



SLAGVAARDIG ONTWIKKELEN VAN LOKALE LAAGTEMPERATUUR WARMTENETTEN

Praktische handvatten voor een snelle realisatie

TKI-OLEC consortium: Huygen Installatie Adviseurs (penvoerder), ABT, LievenseCSO, TNO, ESCOplan en De Haas advies duurzaam gebouwde omgeving
September 2017

Contactpersoon:

Ir. E.M.M. Willems, Huygen Installatie Adviseurs BV, e.willems@huygen.net

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

www.tki-olec.nl



Inhoudsopgave

SLAGVAARDIG ONTWIKKELEN VAN LOKALE LAAGTEMPERATUUR WARMTENETTEN	1
Praktische handvatten voor een snelle realisatie	1
Samenvatting	3
Voorwoord	5
1 Warmlopen voor de energietransitie	8
2 Snel van idee naar realisatie	12
2.1 De OLEC-aanpak voor de ontwikkeling van lokale warmtenetten	12
2.2 Visievorming, ambities en doelstellingen	13
2.3 Initiatiefnemers	14
3 Verkenning en strategie	16
3.1 Omgevingsanalyse	16
3.2 Stakeholderanalyse	16
3.3 Gebiedsanalyse	19
3.4 Snelkeuzegids	24
4 Haalbaarheid en businesscase	28
4.1 Financiële exploitatie	28
4.2 Governance en business model	30
5 Realisatie en exploitatie	32
5.1 Praktijkvoorbeeld in uitvoering. Duurzame Ring Heerhugowaard	32
5.2. Gerealiseerde voorbeelden uit andere landen	32
6. Specialistische modellen	34
6.1 Profielgenerator warmtevraag en -aanbod	34
6.2 Optimalisatie warmtenet met CHES	36
6.3 Planning en parameters leidingkosten	37
7. Snel aan de slag	39
Begrippenlijst	40
Literatuurverwijzingen	41
Bijlage: kostenkengetallen 5^{de} generatie warmtenetten en woningrenovatie	
Bijlage: Bijdrage aan de doelstellingen TKI-Energo	



Samenvatting

De benutting van restwarmtestromen en lokale, duurzame en laagwaardige energiebronnen in de gebouwde omgeving zal volgens OLEC - Optimalisering Lokale Energie infrastructuur voor laagwaardige en duurzame energietoepassing door middel van Clusterbenadering - een forse bijdrage gaan leveren aan de transitie naar een energieneutrale, gasloze gebouwde omgeving. Maar om de klimaatverandering af te remmen en het liefst te stoppen, moeten we nu snel flinke stappen gaan zetten. Het OLEC consortium ontwikkelde een effectieve tactiek voor het slagvaardig ontwikkelen van lokale zeer laagtemperatuur (ZLT) warmtenetten ($< 50^{\circ}\text{C}$), en reikt praktische handvatten aan voor versnelling.

Negentig procent van de Nederlandse woningen wordt op dit moment nog verwarmd met aardgas. Met de ambitie van het Klimaatverdrag van Parijs en de Energieagenda van minister Kamp in ons achterhoofd - energieneutraal in 2050 - betekent het overschakelen naar zogenaamde 'gasloze' wijken nogal wat. Het is een grote opgave, die vraagt om een forse inspanning van zowel burgers, overheden als bedrijven. Een opgave die bovendien vraagt om een wezenlijk andere manier van werken.

In navolging op het EOS LT TRANSEP onderzoek –waarin koploperprojecten zijn geanalyseerd en een transitieaanpak is voorgesteld - heeft het OLEC consortium (Huygen, ABT, LievenseCSO, TNO, ESCOplan en de Haas & Partners) in het TKI-OLEC project uitgebreid onderzoek gedaan naar een versnelling in de besluitvorming bij de transformatie van het gasnet naar een ZLT-warmtenet in de gebouwde omgeving. Daaruit blijkt dat als vanaf het initiatief van een project de organisatie, techniek en economie in gelijktijdig tempo ontwikkeld worden, dit het proces met jaren kan versnellen.

OLEC presenteert een aanpak waarbij per project deze drie sporen parallel doorlopen worden. De organisatie lijkt op die bij een gebiedsontwikkeling, met een stakeholderanalyse en gebiedsanalyse, en gelijktijdig een analyse van economische haalbaarheid. Het is daarbij van wezenlijk belang dat alle stakeholders na elke projectfase commitment aangaan in samenwerkings-, intentie- en contractovereenkomsten. Qua techniek heeft het consortium gekozen voor het toepassen van ZLT-warmtenetten waardoor het mogelijk is om rechtstreeks laagtemperatuur warmte te kunnen benutten. Wat het economische aspect betreft is alleen met zicht op een sluitende financiering vanaf de initiatieffase de volgende stap naar de ontwerpfase zinvol.

Belangrijk voor het versnellen van besluitvorming over warmtenetten is het snel inzicht krijgen in technische en financiële kenmerken van ZLT- warmtenetten. Omdat er een hoge mate van uniformiteit in de warmtevraag van de gebouwde omgeving is, heeft het OLEC consortium toegankelijke instrumenten rondom technische standaardoplossingen kunnen ontwikkelen, die de versnelling in het besluitvormingsproces ondersteunen.

De kennis van OLEC is samengevat in een reeks van instrumenten, waaronder de Snelkeuzegids met zes verschillende scenario's voor zeer lage temperatuur warmtenetten, waarvoor een reeks van technische en financiële kengetallen is ontwikkeld. Per scenario is in een overzicht te zien in welke referentiewijken zij toepasbaar zijn. Die informatie is niet alleen technisch van aard (energie, restwarmte, bodem), maar belicht ook meteen de economische haalbaarheid en houdt rekening met kansen en bedreigingen door diverse omgevingsfactoren. Naast de eigenschappen van de fysieke omgeving zijn ook de stakeholders en een business model



opgenomen. De omgeving - zowel sociaal als fysiek- dicteert immers wat de mogelijkheden zijn om ideeën uit te kunnen voeren.

Deze catalogusbladen zijn in feite blauwdrukken voor de uitrol van ZLT- warmtenetten. In de vroege fase van besluitvorming, visievorming, verkenning en haalbaarheid geeft dit alle stakeholders eenzelfde inzicht, gefundeerd op eenduidige aannames. Hierdoor zijn risico's al vroeg af te bakenen en kunnen de betrokken partijen sneller en efficiënter samenwerken, en tot besluitvorming komen. De gebiedsanalyse is zo'n instrument waarmee snel een optimaal scenario te bepalen is.

Een initiatief dat in korte tijd concreet gemaakt kan worden creëert draagvlak bij gemeente, gebouw eigenaren en afnemers en aanbieders van energie. Dat lukt alleen door de afzonderlijke bouwstenen - vraag, aanbod, kosten, techniek, draagvlak - meteen al in onderlinge samenhang te bezien en de hoeveelheid theoretische oplossingen voor het warmtenet snel te beperken tot enkele kansrijke.

Om gasloze wijken niet alleen een ambitie te laten blijven maar op korte termijn realiteit te laten worden, kan de toepassing van de resultaten uit het OLEC onderzoek het verschil maken.

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



Voorwoord

Nederland heeft de ambitie om in 2050 energieneutraal te zijn. Om deze forse opgave te kunnen realiseren, zijn grote veranderingen nodig en is daarbij tempo geboden. Hoe pakken we dat samen aan? Het consortium OLEC - Optimalisering Lokale Energie infrastructuur voor laagwaardige en duurzame energietoepassing door middel van Clusterbenadering - ziet grote kansen in de inzet van lokale zeer laagtemperatuur (ZLT) warmtenetten en ontwikkelde een aanpak met praktische instrumenten, waarmee de betrokken partijen concreet aan de slag kunnen gaan en daadwerkelijk vaart kunnen maken.

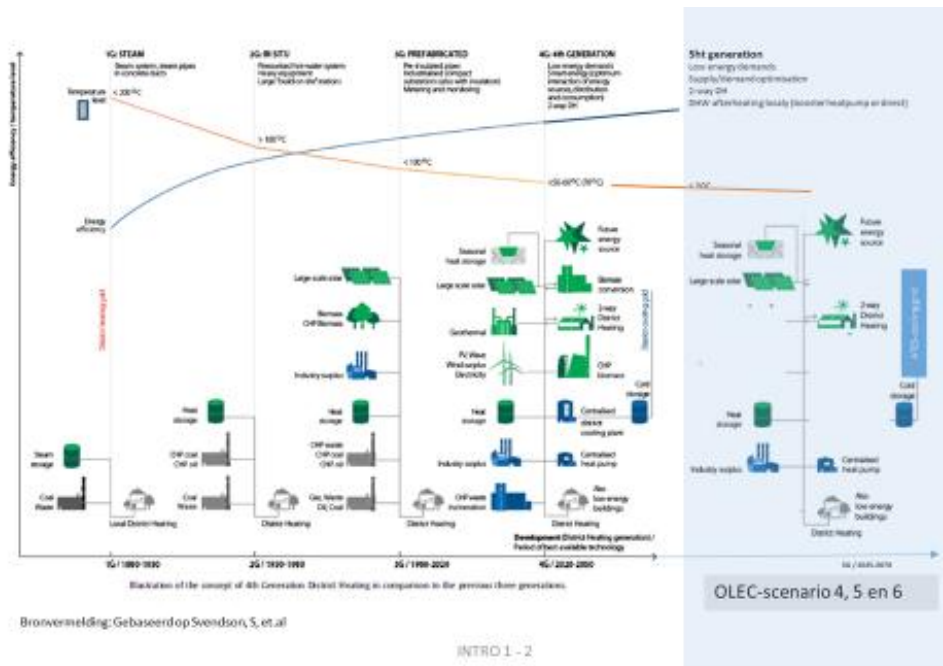
Om op termijn energieneutraliteit te bereiken, zal ons land de energievraag verregaand moeten verlagen. In de gebouwde omgeving betekent dat onder meer renovatie van de bestaande bouw, al of niet samen met de ontwikkeling van warmtenetten. Uit eerder onderzoek blijkt dat **geohub** en **all-electric** concepten leiden tot de hoogste mate van energieneutraliteit. [1]

Maar we kunnen pas daadwerkelijk duurzaam transformeren als alle partijen die bij een gebied betrokken zijn samenwerken, als de transitie vanuit bestaande energie-infrastructuren mogelijk is en eerder gedane investeringen zoveel mogelijk behouden blijven. Daarvoor bieden ZLT-warmtenetten een uitgelezen kans, en reikt de OLEC aanpak met instrumenten - de omgevingssanalyse, Snelkeuzegids en een draaiboek voor een business model - praktische handvatten aan. Door een integrale benadering van techniek, organisatie en economie kunnen de belanghebbenden het proces van de implementatie van warmtenetten hiermee met jaren versnellen. Instrumenten als de Snelkeuzegids met voorbeeldscenario's en door OLEC ontwikkelde specialistische modellen als de profielgenerator warmtevraag bieden daarbij een snelle beeldvorming en verdiepingsmogelijkheden.

Effectief benutten van restwarmte

Volgens ons - het consortium OLEC - zal de benutting van restwarmtestromen en lokale, duurzame en ZLT-warmtebronnen zoals **WKO** in de gebouwde omgeving een forse bijdrage kunnen leveren aan de energietransitie. Lokale warmtenetten, hergebruik en opslag van (laagtemperatuur) energiestromen dragen bij aan het beperken van aanpassingen aan de bestaande (elektriciteits) energie-infrastructuur. Onze eerdere ervaringen, waaronder het Mijwaterproject in Heerlen, de Duurzame Ring Heerhugowaard, onderzoeken aan de Waalsprong bij Nijmegen en diverse internationale ervaringen laten zien dat een **lokale hybride energie infrastructuur**, gebaseerd op **clusternetten** een belangrijke stap in de richting naar een energieneutrale gebouwde omgeving is.

De meeste warmtenetten kunnen onder de 3^e of 4^e generatie warmtenetten worden geschaard.[2] De warmtenetten van OLEC laten zich kwalificeren als een 5e generatie, waarin de maximale benutting van de meeste voorkomende laagtemperatuur warmtebronnen en warmteopslagtechnieken wordt beoogd. De temperaturen zijn lager dan 50 °C, voor warmtapwaterverwarming is er binnen de huidige Nederlandse regelgeving dan nog wel een naverwarming per gebouw nodig.



OLEC als vijfde generatie warmtenet. De scenario's komen in hoofdstuk 3 verder aan bod.

Voor wie is deze publicatie bestemd?

