van lokale omstandigheden (zoals bodemtype, bebouwingsdichtheid en aanwezigheid van andere infrastructuur). Er ontbreekt nog een uniform raamwerk voor het systematisch vergelijken van kostendata tussen projecten en voor het inschatten van levenscycluskosten inclusief beheer en onderhoud. Voor TKI Urban Energy en de sector ligt de opgave in het ontwikkelen van een nationale kostenbibliotheek en methodiek voor warmtenetten, het verzamelen van ervaringsdata uit gerealiseerde projecten, en het toepassen van deze kennis in vroege planfasen zodat gemeenten en ontwikkelaars beter kunnen afwegen tussen MT-, LT- en ZLT-opties.

Inspiratieboek warmtenetten & netcongestie

Betrokken partijen

MSG Sustainable Strategies

Looptijd

Oplevering eind Q2 2025.

Onderzoeksvraag/doel

Het doel is initiatiefnemers van warmtenetten te inspireren door het schetsen van praktijkvoorbeelden. Het biedt een eerste denkrichting bij het zoeken naar oplossingen en mogelijkheden bij de realisatie van warmtenetten in gebieden met netcongestie. Het is geen stappenplan om oplossingen daadwerkelijk te implementeren en bespreekt ook niet hoe je kansen doorrekent of realiseert. Vragen van de doelgroep die wij willen beantwoorden: wat zijn voorbeelden van warmtenetten die netbewust zijn? Hoe zijn netbewuste oplossingen toegepast bij deze warmtenetten?

Aanpak

Het onderzoek is een combinatie van semi-gestructureerde interviews, ondersteund door beperkte deskresearch. De deskresearch geeft inzicht in de onderzoeksvragen. De interviews leveren aanvullende informatie, met name voor de praktijkvoorbeelden. De te gebruiken literatuur en uit te nodigen gesprekspartners worden bepaald in samenspraak met het projectteam.

Resultaten

Kernboodschappen & lessons learned volgen uit de voorbeelden. Het inspiratieboek schetst 6-10 praktijkvoorbeelden.

Hyperlinks

- <https://topsectorenergie.nl/nl/kennisbank/kennisdossier-duurzame-warmte-en-koude/inspiratie-warmtenetten-en-netcongestie/>

Conclusie kennishiaten en benodigde vervolgacties

De eerste voorbeelden laten zien dat warmtenetten een belangrijke rol kunnen spelen in het verminderen van netcongestie, maar dat de koppeling tussen warmte- en elektriciteitsdomein nog nauwelijks systematisch wordt gemaakt. Er is vooral een kennishiaat rond de dimensionering en regeling van hybride systemen (warmtepomp + netkoppeling) en

de beleidsmatige ruimte om warmte-infrastructuur als flexibiliteitsmaatregel te erkennen. Voor TKI Urban Energy en de sector ligt de opgave in het ontwikkelen van reken- en ontwerptools voor netbewuste warmtenetten, het documenteren van governance-arrangementen waarin netbeheerders structureel worden betrokken, en het opzetten van gezamenlijke pilots waarin warmte en elektriciteit als één systeem worden ontworpen.

The Future Search

Betrokken partijen

Looptijd

September 2024 – april augustus 2025

Onderzoeksvraag/doel

Los komen van gevestigde denkrichtingen.

Aanpak

3 daagse waarin mensen vanuit alle doelgroepen samen komen om los te komen van gevestigde denkrichtingen in de warmtetransitie, de transitie naar een betaalbaar, betrouwbaar en duurzaam warmte- en koudesysteem.

Resultaten

1. Een advies tot al dan niet uitvoeren van deze future search op basis van onderzoek naar belangrijke randvoorwaarden voor het slagen van een dergelijke whole system in the room aanpak (o.a. steun van de Rijksoverheid).
2. Een future search bijeenkomst waarin gemeenschappelijke antwoorden gevonden worden op de kernvraag: Hoe realiseren we de warmtetransitie, gegeven congestieproblematiek en nieuwe klimaatscenario's?
3. Een netwerk van vitale stakeholders in de warmte/koude transitie die overeenstemming hebben over interventies/stappen die tot uitvoering en verankering leiden van de gevonden antwoorden.

Conclusie kennishiaten en benodigde vervolgacties

De Future Search laat zien dat de warmtetransitie nog sterk versnipperd is in verantwoordelijkheden en taalgebruik tussen domeinen. Het gezamenlijke leerproces heeft blootgelegd dat er behoefte is aan een continu systeemoverleg waarin beleidsmakers, marktpartijen en kennisinstellingen samen aan richtinggevende principes werken. Voor TKI Urban Energy en de sector ligt de opgave in het institutionaliseren van deze 'whole system in the room'-aanpak, door structurele feedbackloops tussen beleid, markt en kennis te organiseren, en de gevonden interventierichtingen te vertalen naar concrete experimenten die beleidsvernieuwing en samenwerking bevorderen.

ZLT-quickscan

Betrokken partijen

2RC

Looptijd

Najaar 2024 – najaar 2025

Onderzoeksvraag/doel

Vanaf 2025 gaan gemeenten aan de slag met het aanpassen van hun transitievisies warmte en het uitwerken van hun wijkuitvoeringsplannen. Het is dan belangrijk dat zij goed weten of ZLT-netten een optie zijn. Het doel van het ontwikkelen van de ZLT-quickscan tool is om gemeenten en energiecoöperaties te helpen om in beeld te brengen of ZLT-netten mogelijk zijn. Zo kunnen zij betere keuzes maken voor duurzame warmte en koude in hun wijken.