Minister Kamp van Economische Zaken ondertekende in maart 2017 samen met dertig gemeenten, twaalf provincies, vijf netbeheerders en de VNG een Green Deal, die gemeenten in staat stelt om woningen op een andere manier te laten verwarmen dan met aardgas. [3] Gemeenten vervullen in het proces van duurzame gebiedsontwikkeling een actieve en centrale rol. Zij formuleren klimaat- en energieambities, vertalen die naar beleidsdoelstellingen, realiseren samen met andere partijen plannen die minimaal aan die doelstellingen moeten voldoen en communiceren daarover met andere overheden, betrokken marktpartijen en burgers. Hoewel energie, klimaat en duurzaamheid hoog op de politieke agenda's staan en veel Nederlandse gemeenten verregaande ambitieniveaus hebben geformuleerd, blijkt de implementatie en opschaling door onvoldoende beschikbaar instrumentarium bij de diverse betrokken partijen en actoren niet of slechts moeizaam tot stand te komen.[4] Deze publicatie is dan ook bedoeld voor alle (professionele) partijen die werken aan duurzame (gebiedsontwikkelings-) projecten met hoge energieambities, waaronder medewerkers van gemeenten, provincies, adviseurs, corporaties, Energy Service Companies (ESCO's), projectontwikkelaars en energiedistributiebedrijven.

Leeswijzer: praktisch draaiboek, handige instrumenten en daadwerkelijke versnelling

Met al deze verschillende stakeholders is er binnen dit transitieproces nog meer dan anders behoefte aan concrete tools en een gemeenschappelijke taal. Wij nemen u als initiatiefnemer in deze publicatie aan de hand in de eerste stappen van het ontwikkelproces en reiken - om de benodigde vaart te kunnen maken - daarvoor praktische handvatten aan.

Na in het eerste hoofdstuk de urgentie van de energietransitie en kansen van de benutting van restwarmte te hebben geschetst, presenteren wij in hoofdstuk 2 onze aanpak voor de ontwikkeling van ZLT-warmtenetten. In de volgende drie hoofdstukken volgen wij de drie fases van ons draaiboek. In hoofdstuk 3 (Verkenning en strategie) gaan wij in op de eerste 'versnellingsinstrumenten'; de omgevingsanalyse (bestaande uit de stakeholdersanalyse, gebiedsanalyse) en het gebruik van de Snelkeuzegids. In hoofdstuk 4 (Haalbaarheid en businesscase) komen de financiële haalbaarheid en de opzet van een passende businesscase met het business model als versnellingsinstrument aan bod. Daarop volgend lichten we in



hoofdstuk 5 (Realisatie en Exploitatie) een aantal (inter-)nationale praktijkvoorbeelden toe. In hoofdstuk 6 komen vervolgens enkele specialistische modellen aan bod en we sluiten in hoofdstuk 7 af met een conclusie en vooruitblik. In de tekst zijn met nummers elke literatuurverwijzingen aangegeven, terug te vinden in de literatuurlijst. De dikgedrukte begrippen in de tekst leggen wij uit in de begrippenlijst en als bijlage is een afbeelding met de kostenkengetallen van de 5de generatie warmtenetten en woningrenovatie toegevoegd.

Wij hopen u met deze publicatie te helpen bij het in korte tijd in beeld brengen van kansen en uitdagingen bij het ontwikkelen van een duurzaam warmtenet en vooral om u te enthousiasmeren om verdere stappen te nemen.

Over OLEC

OLEC staat voor 'Optimalisering Lokale Energie infrastructuur voor laagwaardige en duurzame energietoepassing door middel van Clusterbenadering'. Ons doel is het ondersteunen van weloverwogen afwegingen om de benutting van laagwaardige restwarmte te bevorderen. Daartoe hebben we lokale zeer laagtemperatuur warmtenetten uitgewerkt voor de benutting van lokaal beschikbare duurzame, laagtemperatuur warmtebronnen en warmteopslag. Wij ontwikkelden daarvoor concreet toepasbare en opschaalbare scenario's voor gebouwclusters, die tevens getoetst zijn op financieel haalbare energie-exploitatie. Het TKI-OLEC consortium bestaat uit Huygen Installatie Adviseurs (penvoerder), ABT, LievenseCSO, TNO, ESCOplan en De Haas advies duurzaam gebouwde omgeving.

Dit TKI-OLEC onderzoek is een vervolg op EOS LT TRANSEP ('Transitie in energie en proces voor duurzame gebiedsontwikkeling', 2008-2012), waarin een aantal koploperprojecten in gebiedsontwikkeling zijn geanalyseerd om belemmeringen in werkwijzen op te werpen en succesvolle strategieën te duiden. Dit onderzoek leidde tot de publicatie 'Met 20 bouwstenen naar een energieneutraal gebied', waarin een transitieaanpak is voorgesteld. Deze transitieaanpak is ook toepasbaar op warmtenetten als onderdeel van een gebiedsontwikkeling.

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



1 Warmlopen voor de energietransitie

“Bijna 200 landen gaan er alles aan doen de stijging van de temperatuur op aarde te beperken tot 2 graden, liefst 1,5 graad. Veel landen zullen veel sneller afscheid moeten nemen van fossiele brandstoffen en schonere technologieën moeten ontwikkelen om hun handtekening waar te maken.” (Trouw, 4 november 2016 [5])

Om de ongewenste opwarming van de aarde te voorkomen, staat de wereld voor de enorme opgave om van fossiele brandstoffen over te stappen naar volledig duurzame bronnen, zoals zonne-, wind –en bodemenergie. Nederland was een van de 200 landen die in 2016 het klimaatverdrag van Parijs ondertekende, maar blijkt op dit moment nog onderaan duurzaamheidslijsten te bungelen.[6] Aan plannen is er geen gebrek, maar het schort nog aan een duurzame realisatie. Om onze handtekening onder het klimaatverdrag waar te kunnen maken, zullen we nu dan ook de handen ineen moeten slaan en - spreekwoordelijk gezien - gas moeten geven.

Al in de jaren 50 van de vorige eeuw waarschuwde de Amerikaanse president Johnson het Congres voor opwarming van de aarde door het verbranden van fossiele brandstoffen en de daarbij vrijkomende CO₂. Voor de klimaattop in Parijs in 2015 gaf het KNMI eenmalig een code oranje af voor het klimaat in Nederland. “Als er nu geen maatregelen worden genomen tegen de wereldwijde uitstoot van broeikasgassen, zal het klimaat sneller veranderen.” [7] In het najaar van 2016 riep premier Rutte het bedrijfsleven dan ook op om de klimaatverandering te helpen beperken. En Minister Kamp van Economische Zaken ondertekende in maart 2017 samen met dertig gemeenten, twaalf provincies, vijf netbeheerders en de VNG een Green Deal, die gemeenten in staat stelt om woningen op een andere manier te laten verwarmen dan met aardgas.

Lokale warmte in de gebouwde omgeving

Met zo’n ongeveer 40% aandeel in de uitstoot van CO₂ zal de gebouwde omgeving een omvangrijke bijdrage moeten leveren aan de energietransitie. Verspreid in de omgeving zijn al diverse laagtemperatuur warmtebronnen beschikbaar, maar deze op grote schaal ruimtelijk op elkaar aansluiten, zoals we dat nu met ons gas- en elektriciteitsnet zijn gewend – vindt in de praktijk nog nauwelijks plaats. Warmtenetten kunnen lokale warmtebronnen verbinden met de warmtevragers - meestal gebouwen- al dan niet met tijdelijke (ondergrondse) opslag van warmte en koude. De koppeling van warmtenetten, diversificatie van bronnen, seizoensopslag en optimalisatie van deze netwerken bieden nog veel mogelijkheden om de toepassing van warmtenetten te vergroten en bestaande netten duurzamer en meer toekomstbestendig te maken.

De kracht van (zeer) laagtemperatuurwarmtenetten

Al sinds het eind van de negentiende eeuw wordt er gebruik gemaakt van restwarmte om in de collectieve warmtevraag van woningen te voorzien. Sindsdien zijn de netten verder uitgebreid en is de omvang, efficiëntie en duurzaamheid van warmtelevering toegenomen. OLEC kiest voor zeer Laag temperatuur (ZLT) warmtenetten (< 50 C), ook wel de 5e generatie warmtenetten genoemd. Rechtstreekse benutting van laagwaardige warmte betekent comfort, een hogere efficiëntie en minder energieverlies dan bij hogere temperatuur warmtenetten. De mogelijkheid om thermisch geïsoleerde gebouwen op lage temperatuur te verwarmen is bij uitstek een flexibele, duurzame lange termijn oplossing. Voor warm tapwater is er wel nog naverwarming nodig, dit kan bijvoorbeeld



door efficiënte boosterwarmtepompen. Juist de laagwaardige warmtebronnen zijn alom verspreid aanwezig in de gebouwde omgeving, en betekent voor producenten en bedrijven dat zij hun restwarmte kwijt kunnen zonder de nadelige gevolgen van bijvoorbeeld lozing op oppervlaktewater. Naast restwarmte uit productieprocessen zijn andere voorbeelden de condensatorwarmte van airconditioners, datacenters en supermarkten, restwarmte op kleinschalige bedrijventerreinen en laagwaardige warmte uit de ondiepe bodem (< 500m – mv) zoals warmte-koudeopslag (WKO) en ondiepe geothermie. Ook heeft de keuze voor lage temperatuur warmtenetten een positieve ruimtelijke impact, door het schrikbeeld van een land vol windmolenparken en zonnepanelenvelden in te dammen. [8]

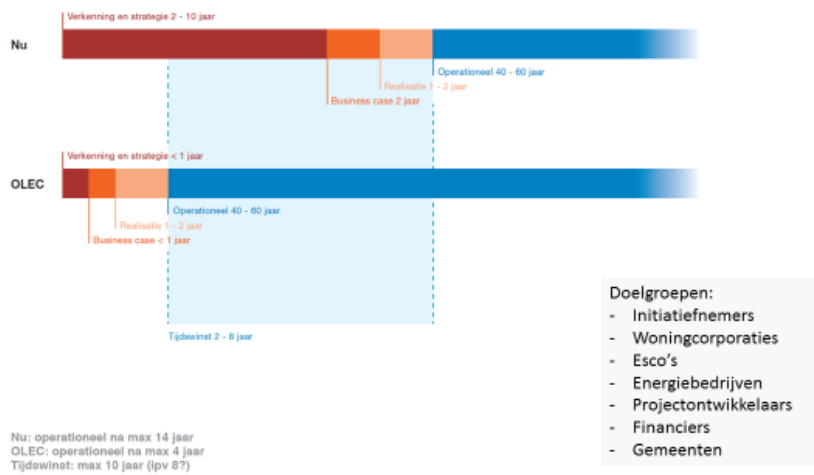
Uitdagingen en aanbevelingen

Hoewel de ervaring met hybride lage temperatuur warmtenetten in Nederland nog beperkt is, liggen de belangrijkste uitdagingen in de transitie niet zozeer in de technische oplossingen, maar met name op organisatorisch en financieel vlak. Ecofys en Greenvis kwamen in hun onderzoek ook tot deze conclusie. [9] In de bijlage zijn kengetallen opgenomen van de kosten van woningrenovatie en het aanpassen van warmtenetten die deze stellingname ondersteunen.

Waar hun werk eindigt met aanbevelingen met het **MAIS-model** en **Vesta** [10], ziet OLEC dat modellen voor kleinschalige geclusterde warmtenetten onvoldoende betrouwbare ondersteuning bieden voor een snelle besluitvorming. Uitgangspunten uit het onderzoek die we wel omarmen zijn:

- Gebouwen in ieder geval isoleren tot aan Energielabel B (jaarlijkse warmtevraag < 65 kWhth/m²).
- Naast ‘stand alone ZLT-warmtenetten’ ook mengvormen in temperaturen toepassen.
- ZLT-warmtenetten zijn goed complementair met ‘all electric oplossingen’ (OLEC scenario 2 en 3).
- Aanbevelingen voor tarifiering van energiebelasting achter de meter, indien de betreffende warmteopwekker noodzakelijk is in verband met het toepassen en benutten lage temperaturen.
- Bestaande bouw vraagt sociale acceptatie, bewoners zijn immers langjarig gewend aan onze aardgasvoorziening.

OLEC richt zich op de besluitvorming van professionele partijen zoals gemeenten, woningbouwcorporaties, energiebedrijven, Esco’s en bedrijven en gaat niet specifiek in op sociale acceptatie. We laten het - op basis van uitkomsten van een stakeholderanalyse - aan deze partijen over hoe om te gaan met het bevorderen van maatschappelijk draagvlak, en wat daarbij de meest passende instrumenten zijn. Het voornaamste doel van OLEC is het bereiken van versnelling in de besluitvorming. Daar waar we nu besluitvormingstermijnen zien van tien jaar en langer, kan dit met toepassing van de juiste instrumenten teruggebracht worden naar twee tot vier jaar, zoals in onderstaand beeld is weergegeven.