Aanpak

Uitgangspunt is het tienstappenplan en onderliggend rekenmodel voor een ZLT-quickscan tool dat het adviesbureau 2RC voor RVO heeft gemaakt. RVO verbetert dit stappenplan en onderliggende rekenmodel hierbij ondersteund door het adviesbureau 2RC. Het resultaat is vanaf het begin getoetst in een klankbordgroep waarin gemiddeld 5 gemeenten en ook 2 vertegenwoordigers van energiecoöperaties meedenken met het projectteam. Hierdoor proberen we maximaal aan te sluiten bij de behoeften van de gemeenten en energiecoöperaties.

Gebruikte rekenmethode

Het adviesbureau 2RC heeft eind 2023 een 10 stappenplan met een onderliggend rekenmodel (in excel) voor een Quickscan voor ZLT ontwikkeld. Startpunt is de Startanalyse van PBL op basis van het Vestamaismodel. Met behulp van data uit GIS-datasets (WKO-bodemenergietool, aquathermieviewer en WarmteAtlas) kan een gemeente de potentie van ZLT-systemen ontdekken.

Resultaten

Als beoogd resultaat geeft deze ZLT-quickscan een website waarbinnen de gebruikers een kaart van een gemeente, woonplaats of wijk kan zien (viewer) met daarin de mogelijke toepasbaarheid van ZLT-(uitwisselings)-netten en een rapport dat kan worden gedownload. RVO maakt hierbij gebruik van data uit openbare bronnen zoals CBS, PBL, Warmte atlas (WKO-bodemenergietool) en Aquathermieviewer. In het rapport is naast de kaart ook een vergelijking van drie scenario's te zien die van toepassing kunnen zijn in het door de gebruiker (geselecteerde) gebied. Deze drie scenario's zijn individuele warmtepompen, ZLT-netten en ZLT-uitwisselingsnetten.

Hyperlinks

- [Aan de slag met zeerlagetemperatuur warmte- en koudenetten](#) (RVO)
- [Zeer lage temperatuur warmte- en koudenetten](#) (TKI-urban Energy)
- [Zeerlagetemperatuur warmtenet | NPLW](#)

Conclusie kennishiaten en benodigde vervolgacties

De tool biedt gemeenten een laagdrempelige manier om de potentie van ZLT-netten te verkennen, maar is nog vooral verkennend van aard. Er ontbreken betrouwbare prestatiegegevens, financiële kengetallen en processtappen voor de vertaling van potentie naar realisatie. Voor TKI Urban Energy en de sector ligt de opgave in het verrijken van de quickscan met praktijkdata uit lopende projecten, het ontwikkelen van vervolgm modules die

inzicht geven in businesscases en uitvoeringsfasering, en het inbedden van de tool in gemeentelijke warmteprogramma's zodat deze instrumenteel wordt bij besluitvorming.

Innovatieprojecten

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gepresenteerd van alle innovatieprojecten in Nederland rond ZLT (**Tabel 3**). Vervolgens worden per innovatieproject betrokken partijen, looptijd, onderzoeksvraag/doel, aanpak, gebruikte rekenmethode, een samenvatting over de resultaten die uit het project voortkomen, relevante hyperlinks en een conclusie over kennishiaten en benodigde vervolgacties toegelicht.

Tabel 3. Een chronologisch overzicht, inclusief samenvatting, van de afgeronde en lopende innovatieprojecten in Nederland rond ZLT.

| Afgerond | |
|--|--|
| KoWaNet | Onderzoekt innovatieve configuraties en ontwerpprincipes voor koude- en warmtenetten met lage temperaturen, gericht op efficiëntie en betrouwbaarheid. |
| D2GRIDS: Duurzame verwarming en koeling van steden | Europees project dat vijfde generatie warmtenetten (5GDHC) ontwikkelde en testte in stedelijke gebieden, met focus op uitwisseling, flexibiliteit en lokale bronnen. |
| Lopend | |
| Maxflex ZLT | Onderzoekt hoe ZLT-netten kunnen bijdragen aan flexibiliteit in het energiesysteem door slimme koppeling met elektriciteit en opslag. |
| Joule4Joule | Richt zich op integrale optimalisatie van warmte, koude en elektriciteit in stedelijke energienetten om energieverlies te minimaliseren. |
| CHILL | Ontwikkelt en test innovatieve koelconcepten en regelstrategieën voor (Z)LT-netten in de gebouwde omgeving. |
| ABLE | Onderzoekt adaptieve besturing van lokale energienetten om het samenspel tussen warmte, koude en elektriciteit te verbeteren. |
| DIAMETER | Ontwikkelt digitale tools en dataplatforms om ontwerp, monitoring en optimalisatie van warmtenetten te ondersteunen. |
| PEDFriendship | Europese samenwerking gericht op de realisatie van Positive Energy Districts via integratie van lokale warmte-, koude- en elektriciteitsnetten. |

KoWaNet

Betrokken partijen

EnergyGO (penvoerder), TU Delft faculteit Bouwkunde (Werkpakketleider WP1), Stichting Stadslab Buiksloterham, Mijnwater BV, Tri-Es Consultancy BV.