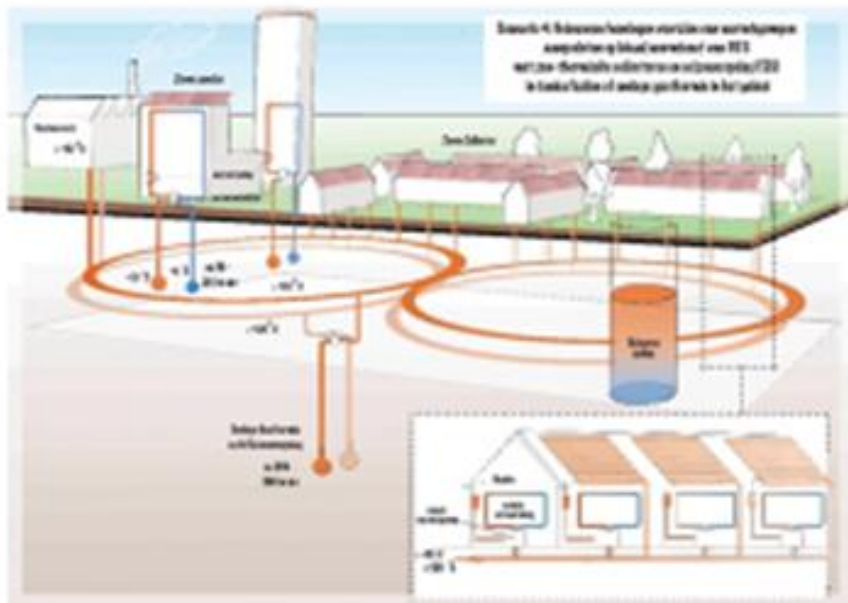
De versnelling in besluitvorming door de OLEC-aanpak brengt een aanzienlijke tijdswinst met zich mee

Transitie in organisatie en financiering

De huidige energietransitie van aardgas naar warmte in de gebouwde omgeving is niet alleen technisch van aard, maar moet ook gepaard gaan met een transitie in organisatie en financiering. De OLEC-aanpak biedt houvast op meerdere essentiële sporen: techniek, samenwerken en economie. De hoge investeringen in warmtenetten die in korte tijd nodig zijn, kennen een jarenlange terugverdientijd. Marktpartijen zoeken nog naar een geschikt verdienmodel en naar mogelijkheden voor het beheersen van de risico's en onzekerheden. Om het potentieel aan duurzame energiebronnen niet onbenut te laten, moet ook deze kant van de energietransitie gelijktijdig worden ontwikkeld. OLEC stelt een aanpak voor van private financiering en exploitatie, maar de OLEC-modellen zijn geschikt om er te zijner tijd een overheidscomponent aan toe te voegen. Overheden willen graag faciliteren in het ophalen van informatie - warmteaanbod en vraag, gebouwde omgeving, gasnetwerk - het verstrekken van de benodigde vergunningen en het maken en uitvoeren van beleid, bijvoorbeeld als onderdeel van een Green Deal.

Van gebouwaansluiting naar gebiedsontwikkeling: standaardoplossingen

Het ligt voor de hand om warmtenetten naar een hoger plan te tillen: van gebouwaansluiting naar gebiedsvoorziening. Maar op gebiedsniveau kan de energievraag divers en gecompliceerd zijn. In een groter gebied komen immers meer vormen van aanbod en opslag in beeld. De toepassing van OLEC-instrumenten vereenvoudigt de complexe zoektocht naar de meest duurzame en voordelige combinatie van aanbod en vraag naar warmte. Wij hebben verschillende instrumenten ontwikkeld waarmee de initiatiefnemers van een project vraagprofielen kunnen genereren, boven- en ondergrondse omgevingsfactoren in beeld kunnen brengen, netwerken op efficiëntie kunnen beoordelen én de financiële haalbaarheid van een warmtenet kunnen vaststellen. Met deze instrumenten hebben wij ook een set technische scenario's - onder diverse omgevingsfactoren - ontwikkeld, die in veel situaties in ons land direct toepasbaar zijn. Deze scenario's - die van elkaar verschillen in techniek, samenwerking en economie - helpen de beslisser om zich al direct in de startfase te focussen op de meest kansrijke combinaties.



Voorbeeld van een technisch scenario van een lokaal warmtenet

Voorlopers en effectieve benutting innovatieve energiebronnen

De Scandinavische landen tonen zich voorlopers in de toepassing van warmtenetten. In Denemarken is 70% van de woningen op een - hoge temperatuur- warmtenet aangesloten, de zogenaamde 3e en 4e generatie warmtenetten. In Nederland zullen de bewoners van nieuwbouw binnenkort ook al niet meer van aardgas aansluitingen gebruik kunnen maken. Tegelijkertijd zien we in ons land dat verschillende bronnen van restwarmte en geothermie nog onbenut blijven en dat innovatieve energiebronnen - zoals biomassa vergisting - zeker in aanmerking komen voor inpassing in lokale hybride energienetwerken. Een groot deel van ons netwerk van aardgasleidingen is inmiddels aan het einde van hun technische levensduur gekomen. Dit is een geschikt moment om over te stappen op warmtenetten en de benodigde budgetten voor de vervanging van het aardgasnet in te zetten voor de transitie naar warmtenetten.

De inpassing van warmtapwatervoorzieningen in een laagtemperatuur warmtenet vergt daarbij wel speciale aandacht. De voorschriften in Nederland zijn strenger dan in bijvoorbeeld Denemarken, waar met een wat lagere temperatuur zonder naverwarming per woning wordt geëxperimenteerd. In ons land is minimaal 58 °C (NEN1006) aan het tappunt vereist, en houden we vooralsnog vast aan naverwarming per woning, bijvoorbeeld door een boosterwarmtepomp met voorraadvat.



2 Snel van idee naar realisatie

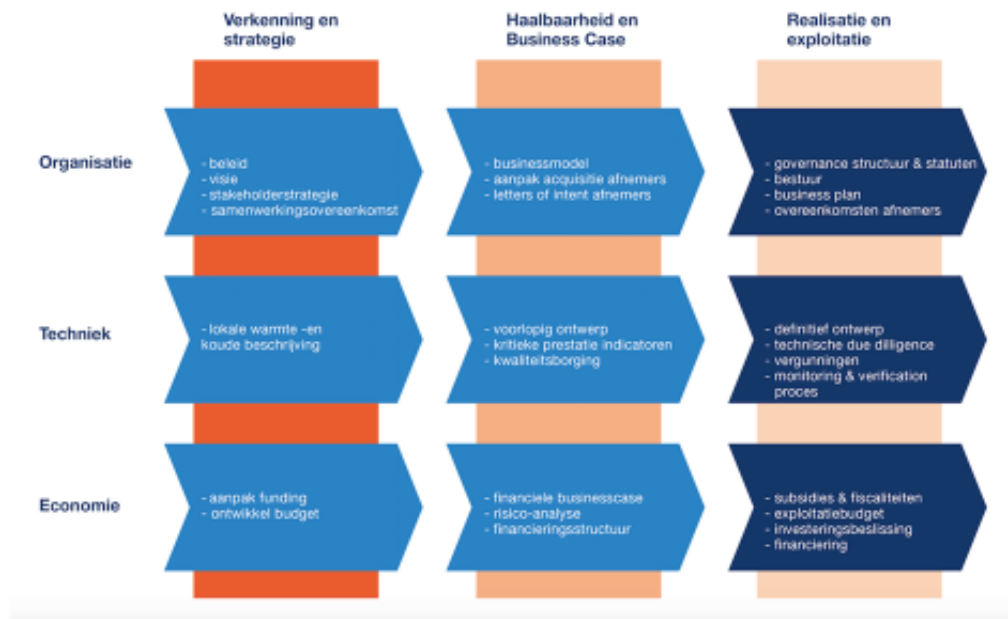
Een snelle besluitvorming in een omgeving met meerdere stakeholders vraagt om een solide basis voor het delen van informatie, zodat er een gedeelde kennisbasis ontstaat. TRANSEPDGO heeft dit al eerder aangetoond. [11] Deze kennis betreft enerzijds de procesmatige kant van de ontwikkeling van een warmtenet, en anderzijds de gebiedskenmerken. Beide zijn nodig om risico's te kunnen inschatten en beheersen. De OLEC-aanpak is een leidraad voor de 'stap voor stap' ontwikkeling van lokale warmtenetten.

2.1 De OLEC-aanpak voor de ontwikkeling van lokale warmtenetten

De praktijk van de ontwikkeling van nieuwe (energie-)projecten laat nog vaak een nadruk zien op het technische en financiële aspect - de terugverdientijd -, terwijl de omgeving waarin een nieuw project en/of verandering in de lokale warmtevoorziening wordt gerealiseerd bepaalt wat de mogelijkheden zijn om een idee daadwerkelijk te kunnen uitvoeren. Zowel de fysieke als sociale kenmerken van het gebied waarin een initiatiefnemer aan de slag wil gaan, hebben invloed op het uiteindelijke ontwerp en de bijbehorende financiering. Welke stakeholders zijn actief in de omgeving van het project? Wat zijn hun ambities en plannen? Wat beweegt hen om een bepaalde houding aan te nemen ten opzichte van het voorgenomen project, hebben ze er baat bij, zit het hen in de weg of moeten ze nog aan het idee wennen? Hoe kunnen we tegengestelde belangen ombuigen naar gedeelde belangen en welke partijen zijn er in de eerste stap minimaal nodig om succesvol de volgende stap te kunnen nemen?

Aanpak voor het opstellen van een draaiboek

Om bij de ontwikkeling van warmtenetten snel te kunnen schakelen van idee naar realisatie, introduceert OLEC een aanpak, waarin in de verschillende fasen drie sporen gelijktijdig worden bewandeld: organisatie, techniek en economie. Per projectfase en per spoor (organisatie, techniek, economie) hebben wij een aanpak opgesteld met de belangrijkste activiteiten, documenten en tools die ingezet kunnen worden. Het is van belang in een project de sporen gelijktijdig te ontwikkelen. De OLEC aanpak zien wij een belangrijke leidraad voor het opstellen van een draaiboek bij de ontwikkeling van ZLT- warmtenetten.



De OLEC-aanpak voor het opstellen van een draaiboek voor de ontwikkeling van warmtenetten

We onderscheiden drie fases die elk worden afgesloten met een overeenkomst. Pas als de stakeholders het eens zijn, zullen partijen met vertrouwen de stap naar een volgend fase zetten.

De organisatie bij de ontwikkeling van warmtenetten lijkt op die bij een gebiedsontwikkeling. Op basis van een stakeholderanalyse kan per project een effectief samenwerkingsverband worden aangegaan met de relevante partijen. Belangrijk is dat per fase een overeenkomst wordt opgesteld, waarmee partijen zich aan elkaar binden. Pas op basis van een meer concreet en goed onderbouwde overeenkomst zullen partijen de stap naar een volgende projectfase willen zetten: van een intentieovereenkomst naar een samenwerkingsovereenkomst. Dit is tegelijkertijd een basis om partijen die uit het ontwikkelingsproject willen stappen te kunnen vervangen door andere geschikte partijen, binnen de gewenste voorwaarden.

Qua techniek heeft team OLEC gekozen voor duurzame ZLT-warmtenetten, koudenetten zijn zowel energetisch als financieel minder interessant. Wat betreft de economie besteedt het draaiboek veel aandacht aan financiering en het betrekken van externe partijen voor de financiering, zoals banken, institutionele beleggers en crowd funding.

Door al deze drie sporen tegelijkertijd te doorlopen is iedereen vooraf bekend met de risico's. Dit in tegenstelling tot de huidige praktijk, waarin na veel gedane inspanningen het plan kan worden afgeblazen omdat het financieel niet haalbaar blijkt. De kans dat er na de initiatiefase stappen opnieuw doorlopen moeten worden is met onze aanpak gering en brengt een aanzienlijke tijdswinst met zich mee. Door daarnaast per projectfase met stakeholders een overeenkomst aan te gaan - met rechten en verplichtingen - zijn ook de financierende partijen gemotiveerd om zich al bij het begin van het initiatief te committeren.

Met deze OLEC-aanpak bij de hand kunnen we samen effectief lokale warmtenetten ontwikkelen. In de volgende hoofdstukken laten we zien hoe de in OLEC ontwikkelde concrete instrumenten binnen het proces te gebruiken zijn en de opstartfase helpen versnellen.

2.2 Visievorming, ambities en doelstellingen

Ideeën en plannen zijn er genoeg, maar hoe kunnen we deze op afzienbare tijd en binnen budget realiseren? Om te beginnen moeten we toewerken naar een visie voor het te ontwikkelen warmteproject. De bestaande beleidskaders en ambities van de initiator vormen



een belangrijke input voor deze visie. Werken aan een gezamenlijke visie kan helpen om de partijen te verbinden aan een gezamenlijk doel en vormt het uitgangspunt voor verdere stappen.

Voorbeeld ambitie

Geformuleerde ambitie: 'We moeten toe naar een gelijkwaardige positie van warmte naast aardgas en elektriciteit in ons energiesysteem. Daar zullen we met ons beleid op sturen.'

Collectieve warmtevoorzieningen zullen in 2030 in ongeveer een derde van de totale warmtevraag gaan voorzien. In gebieden met een grote vraag naar en een aanbod van (rest)warmte zal een collectieve warmtevoorziening naar verwachting een grotere rol gaan spelen, vooral in de gebouwde omgeving en de glastuinbouw. In dunbevolkte gebieden kunnen, naast (groen) gas, biomassa of warmtepompen in een deel van de warmtevraag voorzien. In omgevingen die rijk zijn aan goed geïsoleerde nieuwbouw is de warmtevraag voor woningen en gebouwen laag, en kunnen warmtepompen alleen volstaan. Naar verwachting zullen gasnetten en warmtenetten overbodig worden in dergelijke 'all-electric gebieden.