Looptijd

Januari 2018 tot 31 december 2020.

Doel

Het TKI project KoWaNet – Koele Warmtenetten - had als doel om de haalbaarheid van flexibele en open koele warmtenetten te onderzoeken. Dit betrof de techniek, de business case, operationele procedures en de acceptatie door stakeholders.

Aanpak

De werkwijze in het project was als volgt.

1. Het opstellen van concept ontwerphandleidingen voor koele warmtenetten gebaseerd op relevante theorieën, Europese projecten en ervaringen van de project partners.
2. Toepassing van de handleidingen op casestudies en het vergelijken van een koel warmtenet met bestaande warmtescenario's.
3. Verbetering van de handleidingen met de feedback uit de casestudies.
4. Toepassing van de verbeterde handleidingen in een finale casestudie.
5. Opstellen van de definitieve deliverables.

Werkpakketten

KoWaNET bestaat uit 5 werkpakketten. De basis van het project wordt gevormd door de technische ontwerpen ontwikkeld in WP1. De business case en beheerconstructies worden uitgewerkt in WP2. De voor- en nadelen voor de positie van (eind)gebruikers worden geanalyseerd en van aanbevelingen voorzien in WP3. Dit geheel wordt binnen de werkpakketten globaal getoetst in case studies (Haarlem, Heerlen, Buiksloterham en Zaanstad) mede middels workshops en interviews. De toetsresultaten zijn input voor het programma van eisen in WP4 voor een uit te voeren demonstratie van een KWN. De case studies hebben elk een ander schaalniveau: het effect van de schaal op de haalbaarheid wordt zo eveneens beoordeeld. In WP5 is naast het management van het project, ook de kennisverspreiding via publicaties en presentaties ondergebracht.

Resultaten

- Een inleidend technisch handboek.
- Een gedetailleerd technisch ontwerp handboek
- Een beschrijving van de procesaanpak van initiatie tot beheer inclusief organisatievormen
- Een multi-stakeholder tool om de Total Cost of Ownership (TCO) van een KoelWarmteNet te vergelijken met 4 andere warmtenet varianten. De tool kan aan 10 verschillende projectpartners (stakeholders) investeringen en kosten alloceren.
- Een wako wiki met daarin technische, financiële en governance informatie voor initiatiefnemers van en betrokkenen bij een koel warmtenet.

Hyperlinks

- <https://projecten.topsectorenergie.nl/projecten/koele-warmtenetten-29096>
- <https://www.kowanet.nl/>

Conclusie kennishiaten en benodigde vervolgacties

De ontwikkelde handboeken en TCO-tool vormen een solide basis voor KoWaNetten, maar vervolgonderzoek is nodig naar de technische betrouwbaarheid van open systemen, data-uitwisseling en sturing tussen meerdere exploitanten, en juridische vraagstukken rond eigendom en toegang. Voor TKI Urban Energy en de sector ligt de opgave in het actualiseren van de KoWaNet-kennis naar de huidige stand van techniek (zoals integratie met 5GDHC en ZLT-netten), het testen van open netconcepten in praktijkpilots, en het ontwikkelen van standaardcontracten en governance-templates voor gedeelde infrastructures.

D2GRIDS: Duurzame verwarming en koeling van steden

Betrokken partijen

Mijnwater BV, Open Universiteit (NL), Asper Investment Management Ltd (UK), Clyde Gateway Developments Ltd (UK), ECOTRANSFAIRE (LU), Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) (FR), GreenFlex (FR), Construction21 France (FR), Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO) NV (BE), FUW GmbH (DE), Nottingham City Council (UK), EPA Paris-Saclay (FR).

Looptijd

Oktober 2018 - september 2023.

Doel

Het D2GRIDS-project beoogt de ontwikkeling van 5e generatie stedelijke verwarmings- en koelnetwerken (5G DHC) in Europa. Deze netwerken maken het mogelijk om te anticiperen op de behoeften of bronnen van warmte, koude of hernieuwbare elektriciteit in hun omgeving. Ook zal de logica van lokaal collectief zelfverbruik worden geoptimaliseerd door de warmte- en koelbehoeften, opslagcapaciteit of bijbehorende thermische of elektrische flexibiliteit breed te integreren. Het doel van D2GRIDS is om het aandeel hernieuwbare energiebronnen dat wordt gebruikt voor verwarming en koeling te verhogen tot 20% in Noordwest-Europa 10 jaar na afloop van het project.

Aanpak

Doel is om het aandeel hernieuwbare energieën in deze lokale energiecircuiten te maximaliseren. Dit kan door een industrialisatie van de aanpak, een gestandaardiseerd technologisch model en een verduidelijking van het business model. Op die manier wordt de interesse in deze projecten voor externe investeerders vergroot.