Ambities kunnen worden vastgelegd in een 'visie- of ambitiedocument', komen terug in een samenwerkingsovereenkomst en vormen in het verdere proces een belangrijk referentiekader. Een enthousiasmerend visiedocument - met een pakkende titel, kort maar krachtig opgesteld, ambitieus en tegelijkertijd realistisch in pijnpunten en haalbaarheid, beeldend en richtinggevend - vormt een heldere stip op de horizon, werkt inspirerend en helpt om ook anderen over de streep te trekken. Daarnaast is uit verschillende koploperprojecten gebleken dat het van cruciaal belang is dat iemand met invloed, bijvoorbeeld een directeur of wethouder, zich de ambitie eigen maakt.

De geformuleerde ambities hangen samen met doelstellingen, die mede bepalend zijn voor de te bewandelen weg, zoals bijvoorbeeld:

- *Verduurzaming* (minder CO₂-uitstoot), reductie van de warmtevraag, grotere zelfvoorziening (lokale grondstoffen en leveranciers), sociale verduurzaming door verbeteren van het imago van warmtelevering, imago (uitstraling);
- *Kosten*: lagere kosten voor gebruikers, en/of meer voorspelbare kosten, meer transparantie in kosten en baten;
- *Leveringszekerheid*: minder afhankelijk van derden, recht om zelf te produceren en dit aan het 'net' te leveren;
- *Toekomstbestendigheid*: trots zijn op energie uit eigen omgeving, meer comfort.

2.3 Initiatiefnemers

In de praktijk zullen diverse partijen met verschillende achtergronden en vanuit uiteenlopende beweegredenen stappen willen gaan zetten op weg naar het gebruik van meer duurzame warmte.

Het initiatief kan uitgaan van de aanbodkant: (energie)bedrijven die warmte leveren of 'over hebben' en deze nuttiger willen gaan benutten en/of lozingskosten willen beperken. Anderzijds kunnen ook aan de vraagkant particulieren, woningbouwverenigingen, bedrijven in de agrarische sector (kassen), gemeentes en provincies stappen zetten. Zij zijn potentiële afnemers/gebruikers van warmte of hebben – zoals overheden – een faciliterende en stimulerende rol en willen helpen om het ontwikkelproces op gang te brengen.



De gekozen uitgangspositie is bepalend voor de volgende stappen, die moeten leiden tot een organisatie die groot genoeg is om een goede start te maken, maar compact genoeg is om slagvaardig te handelen. (Zie ook 3.2 'Stakeholders analyse').

3 Verkenning en strategie

Onze aanpak onderstreept het belang van enkele door OLEC ontwikkelde instrumenten om de opstartfase te helpen versnellen:

- Een omgevingsanalyse bestaande uit de stakeholderanalyse en de gebiedsanalyse.
- Een Snelkeuzegids [17] met scenario's op basis van referentiewijken: met technische oplossingen, financiële kengetallen, energiekengetallen en aspecten van ruimtelijke inpassing.

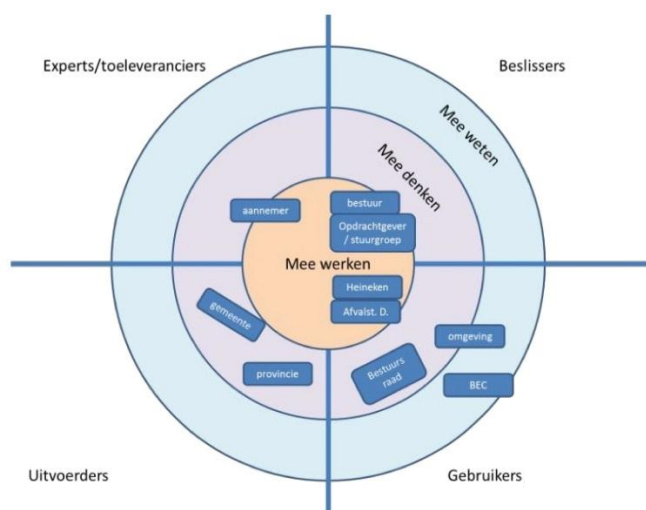
3.1 Omgevingsanalyse

Een omgevingsanalyse is de uitgebreide analyse van de omgeving van het project, zowel wat betreft de sociale omgeving – de betrokken partijen - als de fysieke locatie. Een dergelijke analyse is te maken door:

- Een stakeholderanalyse gebaseerd op gesprekken met stakeholders.
- Een gebiedsanalyse door analyse van open data: energieaanbod, eigenschappen van de gebouwde omgeving, bodemeigenschappen en gegevens over energienetwerken. Deze data maken ook duidelijk wat er in de omgeving wel en niet mogelijk is.

Met een omgevingsanalyse ontwikkel je een gemeenschappelijke basis van visies en achterliggende informatie. Zo ontstaat inzicht in elkaars kansen en risico's en vormt het daarmee een basis voor initiatief en samenwerking. En met een goede omgevingsanalyse wordt ook geïnvesteerd in 'communities'. Door interactie en coöperatie tussen de ondernemers, bewoners en belangenbehartigers in de regio wordt een belangrijke kennisbron over de sociale omgeving opgebouwd, die nuttig is voor de toekomst. Zo draagt dit ook bij aan de sociale acceptatie van een transitie van aardgas naar lage temperatuur warmtenetten als warmtevoorziening.

3.2 Stakeholderanalyse



Voorbeeld van een stakeholdersanalyse



Een project wordt alleen gerealiseerd als dit in het belang is van alle betrokken partijen. Met een 'stakeholderanalyse' kunnen de belangen van partijen in kaart worden gebracht. Daarbij worden de volgende vragen beantwoord:

- Welke kansen bieden de belangen van de stakeholders aan het project, welke condities zullen zij wellicht verbinden aan hun deelname en wat willen zij bereiken?
- Wat zijn mogelijke belemmeringen? Kunnen deze de voortgang en totstandkoming van het project frustreren?

Stakeholders kunnen zich binnen de eigen organisatie bevinden – zoals initiatiefnemers met hun toeleveranciers binnen gemeenten, provincies en woningbouwverenigingen met een andere rol en bevoegdheden, dit zijn de *interne* belanghebbenden. *Externe* belanghebbenden zijn dan logischerwijs alle belanghebbenden van buitenaf, zoals leveranciers, klanten of de media. Tot die laatste groep behoren ook '*interface* belanghebbenden', die door middel van wet- en regelgeving invloed kunnen uitoefenen op de organisatie.

Een goede stakeholderanalyse wordt aan het begin van een project uitgevoerd, juist op dat moment bestaat ruimte en flexibiliteit om de plannen een kansrijke richting op te sturen. In de stakeholderanalyse moet onderscheid worden gemaakt in – onveranderbare –belangen en – veranderbare – standpunten. Met een goede stakeholderanalyse kunnen de betrokken partijen handelingsperspectieven uitwerken.

Een stakeholderanalyse kan in stappen worden uitgevoerd:

1. Breng alle mogelijke betrokken partijen in kaart;
2. Beschrijf ieders belangen, evenals de door hen in te nemen posities;
3. Bepaal de basis voor samenwerking en wat daarvoor nodig is;
4. Hoe kunnen tegenstrijdige belangen worden weggenomen, en wie kan daarbij helpen?

Zoals in onze aanpak is aangegeven blijkt de samenwerkingsovereenkomst de eerste tussenstap op weg naar realisatie. Een compact kernteam - niet te groot maar wel met alle essentiële deelnemers aan boord – sluit deze overeenkomst. Welke partijen zijn dat? En welke partijen moeten op de hoogte zijn van het initiatief, maar hoeven niet nadrukkelijk in de opstartfase deel uit te maken van het kernteam?

Belangrijke aandachtspunten bij het vormen van een kernteam zijn volgens ons:

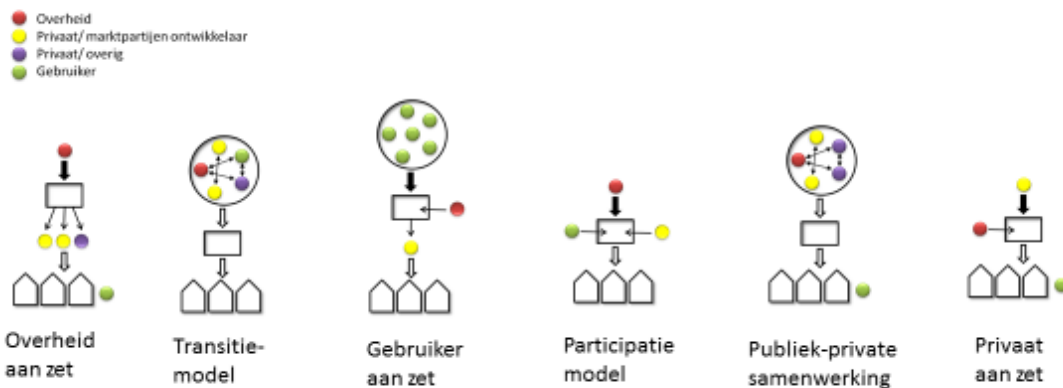
- Maak het team niet te groot. Een klein en vast team creëert een gezamenlijke band en met een gecommitteerd team maximaliseer je de kans op succes. Lopende het project kan het nodig zijn de organisatie te versterken met andere capaciteiten;
- Commitment is belangrijk, vooral nu succes nog niet verzekerd is;
- De belangrijkste kernkwaliteiten moeten aanwezig zijn (creativiteit, enthousiasme, mensen met de voeten op de grond, deskundigen op gebied van warmtetechniek en financiële haalbaarheid, mensen die partijen kunnen verbinden en gemakkelijk in het informele circuit opereren);
- De voornaamste aanbieders en afnemers moeten aan boord zijn;
- Voor elke speler moet de toegevoegde waarde duidelijk en voelbaar zijn
- Om op vertrouwde basis collectief samen te werken in een project met de nodige risico's moeten belangen transparant zijn. Zonder vertrouwen geen commitment en geen succes;
- Schakel zo nodig een lokale bestuurder in die voor bestuurlijk draagvlak kan zorgen; de continuïteit van het project is dan beter geborgd, ook als een sleutelfiguur wegvalt. [12]

Organisatiemodel

De organisatie en structuur ontwikkelen mee met het project. Daarin, en bij de sturing, kan ook een verschuiving optreden, bijvoorbeeld van gemeentelijk naar meer privaat. Zijn in de eerste fasen faciliteren, motiveren en regie belangrijk, later wordt het project steeds technischer en ook is er meer financiële kennis nodig voor de business-cases. Daarom is het van belang dat de organisatie niet in beton gegoten is, en flexibel mee kan veranderen met het project en de omgeving. Bovendien moeten andere partijen de gelegenheid krijgen om in te stappen en uit te treden. Het speelveld van partijen moet daarom breed worden gehouden, met mogelijkheden om 'organisch te groeien'.

Vanuit de positie van overheden - veelal gemeentes - gezien zijn er enkele dominante organisatiemodellen, en uiteraard verschillende mengvormen:

- De *gemeente voert regie*; er is voornamelijk sprake van een programmaorganisatie waarin productie en levering worden uitbesteed aan partners ('participatiemodel'). Koplopers kunnen de ruimte worden gegeven (koppelen van vernieuwers en veranderaars). De organisatie kan beperkt zijn, nadeel is dat samenwerking veel afstemming vergt en partners op termijn kunnen afhaken. Een verbindende rol kan ook zeer nuttig zijn in geval van relevante gebiedsontwikkeling. De uitdaging is dan om publieke, private, en particuliere belangen op één lijn te brengen. De gemeente Heerlen voerde deze organisatievorm bij het Mijwaterproject.
- De organisatie is via een concessie (na een aanbesteding) *aan een marktpartij uitbesteed*. Dit beperkt sterk de risico's, maar ook de zeggenschap. Er kunnen alleen vooraf eisen worden gesteld. In Dordrecht wordt een dergelijk model gehanteerd.
- De gemeente opteert voor een *eigen warmtebedrijf* en is volledig zelfstandig. Deze situatie is niet gangbaar in het huidige politieke klimaat in Nederland en in de EU.



Voorbeelden van organisatievormen bij de ontwikkeling van warmtenetten

Zogenoemde 'marktpartijen' kunnen projectontwikkelaars en warmteproducenten zijn - 'privaat aan zet', maar ook georganiseerde bewoners en lokaal gevestigde bedrijven - 'eindegebruikers aan zet'. Overheden en projectontwikkelaars kunnen ook samen optrekken in een Publiek-Private Samenwerking (PPS).