Resultaten

Het D2Grids consortium, heeft vijf ontwerpprincipes voor 5GDHC-systemen opgesteld:

- Energielussen sluiten
- Gebruik van laagwaardige bronnen voor laagwaardige vraag
- Decentrale en vraaggestuurde energievoorziening
- Een geïntegreerde benadering van energiestromen
- Lokale bronnen als prioriteit

Op vijf locaties wordt gewerkt aan de implementatie. Dat zijn: Bochum (DE), Brunssum (NL), Glasgow (UK), Nottingham (UK) en Paris-Saclay (FR). De vijf partnerpilots hebben als doel om ongeveer 50.000 m² aan woningen en/of commerciële gebouwen aan te sluiten op een 5GDHC-netwerk. De Open Universiteit, een partner in het project, zal gerichte opleidings- en trainingsprogramma's opzetten. Deze universiteit levert expertise op het gebied van postdoctoraal en digitaal leren.

Hyperlinks

- <https://www.ou.nl/d2grids>
- <https://vb.nweurope.eu/projects/project-search/d2grids-increasing-the-share-of-renewable-energy-by-accelerating-the-roll-out-of-demand-driven-smart-grids-delivering-low-temperature-heating-and-cooling-to-nwe-cities/>

Conclusie kennishiaten en benodigde vervolgacties

De vijf ontwerpprincipes voor 5GDHC-netten bieden richting, maar de Nederlandse vertaling van deze principes vraagt om meer kennis over standaardisatie, interoperabiliteit en financiële rendabiliteit binnen de huidige wet- en regelgeving. Ook de rol van lokale besturen en investeerders in het opschalen van 5G-concepten is nog onvoldoende uitgewerkt. Voor TKI Urban Energy en de sector ligt de opgave in het aanpassen van de 5GDHC-methodiek aan Nederlandse context en marktstructuur, het ontwikkelen van open standaarden voor datakoppeling en systeemintegratie, en het opzetten van grensoverschrijdende kennisuitwisseling met Europese partners.

Maxflex ZLT

Betrokken partijen

Kersten Warmttransitie, Kropman Installatietechniek B.V., KWA Bedrijfsadviseurs B.V., NetVerder B.V., Priva B.V., Deltares, TU Delft, To Realize Concepts B.V., Universiteit Utrecht

Looptijd

2024 - 2028.

Doel

MaxFlex-ZLT helpt installatiebedrijven en GBS-ontwikkelaars de energietransitie te versnellen door bodemenergiecentrales (BEC's) net zo robuust en betrouwbaar te maken als conventionele installaties. Hierdoor wordt aansluiting op bodemenergiesystemen en (Z)LT-netten plug&play in plaats van plug&pray.

Aanpak

In pilots in Utrecht, Delft en Goes verwachten we minimaal 20% lagere operationele kosten voor gebouweigenaren. We transformeren BEC's tot slimme energyhubs die optimaal gebruikmaken van flexibiliteit in gebouw én bodem. Zo leveren we verwarming en koeling met de goedkoopste, fossielvrije stroom en verminderen we netcongestie, onder meer via GOPACS. Ook dragen we bij aan duurzaamheidsdoelen en helpen we netbeheerders door congestiediensten te leveren. Innovatief is de inzet van warmtepompen voor warmte (P2H) en koude (P2C) opslag in de bodem, wat zowel comfort als netbalans ondersteunt.

Resultaten

Binnen 4 jaar realiseert MaxFlex-ZLT de volgende hoofdresultaten:

1. GBS-oplossingen getest (R1): Slimme regelingen en enabling tech voor complexe BEC's in (Z)LT-netten, gebaseerd op Digital Twins met fysica en AI, die energieflex ontsluiten zonder comfortverlies.
2. Handleiding Regeltechnisch Ontwerp (R2): Essentieel voor betrouwbare inzet van flexibiliteit in BEC's.
3. Flexdiensten onderbouwd (R3): Pilot en rapport over inzet van BEC's voor EPEX-spotrespons en balancerings- en congestiediensten.
4. Randvoorwaarden seizoensopslag (R4): Inzicht in effecten van o.a. variabele injectietemperaturen (tot 50°C) op ondergrondverliezen en regelbaarheid.
5. Gebouweisen voor energiediensten (R5): Randvoorwaarden en raamwerk vanuit gebouwperspectief.
6. Validatie in pilots (R6): Meting van prestatieverbetering op betaalbaarheid, duurzaamheid, efficiëntie en netbalans.
7. Raamwerk maximale flexibiliteit (R7): Voor gebouwen en (Z)LT-netten.

Hyperlinks

- <https://bodemenergie.nl/max-flex-zlt/>
- <https://projecten.topsectorenergie.nl/projecten/maximale-energie-en-bufferflexibiliteit-met-utiliteitsgebouwen-en-bodemenergie-in-zlt-netten-39244>

Conclusie kennishiaten en benodigde vervolgacties

De pilots tonen aan dat bodemenergiesystemen veel flexibiliteit kunnen leveren, maar dat de technische randvoorwaarden voor veilige opslag, betrouwbare regeltechniek en interoperabiliteit met EMS'en nog onvoldoende zijn vastgesteld. Voor TKI Urban Energy en de sector ligt de opgave in het ontwikkelen van richtlijnen voor regeltechnisch ontwerp, het waarderen van flexibiliteit in marktmechanismen (zoals GOPACS), en het borgen van kennisoverdracht tussen installateurs, netbeheerders en softwareontwikkelaars om implementatie op grotere schaal mogelijk te maken.

Joule4Joule

Betrokken partijen

Alliander N.V., COÖPERATIE ENERGIE SAMEN U.A., Enexis Netbeheer B.V., Inversable B.V., Invest-NL Business Development B.V., Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek TNO, Stichting deltaWonen, Tilburg University/Tilburg School of Catholic Theology, Universiteit van Tilburg/Faculteit Katholieke Theologie, ZEnMo B.V.