De betrokken partijen ronden de eerste stappen af met een samenwerkingsovereenkomst, waarmee zij afspraken vastleggen. Deze overeenkomst is het uitgangspunt voor de verdere stappen. De inhoud kan er als volgt uitzien:



- *Wie en waarom:* wie gaan de samenwerking aan en waarom (doel en argumenten)?
- *Doel* van het warmtenet: zoals kostenbesparing, ambities, verduurzaming en leefomgeving.
- *Afspraken:* zorgen voor een evenwichtige taakverdeling. Wie doet wat, rollen, regie, kennisuitwisseling, verantwoordelijkheden mate van exclusiviteit van rechten en zo meer.
- *Ambities:* verwoorden van de mate waarin het plan past in ambities en plannen op hoger niveau.
- *Risico's:* wat zijn de risico's en hoe worden die tussen de partijen verdeeld?
- *Communicatie:* intern binnen de groep en extern.
- *Personele inzet:* nu en in het vervolg. Hoe kunnen andere partijen toetreden en uittreden, hoe worden geschillen opgelost; duur van de overeenkomst, hoe om te gaan met vertrouwelijkheid.
- *Planning en financiën:* schakel zo snel mogelijk financiers in en laat ze meedenken in het proces en de risico's. Terugkoppeling komt zo directer tot stand.

3.3 Gebiedsanalyse

Een voorafgaande gebiedsanalyse levert de informatie die nodig is om de meest gunstige opzet van het warmtenet te kiezen. Voor welk geografische gebied wordt het warmtenet ontwikkeld, en of en hoe moet het later kunnen worden uitgebreid? Het gebied kan daartoe worden opgedeeld in clusters, die nu of later kunnen worden samengevoegd in een hybride systeem.

Uiteindelijk is het achterhalen van de volgende gegevens van belang:

1. Hoe groot is een gebied en in welke clusters kun je het opdelen?
2. Wat is de warmtevraag in de clusters?
3. Wat is het aanbod aan energie van restwarmtebronnen en de bodem?
4. Welke ruimtelijke aspecten en ontwikkelingen kenmerken het gebied?

Het vertrekpunt van de gebiedsanalyse is onafhankelijk van de initiatiefnemer. In deze stap ligt de focus op het verzamelen van gegevens - dat kan goed met openbare databronnen - en het ordenen en evalueren van de gegevens, bijvoorbeeld in de vorm van kaarten.

Openbare databronnen:

- pico.geodan.nl/pico
- www.warmte-atlas.nl
- www.wkotool.nl
- www.nationaleenergieatlas.nl
- data.overheid.nl
- www.ruimtelijkeplannen.nl

De uitwerking van de stappen van de gebiedsanalyse staat hieronder beschreven.

1. De grootte van het te onderzoeken gebied

De gebiedsgrootte voor beheerste implementatie is bepaald op ongeveer 25 hectare, als optimale omvang voor techniek en besluitvorming - ook wel een cluster genoemd. Deze clusters kunnen gecombineerd worden tot grotere gebieden, mits hier vanuit uniformiteit van de aanpak aanleiding toe is. Deze gebieden van 25 hectare zijn in elf typologieën te onderscheiden (zie kader referentieclusters) en daarmee ook bepalend voor de beschrijving van de warmtevraag. Deze gebieden vormen dan het uitgangspunt voor nadere analyse van warmtevraag, aanbod en besluitvorming.

2. De warmtevraag

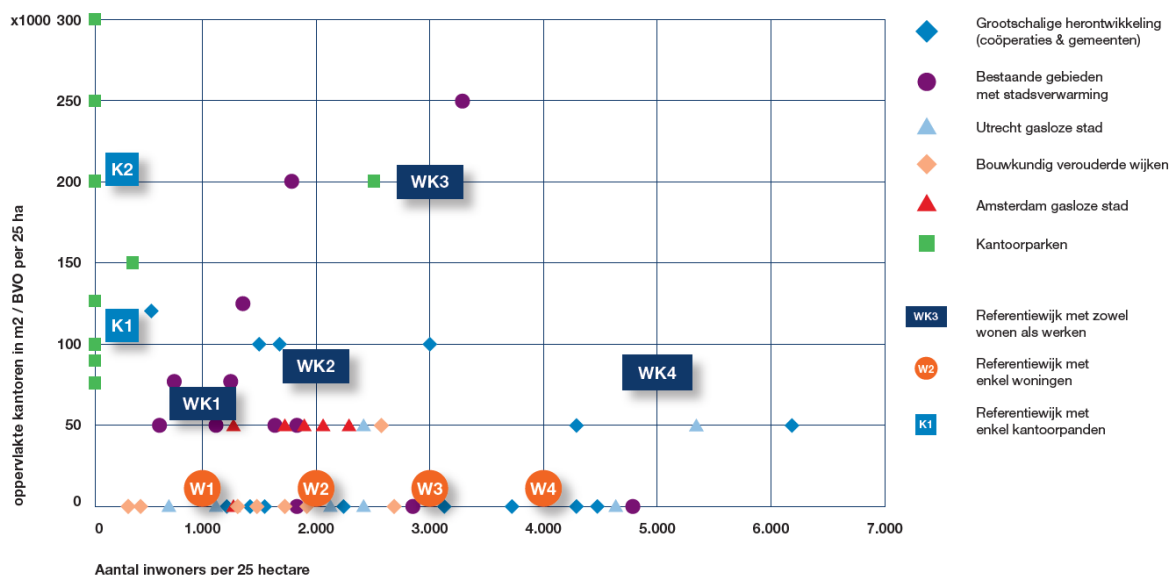
Deze hangt samen met:

- De aard van de bebouwing (woningen, bedrijven, kantoren), de bebouwingsdichtheid (historisch centrum of plattelandsgemeente), woningtypologie (aantal vierkante meters vloeroppervlak). (Zie kader referentieclusters)
- De mate waarin panden al geïsoleerd zijn en de mate waarin reeds voorzieningen als zonneboilers zijn aangebracht.

We kunnen de warmtevraag bepalen aan de hand van referentieclusters, veelvoorkomende gebieden met een kenmerkende opbouw van gebouwtypen.

Referentieclusters: inventarisatie van restwarmtestromen en warmtevraag

In het OLEC-onderzoek zijn warmtevraagprofielen van een groot aantal verschillende objecten berekend. Ook van verschillende combinaties van objecten (de referentieclusters) zijn nu energievraagprofielen vastgesteld, waaruit een specifieke energievraag en vraagverdeling over de dag en het jaar blijkt, in de huidige situatie of na verbetering van de isolatie. Het type referentiecluster is een van de ingangen waarmee men in de Snelkeuzegids kan zoeken naar bijpassende warmtenetconfiguraties. Met deze tien referentieclusters kan zeventig procent van de bebouwing in ons land worden beschreven. Uit onderstaande afbeelding blijkt hoe deze referentieclusters zich verhouden tot het aantal inwoners per 25 hectare en het aantal vierkante meter vloeroppervlakte. OLEC gaat ervan uit dat gebouwen op lage-temperatuurverwarming worden aangesloten, daarom zullen ze minimaal een thermische isolatie moeten hebben van $R_c=2,5\text{m}^2\text{K/W}$ en HR++ beglazing. Dit komt ongeveer overeen met een Energielabel B op basis van bouwkundige maatregelen. Hiermee kunnen we het warmtevraagprofiel in de tijd vaststellen.



Referentieclusters voor de gebouwde omgeving

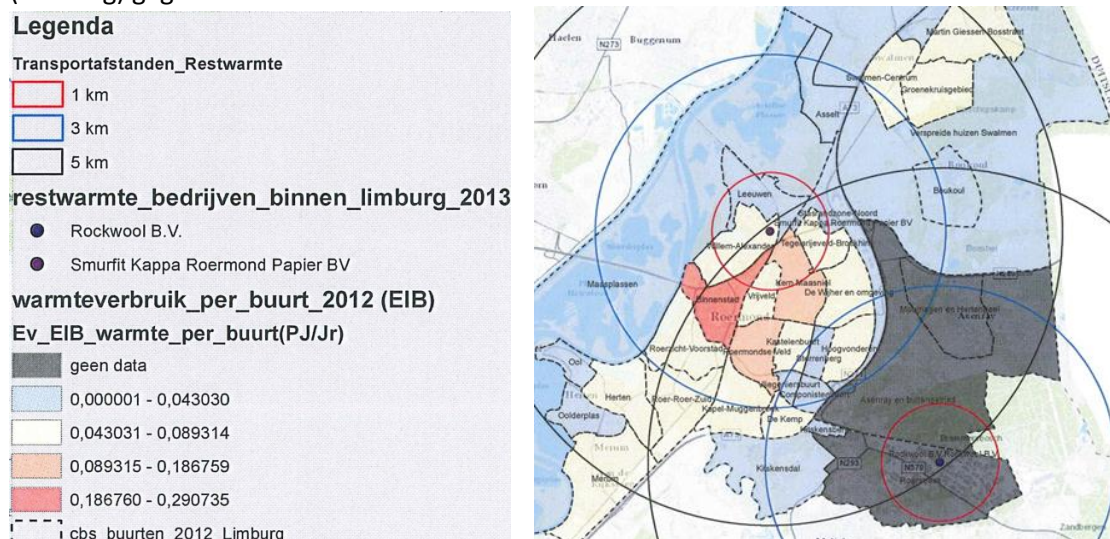
3. Het aanbod van warmte

Voor de bronnen van laagwaardige warmte binnen de gebouwde omgeving hebben we ons beperkt tot restwarmte en warmte-koudeopslag (WKO). We onderscheiden de volgende specifieke typologieën:

- Matige of hoge potentie voor WKO-toepassing;
- Matig, tussen en hoog aanbod van restwarmte (uitgedrukt in temperatuurniveau en beschikbaarheid over het jaar van het warmteaanbod);
- Zes combinaties van potentie van WKO, en aanbod van restwarmte.

Data over het beschikbare aanbod van energie in het gebied is vaak te vinden in warmteatlassen en op gemeentelijke websites (zie overzicht 'openbare databronnen' op de vorige pagina). Met de WKO-tool kan een eerste inschatting worden gemaakt van de potentie van de bodemenergie. Daarnaast geeft de tool inzicht in de geldende praktische en juridische beperkingen.

De overheid heeft bepaald dat gemeentes en provincies warmteplannen moeten opstellen om invulling te geven aan hun warmtebeleid. Onderdeel van dat beleid is het inventariseren van warmtebronnen. Deze bronnen geven al een goed inzicht op welke plaatsen restwarmte aanwezig is. In onderstaande afbeelding is een voorbeeld uit de omgeving van Roermond (Limburg) gegeven.



Een voorbeeld van een concept-kaart met warmteverbruik en aanbod in de buurt van Roermond

4. Ruimtelijke aspecten en ontwikkelingen

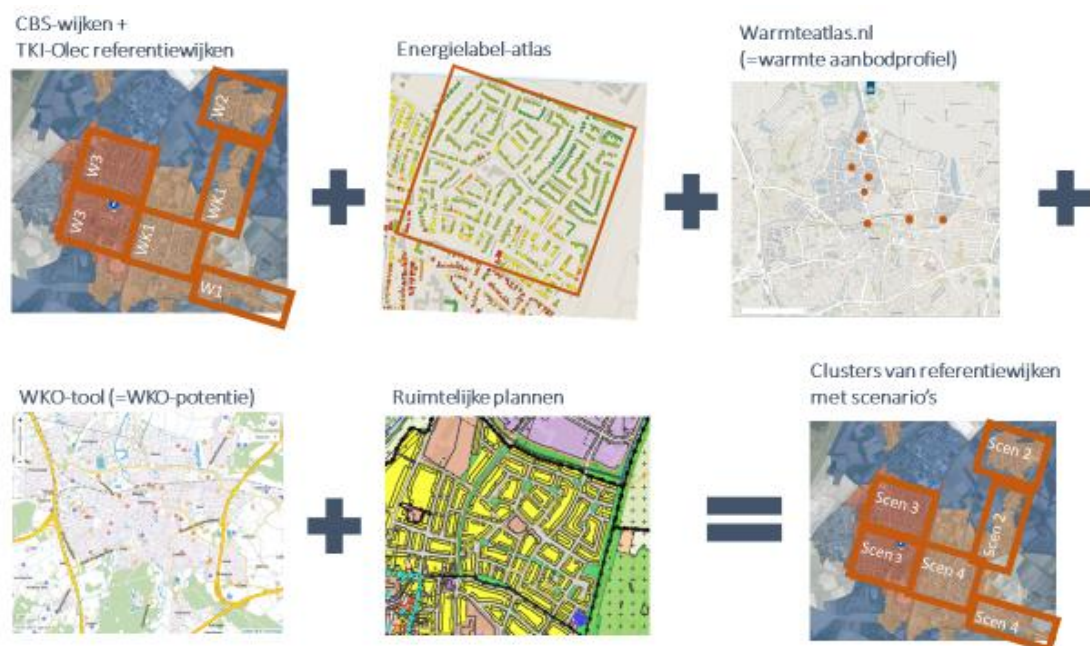
Belangrijk is om te weten of woningen in het gebied al op de planning staan om binnenkort gerenoveerd te worden. Zullen de ketels worden vervangen, de daken gerenoveerd in combinatie met plaatsing van zonnecellen of bedrijventerreinen worden opgewaardeerd? Ook is het van belang om te bekijken of nieuw leidingwerk voor warmtenetten te combineren is met rioolvervanging, werk aan wegen en zo meer. En natuurlijk of er nieuwbouw is gepland in de nabije omgeving, waardoor er in de toekomst meer of minder restwarmte beschikbaar zal zijn, of al voorziene en al vergunde WKO-systemen het gebruik van bodemenergie in de weg kunnen gaan zitten, en of het te verwachten is dat warmte uit andere bronnen zou kunnen worden aangeboden.