Looptijd

Januari 2025 - december 2028.

Doel

De doelstelling van Joule4Joule is het ontwikkelen van een duurzaam, netbewust wijkenergiesysteem, dat in staat is om:

- Bewoners te voorzien van zo veel mogelijk lokaal geproduceerde, betaalbare en duurzame elektriciteit, warmte en koude;

- Energie-overschotten uit periodes met hoge productie op te slaan door middel van opslag in te zetten tijdens energiearme periodes;
- Netcongestie te voorkomen of te verminderen;
- De lokaal beschikbare netcapaciteit optimaal te benutten;
- en het ontwikkelen van de daarvoor benodigde structurele en procesmatige samenwerking tussen netbeheerders, gemeentes en energiegemeenschappen.

Aanpak

Door in de praktijk samen te werken met de verschillende partijen in de waardeketen ontstaan de benodigde nieuwe samenwerkings- en financieringsvormen en energiediensten voor bewoners om dit soort systemen op te kunnen schalen voor andere wijken. Joule4Joule streeft bij het ontwikkelen van het wijkenergiesysteem naar nutsmaximalisatie. Dat houdt in dat het systeem voor zijn gebruikers uitblinkt in duurzaamheid, betaalbaarheid, leveringszekerheid, realiseerbaarheid en rechtvaardigheid.

Werkpakketten

Om het projectdoel te behalen worden verschillende activiteiten uitgevoerd:

1. Onderzoek en ontwikkeling van technische, economische en socio-organisatorische ontwerpvaarders voor verschillende archetype wijken;
2. Ontwikkelen van een wijkenergiegereedheidskist ter ondersteuning van informatievoorziening en besluitvorming, waaronder een wijkenergietool, digital twins en Joule4Joule-organisatietool;
3. Ontwikkelen van digitale ondersteuning voor energie inzicht en controle tijdens exploitatie, waaronder een dataplatform en opensource API voor backoffice diensten en user interfaces voor bewoners en beheerders;
4. Ontwikkeling van nieuwe samenwerkingscontracten, aansprekende producten en diensten voor bewoners en het ontwikkelen van termsheets voor financiers en marktpartijen;
5. Pilotprojecten om in de praktijk te valideren hoe de besluitvormingsprocessen, toolings en technische implementatie van de wijkenergiesystemen werken;
6. Standaardisatie van de processen en contracten die in het project ontwikkeld zijn op basis van ontwerpvaarders en toolings;
7. Kennisdisseminatie via spiegelpilotlocaties, openbare kennisdagen en een te ontwikkelen online kennisplatform.

Resultaten

Joule4Joule levert de volgende voordelen voor bewoners, energiegemeenschappen, netbeheerders en gemeentes:

- Bewoners en energiecoöperaties krijgen de benodigde kennis, vaardigheden en gereedenschappen in handen wat ze in staat stelt om nieuwe initiatieven voor wijkenergiesystemen in te richten, waarvoor het juridische kader duidelijk is en de financiële risico's laag zijn.
- Wanneer de resultaten van Joule4Joule leiden tot meer succesvolle wijkenergiesystemen, zal dit de lokale belasting van het net verlichten, waardoor netbeheerders meer tijd krijgen om het net te verzwaren waar dat het hardst nodig is en ze sneller nieuwe hernieuwbare energiebronnen kunnen aansluiten.
- Gemeentes worden beter in staat gesteld om bewoners en energiecoöperaties te ondersteunen bij nieuwe initiatieven voor wijkenergiesystemen en om hun regierol

adequaat op te pakken. De exacte waarde en terugverdientijd van de binnen Joule4Joule te ontwikkelen wijkenergiesystemen is momenteel niet goed in te schatten. Het scherp krijgen van de economische waardeketen is daarom één van de eerste activiteiten in het project.

Hyperlinks

- <https://bodemenergie.nl/joule4joule/>
- <https://projecten.topsectorenergie.nl/projecten/joule4joule-39111>

Conclusie kennishiaten en benodigde vervolgacties

Het project laat zien dat integrale wijkenergiesystemen technisch mogelijk zijn, maar dat het succes afhangt van governance, eigendomsverhoudingen en datatransparantie tussen gemeenten, netbeheerders en coöperaties. Er is nog onvoldoende inzicht in hoe nutsmaximalisatie in de praktijk wordt afgewogen tussen betaalbaarheid, rechtvaardigheid en leveringszekerheid. Voor TKI Urban Energy en de sector ligt de opgave in het ontwikkelen van standaardcontracten en juridische formats voor gezamenlijke exploitatie, het onderbouwen van economische waardeketens voor lokale energiesystemen, en het ontwikkelen van open dataplatforms en digital twins om samenwerking en besluitvorming te ondersteunen.