Kaarten kunnen ook in dit deel van de analyse een belangrijk hulpmiddel zijn bij verdere optimalisatie. Naast bestaande en verwachte 'vraag' en 'aanbod' kunnen relevante civieltechnische hindernissen met kostenconsequenties voor transportleidingen worden ingetekend.

Combineren van relevante data

Uit een kaart met woningtypen en bouwjaar (bijvoorbeeld BAG-data) zijn de referentieclusters af te leiden. Deze referentieclusters zijn het startpunt voor de gebiedsanalyse. Met data van de energielabels uit www.energielabelatlas.nl is de energetische kwaliteit van de gebouwen bekend. Dit bepaalt de omvang van de renovatie, voordat de gebouwen op ZLT-warmtenetten aangesloten kunnen gaan worden. Het verzamelen van data over restwarmtebronnen kan met behulp van de Warmteatlas en de potentie van WKO met de WKO-tool. Tenslotte zijn uitbreidings- en renovatieplannen op te vragen bij www.ruimtelijkeplannen.nl. Met het combineren van de data uit deze kaartlagen hebben we voldoende inzicht om een scenario te kiezen.

De genoemde omgevingsaspecten zijn zeker niet-limitatief: ook belangrijk zijn mogelijkheden het warmtenet uit te breiden met andere vormen van warmtelevering via zonnecollectoren (op geluidswallen), riothermie (warmte uit het riool) en zo meer. Tevens zijn meer sociale aspecten in deze stap van belang: draagvlak, enthousiasme bij de gemeente, de beschikbaarheid van lokale voorbeeldprojecten en bewonersgroepen die kunnen worden gemobiliseerd ten behoeve van een vorm van burgerparticipatie en co-creatie.



In bovenstaande afbeelding is aan de hand van een voorbeeld geschetst hoe de combinatie van datakaarten tot een keuze voor clusters van scenario's kan leiden

Civieltechnische toepassing en obstakels

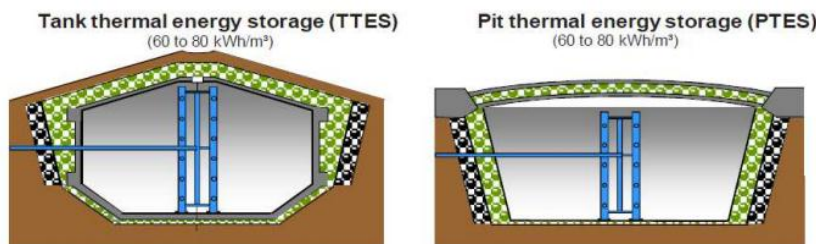
Omdat leidingen een belangrijke kostenpost zijn, is ook een inventarisatie van mogelijke knelpunten van belang. Als tracés voor belangrijke wegen, spoorlijnen, waterwegen, waterkeringen en leidingen voor gevaarlijke stoffen kruisen, dan is dat een wezenlijk aandachtspunt. Naast forse kostenverhogingen moet dan ook met tijdrovende vergunningprocedures rekening worden gehouden. Het in een vroeg stadium inventariseren

van knelpunten kan veel teleurstellingen achteraf voorkomen. De kosten voor leidingen kunnen verdrievoudigen in een binnenstedelijke structuur met veel kruisingen met andere infra zoals sloten wegen en riolering ten opzichte van een gangbare buitenwijk van een middelgrote stad.

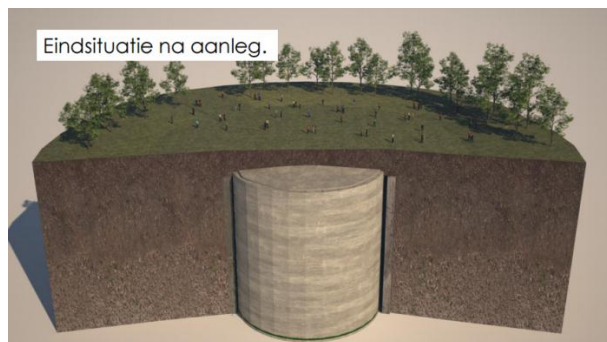
Warmte-opslag

Opslag van energie staat wereldwijd volop in de belangstelling. De zonne-energie die op aarde valt is vele malen groter dan ons energiegebruik. En alleen al om die reden zou de opslag van zonne-energie kunnen bijdragen aan een duurzame energievoorziening op aarde. Voor de bovengrondse opslag van laagwaardige warmte is water nog altijd het aangewezen medium. Het komt vrij in de natuur voor en heeft een unieke combinatie van specifieke warmtecapaciteit en dichtheid.

Op gebiedsniveau zijn de toepassingen beperkt tot water - bijvoorbeeld grote gegraven waterbuffers of toepassingen zoals **Eco-vat** - en tot (ondiepe) geothermie. Het ziet er naar uit dat water ook op middellange termijn het meest toegepaste medium zal blijven. De meeste potentie heeft **thermochemische warmteopslag** maar die techniek is - ondanks de grote internationale inspanningen - het fundamentele en wetenschappelijke stadium nog niet ontstegen. Ondergrondse opslag van laagwaardige energie is mogelijk in bodemlagen van ca. - 100 tot -1000 m -mv.



Schema van tankopslag en kuilopslag van warmte (www.einstein-project.eu)



Voorbeeld van een tankopslag volgens Ecovat (www.ecovat.nl)

Een mogelijkheid van energiebuffering is ondergrondse warmte-opslag. Al naar gelang de gewenste buffercapaciteit en de opslagtemperatuur zijn er verschillende systemen beschikbaar. Voor laagwaardige warmtestromen is WKO een goede technische oplossing naar stand van techniek. WKO is inmiddels een gangbare techniek met duidelijke regelgeving. Voor hogere temperaturen en buffer capaciteit is **MTO** en **HTO** een mogelijke oplossing. Deze optie wordt vergeleken met WKO nog niet toegepast door beperkingen in de regelgeving en technische onzekerheden.



Opslag diepte	<500 m	>500 m
Wet- en regelgeving	• Waterwet • Waterbesluit (AMvB Wijzigingsbesluit bodemenergiesystemen) • Waterregeling • Besluitvormingsuitvoeringsmethode (BUM) provinciale taken en Handhavingsuitvoeringsmethode (HUM) provinciale taken,	• Mijnbouwwet • Mijnbouwbesluit • Mijnbouwregeling
Belangrijkste restricties	• Infiltratietemperatuur max 25°C • Geen opwarming van de bodem • Behoudt energiebalans minimaal elke 5 jaar	<i>geen beperkingen zoals voor ondiepe HTO</i>
Bevoegd gezag	Provincie	Ministerie van Economische Zaken
Procedure doorlooptijd	5 maanden	6-9 maanden
Vergunning	Watervergunning (artikel 6.4 Waterwet)	Opslagvergunning (art. 25 Mijnbouwwet)

Aansluitvoorwaarden voor gebouwen

Bij warmtenetten, in het bijzonder waar energieopslag een rol speelt, zijn er randvoorwaarden voor de aansluiting van een gebouw (energie-afnemer) op een warmtenet, waaronder bijvoorbeeld eisen aan de aanvoertemperatuur, retourtemperatuur, warmtewisselaar - zoals drukval, maximale volumestromen en temperatuurbeheersing en regeling, koude- of warmteperioden en het stellen van aanvullende voorwaarden onder bijzondere condities zoals bij verlaagde capaciteit bij de leverancier of calamiteiten bij naastgelegen gebouwen.

OLEC heeft passende scenario's ontwikkeld voor het combineren van warmtebronnen. Zo kan er na de selectie van een referentiewijk meteen een geschikte technische warmtenet-oplossing worden aangewezen.

3.4 Snelkeuzegids

OLEC maakt gebruik van scenario's. Deze scenario's zijn toegepast op referentieclusters. De technische installatie bestaat uit meerdere componenten, die afhankelijk zijn van de lokale randvoorwaarden;

- LT-warmtebronnen
- WKO-warmtepompsystemen
- Seizoensopslag van warmte
- Transport- en distributienetten
- Centrale back-up aan de rand van een wijk

De technische scenario's van OLEC hebben wij samengevat in een Snelkeuzegids [17] die opgebouwd is uit 'scenario's. Per scenario is in een overzicht te zien in welke referentiewijken

in combinatie met omgevingsfactoren zij toepasbaar zijn. Daarnaast zijn ook eigenschappen van de fysieke omgeving, de stakeholders en het business model opgenomen. De bladen in de Snelkeuzegids zijn in feite blauwdrukken voor de uitrol van lage temperatuur warmtenetten. In de vroege fase van besluitvorming, visievorming, verkenning en haalbaarheid geeft dit alle stakeholders een gedeeld inzicht in de mogelijkheden en onmogelijkheden. Hierdoor zijn risico's al vroeg af te bakenen en te beheersen en kunnen de betrokken partijen sneller en efficiënter samenwerken.

In de Snelkeuzegids hebben wij de scenario's beschreven. Om te bepalen welke scenario's het meest voor de hand liggen in een bepaalde situatie is onderstaande tabel bruikbaar. Op de verticale as staan de referentieclusters. Per kolom is aangegeven welke restwarmte beschikbaar is en welke potentie de ondergrond biedt voor het toepassen van WKO. Uit de combinatie van referentiecluster en restwarmte/WKO-potentie volgt een best passend scenario voor een ZLT-warmtenet. In een aantal gevallen is er geen ZLT-warmtenet toepasbaar, dit kan te maken hebben met een lage bebouwingsdichtheid of met beperkte aanwezigheid van restwarmte.

Keuzetabel toepasbare scenario's van warmtenetten

Specificatie warmtevraag	Specificatie aanbod van warmte (*1)										
	WKO-matig	WKO-hoog	Restwarmte matig	Restwarmte tussen	Restwarmte hoog	Combi's WKO en RW					
	WKO-M	WKO-H	RW-M	RW-T	RW-H	WKO-M en RW-M	WKO-M en RW-T	WKO-M en RW-H	WKO-H en RW-M	WKO-H en RW-T	WKO-H en RW-H
Restwarmte temp.	Geen	Geen	T = 30C	T = 30/50C (W/Z)	T > 50C	T = 30C	T = 30/50C (W/Z)	T > 50C	T = 30C	T = 30/50C (W/Z)	T > 50C
Bodempotentie	< 20 m3/h	> 40 m3/h	Geen	Geen	Geen	< 20 m3/h	< 20 m3/h	< 20 m3/h	> 40 m3/h	> 40 m3/h	> 40 m3/h
Referentiewijk K1	2	3	nvt	nvt	nvt	4	5	6	4	5	6
Referentiewijk K2	2	3	nvt	nvt	nvt	4	5	6	4	5	6
Referentiewijk WK1	2	3	nvt	nvt	nvt	4	5	6	4	5	6
Referentiewijk WK2	2	3	nvt	nvt	nvt	4	5	6	4	5	6
Referentiewijk WK3a	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	4	5	6
Referentiewijk WK3b	2	3	nvt	nvt	nvt	4	5	6	4	5	6
Referentiewijk W1	2	3	4	5	6	4	5	6	nvt	nvt	nvt
Referentiewijk W2	2	3	4	5	6	4	5	6	nvt	nvt	nvt
Referentiewijk W3	2	3	4	5	6	4	5	6	nvt	nvt	nvt
Referentiewijk W4	2	3	4	5	6	4	5	6	nvt	nvt	nvt

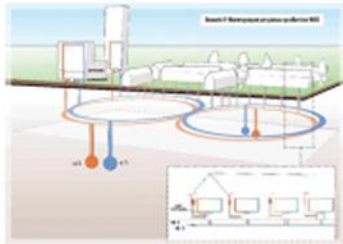
*1:

Onder restwarmte verstaan we:

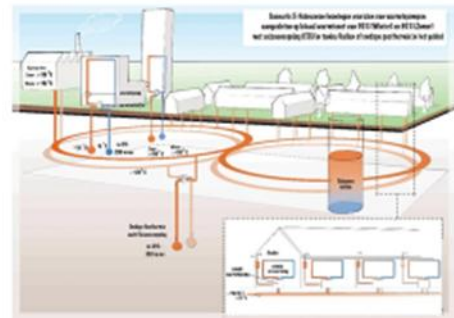
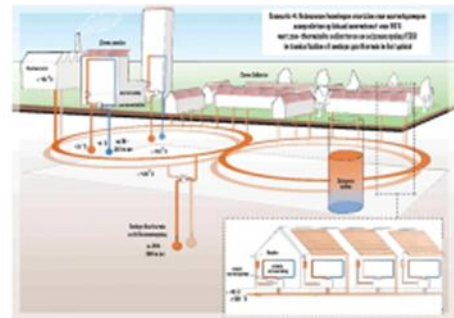
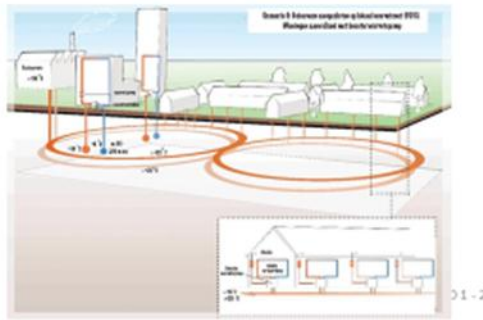
- restwarmte van een industrieel proces;
- restwarmte uit bron, deels benut en restant beschikbaar ("cascadering")
- nog beschikbare warmte uit een bestaande stadswarmtenet, door cascadering op Zeer Lage Temperatuur (ZLTV)

Keuzetabel toepasbare scenario's van warmtenetten

Scenario 0: Bestaand
 Scenario 1: Gebouwen naar $Q < 65 \text{ kWh/m}^2$ (Label B)
 Scenario 2: Elektrische warmtepompen



Scenario's



Voorbeelden scenario's

Onderstaand overzicht geeft een beknopte omschrijving van de uitgewerkte scenario's

Scenario	Omschrijving
0	Huidige situatie bestaand
1	Gebouwen/woningen thermisch geïsoleerd en geschikt voor LageTemperatuurVerwarming (EI ca. 1,3 of Energielabel B).
2	Idem 1 met: Gebouwen/woningen voorzien van warmtepompen met eigen wko of bodemwisselaars.
3	Idem 1 met: Gebouwen/woningen voorzien van warmtepompen met collectieve wko
4	Gebouwen/woningen voorzien van warmtepompen aangesloten op lokaal warmtenet van 30°C .
4a	Idem als 4 met zonthermische collectoren en seizoensopslag van warmte in het gebied
5	Idem 1 met: Gebouwen/woningen voorzien van warmtepompen aangesloten op lokaal warmtenet van 30°C (Winter) en 50°C (Zomer)
5a	Idem als 5 met seizoensopslag van warmte in het gebied
6	Idem 1 met: Gebouwen aangesloten op lokaal warmtenet (50°C). Woningen aanvullend een boosterwarmtepomp voor warmtapwaterverwarming.

Per scenario worden in de Snelkeuzegids beschreven: energiegebruik, energiekosten, energieopslag, randvoorwaarden voor financiële haalbaarheid, aansluitvoorwaarden, de eisen aan gebouwen en de schaalgrootte van het warmtenet, toekomstige uitbreiding, plaats en diameter van de transport- en distributieleidingen en civieltechnische werkzaamheden.



Voorbeeld van inputparameters voor een financieel exploitatiemodel:

TARIEVEN

WONINGEN

warmteprijs [GJ]	18,71
vastrecht warmte woningen per maand	19,02
meetkosten per maand	1,72
koudeprijs woningen per maand[GJ] -	nihil
vastrecht koude woningen per maand	
vastrecht koude per maand per kW	nihil

KANTOREN

	18,71
	0,85 per kW
	1,72
	7,32
	19,02
	4,53

AANSLUITKOSTEN / BAK

WONINGEN

Aansluitbijdrage / BAK	per project	per project
------------------------	-------------	-------------

ENERGIETARIEVEN

WONINGEN

elektriciteitsprijs per kWh	0,15	0,12
gasprijs per m3	0,50	0,50

WKO

elektriciteitsprijs per kWh	0,10
-----------------------------	------

KOSTENKANT

Onderhoudskosten	1,50%
------------------	-------

PRIJSSTIJGINGEN

Prijsindex CBS	1,50%
Prijsindex elektriciteit	1,50%
Prijsstijging vastrecht koude	1,50%
Prijsstijging vastrecht warmte	1,50%
Prijsindex CPI	1,50%
Prijsindex materialen / onderhoudskosten	1,50%

FINANCIERING

Totale investering	per project
Bouwfinanciering	per project
Eigen equity	20,0% (indicatie)
Senior bank	77,0% (indicatie)
DSRA RCK	3,0% (indicatie)

RESULTAAT

solvabiliteit 2017	78% (indicatie)
IRR eigen vermogen	-8% (indicatie)
DSCR	1,25 (indicatie)

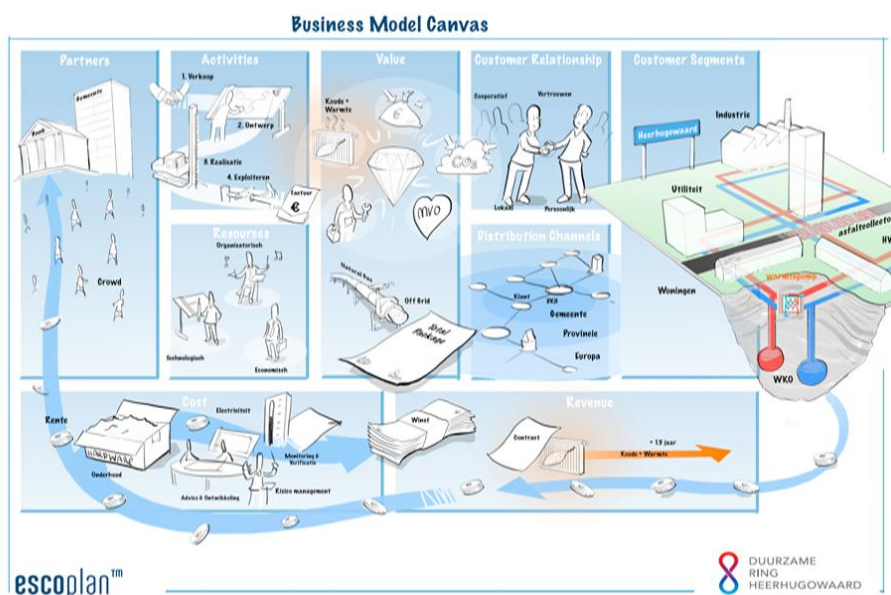
4.2 Governance en business model

Elk lokaal initiatief tot een warmtenet kent een eigen dynamiek. De warmtebronnen, houding en belangen van stakeholders kunnen steeds weer anders zijn.

Om juist vanuit de verschillende stakeholders en hun belangen, voortgekomen uit de stakeholderanalyse, in relatie te brengen met een business model, is het **'Business Model Canvas'** een hulpmiddel. Onderstaand geven wij een voorbeeld van een uitwerking.

Een business model beschrijft de grondgedachte van hoe een organisatie waarde creëert, levert en behoudt. Vaak wordt de term business model verward met de term verdienmodel. Waar een verdienmodel alleen ingaat op de vraag hoe een organisatie meerwaarde creëert, bijvoorbeeld in de vorm van geld, heeft een business model een veel ruimere betekenis: het beschrijft alle facetten die invloed hebben op het creëren van deze meerwaarde. Aan de hand van het business model en het eerder behandelde organisatie model kan een passende governance structuur worden ontworpen.

Alex Osterwalder heeft negen bouwstenen ontwikkeld om dit proces mee te beschrijven, samen het **'Business Model Canvas'** genoemd. Initiatiefnemers die de inhoud van de negen bouwstenen en de onderlinge relaties in kaart hebben gebracht, kunnen hun business model constant aan de situatie aanpassen. [13]



Voorbeeld ontwikkeling business model volgens het Business Model Canvas van Alex Osterwalder

Wie en wat kan de initiatiefnemer hierbij ondersteunen?

Het business model canvas kan het beste gezamenlijk worden 'ingevuld' tijdens een aantal workshops met de stakeholders. De organisator van de workshop kan een afgevaardigde van een stakeholder zijn of een externe professional die ervaring heeft met het formuleren van business modellen en ook in staat is om de workshops te faciliteren. Inhoudelijke kennis van (exploitatie) van warmtenetten is daarbij een pré.

De uitwerking van de financiële berekeningen zullen met het voorgestelde organisatie model in verband gebracht worden. In een samenwerkingsovereenkomst gaan partijen ook in financieel



opzicht een relatie met elkaar aan. Dit is tevens de basis voor later op te stellen leveringscontracten.

Deze resultaten zijn belangrijk om bijvoorbeeld in een informatiememorandum op te nemen, waarin financiers worden ingelicht over de kansen, risico's en rendementen op hun financiering. Ook voor crowd-funding kan deze aanpak worden toegepast..



5 Realisatie en exploitatie

Bij de aanvraag van financiering staan twee vragen voorop:

1. Hoe is de financiële exploitatie opgebouwd?
2. Wat is de 'governance-structuur' van de exploitatie-organisatie?

De aansluitvoorwaarden, leveringsvoorwaarden en prijsstelling komen in de leveringscontracten voor de afname van warmte tussen exploitant en afnemer van warmte aan de orde.

Het voorgestelde organisatiemodel brengt de uitwerking van de financiële berekeningen met elkaar in verband. In een samenwerkingsovereenkomst gaan partijen ook in financieel opzicht een relatie met elkaar aan. Dit is tevens de basis voor later op te stellen leveringscontracten.

5.1 Praktijkvoorbeeld in uitvoering. Duurzame Ring Heerhugowaard

ZLT-warmtenetten zijn een betrekkelijk nieuw concept. In ons land zijn er dan ook nog geen gerealiseerde praktijkvoorbeelden te vinden. Een voorbeeld van een project in ontwikkeling is de Duurzame Ring Heerhugowaard (DRH). Dit integrale project zal het primaire energieverbruik en de CO₂-uitstoot in de provincie Noord-Holland sterk moeten reduceren, binnen een economisch haalbaar kader en met uitgesproken steun van de EU, de gemeente Heerhugowaard en Provincie Noord-Holland.

DRH exploiteert een 'thermisch smartgrid' - een duurzaam warmte-koudenet - in Heerhugowaard. Door middel van ondergrondse energieopslag-installaties (WKO's), asfaltcollectoren en warmtepompen zal thermische energie worden uitgewisseld tussen industrie en gebouw- en woningeigenaren die een overschot of juist behoefte hebben aan warmte of koude. Hierdoor kunnen de energieafnemers van de Duurzame Ring compleet overstappen van een fossiel naar een duurzaam energiegebruik.

5.2. Gerealiseerde voorbeelden uit andere landen

In Denemarken is 70% van de woningen op een hoge temperatuur warmtenet aangesloten, voornamelijk gestookt in centrales op biomassa en afval. Het land maakt op dit moment een transitie door van hoge temperatuur- naar lage temperatuur verwarming. Een stap die wij in ons land kunnen overslaan, door meteen aansluitingen op lage temperatuur warmtenetten te maken. Zo zijn er in het Deense Aarhus sinds 2010 veertig low-energy woningen en één gemeenschappelijk gebouw aangesloten op een lokaal warmtenet, dat de woningen zowel van ruimteverwarming als warm tapwater voorziet. Het gaat hier om een laagtemperatuur stadsverwarmingsnet, met een temperatuurregime van 55 °C aanvoer en 30 °C retour. De temperatuur voor warm tapwater ligt rond de 45 °C. Ook is er een verbinding met een midden temperatuur warmtenet, dat tijdens winterperiodes 80 °C kan leveren.

Andere voorbeelden zijn onder meer te vinden in Engeland, Duitsland, België en Canada. In het Engelse Slough zijn tien woningen en een informatiecentrum sinds 2010 aangesloten op een experimenteel LT-warmtenet, met als doel verschillende duurzame technologieën in combinatie met low-energy woningen te demonstreren. De aanvoertemperatuur ligt op 55 °C, retour van 25 °C en de warm tapwater temperatuur rond de 43 °C.

Een warmtenet ligt als een cascade van het warmtenet in de rest van het gebied in het Duitse Ludwigsburg. Het koppelt de warmte af van de retourleiding, met een temperatuurregime van



40-20 °C. Naast deze cascade is er zonthermie op het net geïntegreerd, en zijn er toekomstplannen om het hoofdnet te gaan voeden met geothermie als basislast.

In Kortrijk in België zijn 82 woningen aangesloten op een warmtenet, dat wordt gevoed door een biomassa (houtsnipper) ketel van 1 MW. Deze ketel levert een aanvoertemperatuur van 50 °C, waarbij de retourtemperatuur 25 °C is. Daarnaast is er een warmtebuffer geplaatst om voor korte tijd warmte te bufferen.