CHILL

Betrokken partijen

TNO, Bouwbedrijven, adviesbureaus en softwareontwikkelaars, conceptontwikkelaars, onderzoekinstelling Deltares, gemeentes en andere stakeholders:
Aalberts hfc B.V., BAM Energie & Water B.V., Brabant Water N.V., De Twee Snoeken Holding B.V., Dunea N.V., EBN B.V., Escom B.V., Gemeente Almere, Gemeente Rotterdam, Heijmans Infra B.V., Itho Daalderop B.V., Konvektco Nederland B.V., Logstor Nederland B.V., Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek TNO, Quantum Energietechnologie B.V., Siers Leiding-Montage Projekten, Oldenzaal, B.V., Stadhuis, Stadhuis Den Haag - Stadsdeelkantoor Centrum, Stadsdeelkantoor, Stichting de Alliantie, Deltares, Stichting Waternet, Stichting Wocozon, The People Group | Software B.V., TheEarlybirds B.V., Tri-Es Consultancy B.V.

Doel

Het CHILL-project biedt een integrale methodiek voor de efficiënte uitrol van ZLT-netten, gericht op verschillende spelers in de warmteketen. We geven concrete handvatten en tools om ZLT-netten kwantitatief en diepgaand te vergelijken met alternatieven voor Nederlandse wijken. Om op deze manier efficiënt uitvoeringsplannen te ontwikkelen voor grootschalige aanleg van ZLT-netten. Einddoel: ontwikkeling van ZLT netten als een gestandaardiseerde, betaalbare en toekomstbestendige oplossing voor de verduurzaming van de bestaande gebouwde omgeving.

Aanpak

Het project omvat de ontwikkeling van gedragen plannen voor de gestandaardiseerde uitrol van een ZLT net in meerdere wijken. Dit omvat:

- Methodiek voor bewonersparticipatie en volloop modelering/monitoring incl. totale kosten voor de afnemer, timing van klantaanbod en drijfveren.

- Gebruiksvriendelijk flexibel systeemontwerp voor ZLT netten met intuïtieve user interface, ontwikkeling van koudeprofielen, vergelijking met all electric en MT/HT varianten en berekening dynamische elektriciteitsvraag.
- Selectietool voor gebouwzijdige maatregelen (isolatie, warmtepomp, koeling, afgifte, etc.) inclusief uitbreiding van de Renovatie Verkenner.
- Procesbeschrijving van de aanlegmethode en technische standaarden inclusief ontwikkeling van een gemeenschappelijk, branche-breed gedragen document met uitgangspunten/standaarden m.b.t. (aanlegmethoden van) leidingen en warmtepompen.
- Gestandaardiseerde modellen/templates voor financiering, governance en organisatie en een uitwerking van tariefsystematiek.
- Ontwikkeling van innovaties e.g. combinaties van warmtepomp, afleverset, transportleidingen en bronnen/opslag en doorontwikkeling en demonstratie van innovaties aan systeemcomponenten.

Resultaten

Het CHILL-project ontwikkelt tools en methodieken voor de ontwikkeling van uitvoeringsplannen en efficiënte en duurzame implementatie van ZLT netten. Daarnaast zijn er innovaties ontwikkeld m.b.t. systeemcomponenten voor kostenverlaging en efficiencyverbetering. Aan het eind van dit project is een integrale aanpak voor de implementatie van ZLT-netten als een gestandaardiseerde, betaalbare, veilige, en toekomstbestendige oplossing voor verduurzaming van de gebouwde omgeving voor wijken in heel Nederland ontwikkeld, gevalideerd in praktijkcases en beschikbaar gemaakt bestaande uit:

- Uitvoeringsplannen ZLT netten in diverse wijken (cases)
- Keuzehulp afnemers en volloop tool • Flexibel systeemontwerp ZLT net
- Selectie- en adviestool gebouwzijdige maatregelen
- Procesbeschrijving aanleg en technische standaarden
- Governance, organisatie- en financieringsmodellen
- Innovatie van systeemcomponenten
- Aanpak en methodiek voor integrale afweging

Hyperlinks

- <https://projecten.topsectorenergie.nl/projecten/cooling-and-heating-integrated-low-temperature-logistics-39519>

Conclusie kennishiaten en benodigde vervolgacties

De integrale methodiek biedt een veelbelovend raamwerk voor de standaardisatie van ZLT-netten, maar er is nog onvoldoende kennis over de interactie tussen bewonersvolloop, systeemprestaties en investeringsmomenten. Ook vraagt de vertaling van technische standaarden naar praktisch toepasbare aanbestedings- en financieringsmodellen verdere uitwerking. Voor TKI Urban Energy en de sector ligt de opgave in het uitwerken van dynamische businesscases die rekening houden met gefaseerde aansluiting, het afstemmen van technische standaarden met marktpartijen, en het organiseren van een kennisplatform waar ervaringen met ZLT-implementatie structureel worden gedeeld.

ABLE

Betrokken partijen

4YEF, Coöperatie duurzaamheid bedrijventerreinen Zaltbommel U.A., Energietransitie Bunschoten B.V., Groendus Groep B.V., Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek TNO, Qing Sustainable B.V., ROM Regio Utrecht B.V., Saxion Hogeschool / Saxion, Syntraal B.V., To Realize Concepts B.V., Transitmakers B.V., Vereniging Bedrijvenkring Ondernemend Veenendaal, Voest Alpine Automotive Components Bunschoten B.V.

Looptijd

Juli 2025 - december 2028

Doel

Het doel van het project is om de ontwikkeling van kleinschalig uitbreidbare warmtenetten op bedrijventerreinen te versnellen, door kansen te identificeren en barrières weg te nemen voortkomende uit technisch-economische en organisatorische vraagstukken.

De realisatie van een kleinschalig uitbreidbaar warmtenet kent een aantal vraagstukken op technisch- economisch en organisatorisch vlak. Om deze vraagstukken op te lossen en de projectdoelstelling te bereiken zijn aan het eind van het project onderstaande onderzoeksvragen beantwoord:

- Hoe kan een kleinschalig uitbreidbaar warmtenet technisch worden vormgegeven?
- Wat zijn de economische implicaties van de benodigde technische ontwikkelingen en welke businessmodellen zijn geschikt voor kleinschalige warmte-uitwisseling?
- Welke organisatorische aspecten komen er kijken bij het opzetten van een kleinschalig uitbreidbare warmtenetten?
- Wat zijn de randvoorwaarden waaraan kleinschalig uitbreidbare warmtenetten moeten voldoen?

Aanpak

Om dit doel te bereiken zijn er twee hoofdresultaten:

1. Er is een uitontwikkeld concept voor kleinschalig uitbreidbare warmtenetten, waarin technisch-economische en organisatorische randvoorwaarden zijn vastgesteld.
2. Er is een ontwikkelpakket dat als handreiking voor bedrijven, gebiedsregisseurs, kwartiermakers en energieadviseurs kan worden gebruikt om kleinschalig uitbreidbare warmtenetten te initiëren en ontwikkelen.

Werkpakketten

R1 – Technisch-economische tools voor kleinschalig uitbreidbare warmtenetten

R2 – Organisatorische analyse format

R3 – Ontwikkelpakket Kleinschalige Uitbreidbare Warmtenetten

R4 – Realisatiepilot Bunschoten

R5 – Initiatie- en ontwikkelpilots Zaltbommel & Veenendaal

R6 – Projectmanagement & kennisdisseminatie

Het project onderzoekt in Resultaat 1 de technische en economische voorwaarden voor kleinschalige warmtenetten, zoals tools en businesscase-frameworks. Resultaat 2 richt zich op de organisatorische en juridische aspecten en ontwikkelt collaboratieve

businessmodellen. Deze inzichten worden getoetst in praktijkpilots (Resultaat 4 en 5), waaronder Bunschoten (realisatiefase) en Veenendaal/Zaltbommel (initiatiefase). De uitkomsten worden samengebracht in Resultaat 3: een praktisch ontwikkelpakket met handreikingen voor bedrijven en gebiedsregisseurs, dat hen helpt beslissingen te nemen over deelname aan een warmtenet.

Resultaten

Na afloop van ABLE is een getoetst concept ontwikkeld voor kleinschalige uitbreidbare warmtenetten, inclusief technische, economische en organisatorische randvoorwaarden. Het project levert een interactief Ontwikkelpakket op, getest op drie bedrijventerreinen, waarmee bedrijven, regisseurs en adviseurs ondersteund worden bij het opzetten van warmtenetten. Dit pakket helpt barrières te overwinnen, biedt inzicht in de businesscase en minimaliseert faalkosten.

Hyperlinks

- <https://projecten.topsectorenergie.nl/projecten/actiegericht-op-bedrijventerreinen-laagdrempelig-energie-uitwisseling-realiseren-39455>

Conclusie kennishiaten en benodigde vervolgacties

Het project ABLE richt zich op de ontwikkeling van kleinschalig uitbreidbare warmtenetten op bedrijventerreinen. De inzichten tonen dat kennis nog ontbreekt over de fasering van aanleg, temperatuurregulatie bij groei, en de invloed van dynamische warmtevraag op het ontwerp. Daarnaast bieden de huidige regels onvoldoende ruimte voor gefaseerde uitbreiding en gedeeld eigenaarschap tussen bedrijven. Voor TKI Urban Energy en de sector ligt de opgave in het ontwikkelen van rekenregels en ontwerprichtlijnen voor uitbreidbare netten, het toetsen van flexibele governance- en eigendomsmodellen, en het verkennen van beleidsaanpassingen en financieringsvormen die modulaire systemen mogelijk maken.

DIAMETER

Betrokken partijen

Aardyn B.V., EBN B.V., Ennatuurlijk Aardwarmte Holding B.V., TNO, Deltares, TU Delft

Looptijd

2024 - 2029

Doel

DIAMETER is gericht op het ontsluiten van het LTA-dieptedomein voor optimale exploitatie en realisatie van een aantal economisch haalbare en maatschappelijk aanvaardbare LTA-ontwikkelingsprojecten binnen 5 jaar na de start van dit onderzoeksprogramma. Het doel van DIAMETER is om te zorgen dat warmtenetten met LTA-projecten in de gebouwde omgeving verder kunnen worden ontwikkeld en klaar zijn voor demonstratie wanneer de verwachte steun vanuit het Klimaatfonds beschikbaar is.

Aanpak

Het doel wordt bereikt door het aanpakken van technische en niet-technische kennishiaten/showstoppers, zoals verbeteringen in putontwerp, reservoirkarakterisatie van onbekende reservoirs, 2 pilotboringen en systeemintegratie. Deze kennis is nodig voor

realisatie van veilige, duurzame en economisch haalbare LTA-projecten. De LTA-markt zal profiteren van de meest actuele inzichten en in staat worden gesteld om LTA veilig en duurzaam te realiseren.

Resultaten

Resultaat 1: Veilige en duurzame putontwerpen

- 1.1 Optimaal putontwerp en well test programma
- 1.2 Workflow optimalisering boorgatmeten en vertaling naar hydrogeologische parameters
- 1.3 Beschrijving well en well test Aardyn (pilotboring Aardyn)

Resultaat 2: Derisken van semi geconsolideerde geothermische reservoirs

- 2.1 Statische reservoirkarakterisatie (pilotboring Ennatuurlijk Aardwarmte)
- 2.2 Dynamische reservoirkarakterisatie
- 2.3 Geomechanische reservoirkarakterisatie
- 2.4 Productie scenario's

Resultaat 3: Systeemintegratie LTA warmtesystemen

- 3.1 Inpassing LTA binnen energievoorzieningen
- 3.2 Multi-use van ondiepe ondergrond voor warmteproductie en -opslag

Hyperlinks

- <https://bodemenergie.nl/mooi-diameter/>
- <https://projecten.topsectorenergie.nl/projecten/mooi-diameter-39035>

Conclusie kennishiaten en benodigde vervolgcacties

Het project DIAMETER verkleint de onzekerheden rond laagtemperatuur-aardwarmte (LTA) door verbeteringen in putontwerp, reservoirkarakterisatie en systeemintegratie. De eerste resultaten tonen dat kennis nog ontbreekt over de betrouwbaarheid van semi-geconsolideerde reservoirs, veilige boorprocedures in stedelijke omgeving en de koppeling van LTA met bestaande warmte-infrastructuren. Voor TKI Urban Energy en de sector ligt de opgave in het ontwikkelen van standaardrichtlijnen voor veilig en efficiënt LTA-ontwerp, het testen van LTA-integratie met (Z)LT-netten in praktijkpilots, en het verankeren van technische en veiligheidsinzichten in beleid en vergunningverlening om opschaling mogelijk te maken.

PEDFriendship

Betrokken partijen

Friendship Sports Centre, KLIK, aendless, anteagroup, TNO, Gemeente Amsterdam, ROCHDALE, Ymere.

Doel

Het doel van het project is het ontwerpen van een Positive Energy District (PED) voor sportaccommodaties, inclusief innovatieve lage temperatuur warmtebronnen en warmteopslag. Dit draagt bij aan energetische en economische optimalisatie van LT warmte- en koude netten en systeemintegratie van (grootschalige) opslag. Ook wordt het elektriciteitsnet ontlast en wordt gekeken naar nieuwe organisatiemodellen.

Aanpak

In dit project wordt een ontwerp gemaakt van een PED in Amsterdam Noord, uitgevoerd door partners uit de hele warmteketen. Het Friendship Sport Centre is eigenaar en eindgebruiker van het energiesysteem. TNO is penvoerder en zal het LT warmte- en koude netwerk inclusief bronnen, buffers er afnemers simuleren en optimaliseren, met focus op gefaseerde groei. KLIK ontwerpt de installaties, zal daarna samen met TNO kijken naar inpassing van de OBES met hogere T-niveaus. Antea Realisatie ontwerpt de atletiekbaan met warmtecollectoren en kan dit in een later stadium ook aanleggen. Aendless Energy onderzoekt de businessmodellen en innovatieve samenwerkingsverbanden.

Resultaten

Het project resulteert in een technisch-economisch ontwerp en governance model van een PED in Amsterdam Noord. Het project levert ook opschaling mogelijkheden van een nieuwe technieken: warmtecollectoren in atletiekbanen, ontwerp OBES systeem met hogere temperaturen en de uitbreiding van de DesignToolkit om 5e generatie warmtenetten door te rekenen en optimaliseren.

Hyperlinks

- <https://www.tno.nl/en/newsroom/2025/08/friendship-sports-centre/>

Conclusie kennishiaten en benodigde vervolgacties

Het project PEDFriendship verkent hoe sportaccommodaties kunnen uitgroeien tot Positive Energy Districts door lage-temperatuurbronnen, warmteopslag en lokale netintegratie te combineren. De eerste inzichten tonen dat vooral de integratie van innovatieve warmtecollectoren en OBES-systemen en de gefaseerde groei van LT-netten nog kennisvragen oproepen, zowel technisch als organisatorisch. Ook is verdere verkenning nodig van haalbare governance- en businessmodellen voor kleinschalige collectieve systemen. Voor TKI Urban Energy en de sector ligt de opgave in het valideren van deze innovatieve bron- en opslagtechnieken in praktijktoepassingen, het ontwikkelen van schaalbare reken- en ontwerptools voor PED-concepten, en het uitwerken van samenwerkingsmodellen die lokale energiehubbs economisch en bestuurlijk haalbaar maken.

Contact

Het domein van ZLT-uitwisselingsnetten is voortdurend in beweging! Wilt u op de hoogte blijven van de actuele ontwikkelingen rondom consortia, rapporten, events en webinars? Dat kan via de [nieuwsbrief van TKI Urban Energy](#).

Voor vragen en opmerkingen over dit overzicht kunt u contact met ons opnemen via [de website van de Topsector Energie](#), daar staan alle contactgegevens.

contact

tki urban energy

T 31 30 747 00 27

E info@tki-urbanenergy.nl

T www.tki-urbanenergy.nl