Een overzees lage temperatuurnet dat opvalt is dat in Okotoks (Canada). Daar worden 52 vrijstaande woningen in hun warmtebehoefte voor ruimteverwarming bijna volledig voorzien door zonnewarmte. De aanwezige 2293 vierkante meter zonnecollectoren leveren warmte met een aanvoertemperatuur van 40 °C, de retourtemperatuur is gemiddeld 32 °C. Gezien het tegengestelde jaarpatroon van vraag en aanbod, maakt een warmteopslag de levering van zonnewarmte gedurende het gehele jaar mogelijk. Er wordt hierbij gebruik gemaakt van twee typen warmteopslag: dag/nacht opslag in watertanks en seizoensopslag in een ondergrondse aquifer. Als back-up zijn er gasgestookte boilers aanwezig. [14]



6. Specialistische modellen

In de eerste fase van de OLEC-aanpak (de fase ‘Verkenning en Strategie’) is snel inzicht te verkrijgen in kansrijke wijken voor de toepassing van de scenario’s. De Snelkeuzegids geeft al diverse richtwaarden aan voor de technische en financiële omvang van een mogelijk haalbaar project. Voor de verdere detaillering en verdieping van het project is in een volgende fase vervolgens een voorlopig ontwerp nodig. Voor deze ontwerpstappen in de fase ‘Haalbaarheid en Businesscase’ heeft OLEC specialistische modellen ontwikkeld, gericht op de toepassing van lage temperatuur warmtenetten. Het gaat om een samenhangende set van modellen:

- Profielgenerator warmtevraag van gebieden.
- Aanbod profielen duurzame warmtebronnen.
- Planning en parameters leidingkosten.

6.1 Profielgenerator warmtevraag en -aanbod

De warmtevraag- en aanbod in een gebied vormen een belangrijke input bij het dimensioneren van een warmtenet (investeringskosten) en het opstellen van een financiële businesscase (raming inkomsten uit warmteverkoop). Wat is de hoeveelheid warmte (GJ) die afgezet kan worden? Hoe groot moeten warmteopwekkers, warmtebuffers en leidingen worden voor een optimaal systeem?

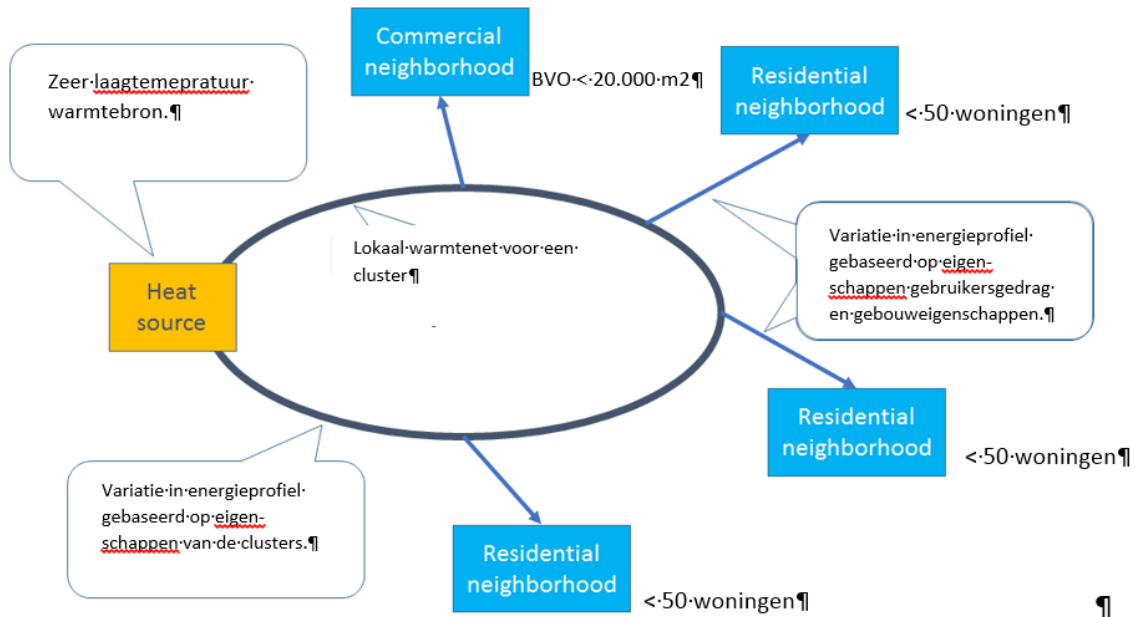
Profielen van de warmtevraag

Beschikbare data en modellen, zoals energieberekeningen conform ISSO-publicatie 82.3 (energieprestatieadvies voor woningen), geven meestal jaarverbruiken. Dit is voldoende om de jaarlijkse warmteafzet te berekenen, maar biedt onvoldoende houvast voor het dimensioneren van opslagsystemen. Hiervoor zijn gegevens per uur noodzakelijk. En data uit slimme meters is niet altijd voorhanden. Bovendien kunnen bestaande rekenmodellen voor warmtenetten niet omgaan met verschillen in gebruikersgedrag tussen woningen onderling en tussen woningen en kantoorgebouwen. Maar op basis van een ‘aggregated’ gebouwmodel kan nu ook een voorspelling van het warmteverbruiksprofiel van een gebied worden gemaakt. [15] OLEC heeft op basis van deze methode de Profielgenerator ontwikkeld. Dit is een tool die op een eenvoudige wijze de warmtevraag per uur en vraag naar warmtapwater van een cluster gebouwen kan genereren op basis van hoofdkenmerken:

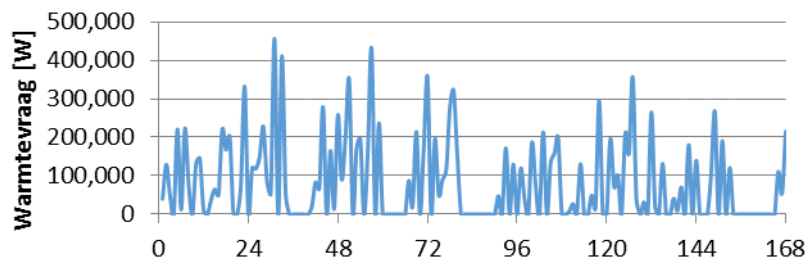
- Gebouwtypologie;
- Bouwjaar;
- Sociaal-demografische kenmerken.

Het profiel van bijzondere warmte-afnemers, zoals een ziekenhuis of een zwembad zullen op basis van individuele kenmerken per project bepaald moeten worden. OLEC biedt hiervoor handvatten.

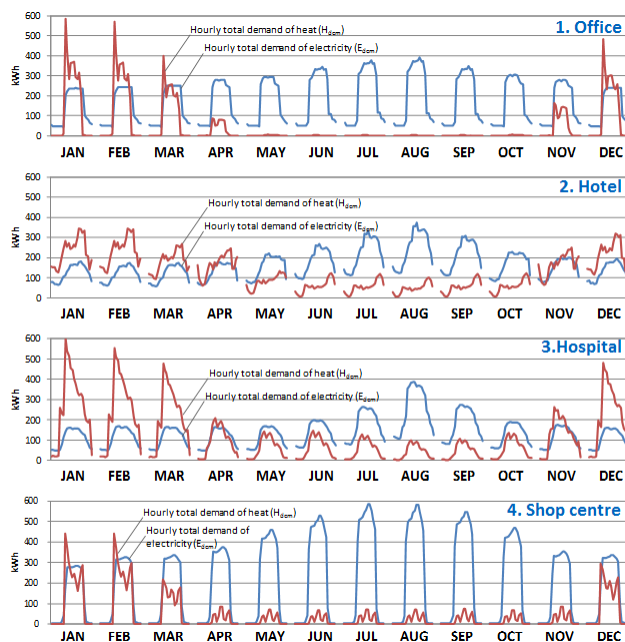
De invoergenerator is gebaseerd op het ‘aggregeren’ van groepen van gebouwen met ongeveer dezelfde typologie, bouwjaar en sociaal-demografische kenmerken. Simpel gezegd: indien je het energieverbruik van bijvoorbeeld vijftig gelijksoortige woningen optelt, wordt de invloed van individuele woningen op het totaal relatief beperkt. Per saldo wordt een gemiddeld energieverbruik berekend. Om het energieverbruik van de vijftig gelijksoortige woningen te vinden, hoef je dus alleen een ‘gemiddelde’ (aggregated) woning door te rekenen.



Principe van het 'aggregated building model' en convergentie van warmteprofielen [16]



Geaggregeerd warmtevraagprofiel per uur berekend met de OLEC profielgenerator



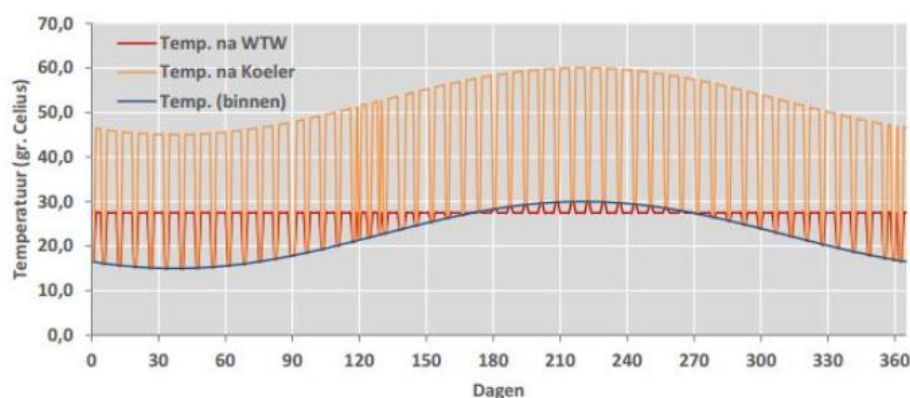
Geaggregeerd warmteprofiel op maandbasis

Blokken van geaggregeerde groepen gebouwen met ongeveer dezelfde warmtevraag kunnen vervolgens worden samengesteld tot een cluster. Aan de hand van de referentieclusters is de totale warmtevraag (=warmteafzet) en het uurlijkse profiel te bepalen. Dat laatste is weer belangrijk bij het effectief inzetten van warmteopslag en het bepalen van de noodzaak en omvang van opslag.

Profielen van warmteaanbod

Op een website als www.warmteatlas.nl is een landelijk overzicht gegeven van restwarmtebronnen. Maar de variatie in warmtelevering over het jaar is daarbij nog niet bekend. OLEC heeft in kaart gebracht hoe restwarmtebronnen zich kunnen gedragen.

Onderstaand voorbeeld geeft aan hoezeer bij laagwaardige bronnen maatwerk is vereist, de maximum temperatuur verschilt tussen de seizoenen, tussen werkdagen en dagen in het weekend. De beschikbare warmte hangt bovendien nog af van de eigen warmteterugwinning bij het de warmteaanbieder zelf. Het temperatuurniveau van levering kan gedurende het jaar verschillen, deze is vaak afhankelijk van de gemiddelde buitentemperatuur en zullen warmteopslag en naverwarming per gebouw in overweging moeten worden genomen. Zie bijvoorbeeld scenario 4.



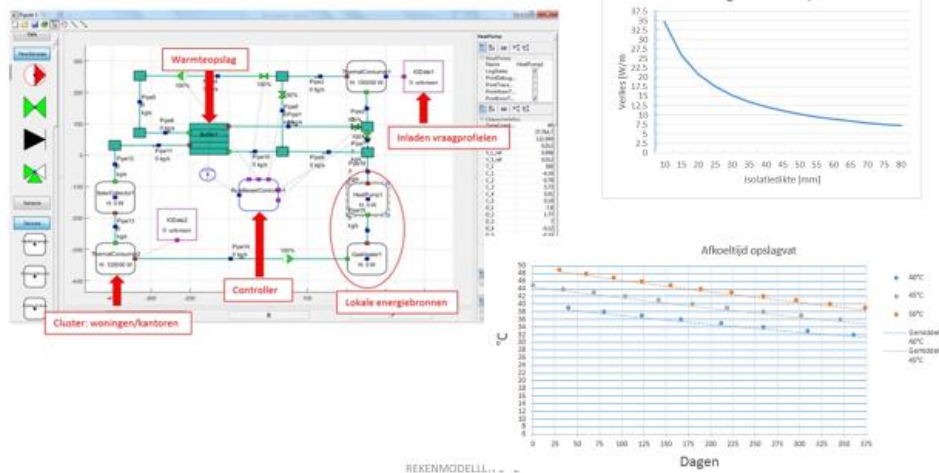
(Voorb

eeld van vrijkomende laagtemperatuur restwarmte uit een industrieel proces met een dag en een seizoensritme.

6.2 Optimalisatie warmtenet met CHES

CHES (Controlled Hybrid Energy Systems Simulator) is - deels binnen OLEC - ontwikkeld door TNO en biedt een specialistische tool voor het dynamisch berekenen van warmtenetten en warmteopslagsystemen, zoals buffervaten en ondiepe geothermie. OLEC heeft aan CHES modules toegevoegd, zodat nu ook kan worden geoptimaliseerd in netwerken voor lage temperatuur verwarming.

Berekening warmtenet



Interface van CHES en enkele bewerkte rekenresultaten

Voor het doorrekenen van een eenvoudig warmtenet met een bron en meerdere afnemers biedt CHES geen toegevoegde waarde, maar wanneer zowel geothermie als grootschalige wijkopslag in tanks (zoals **Ecovat**) worden onderzocht is het een onmisbare tool. Met het rekenmodel zijn optimalisaties uit te voeren in de keten van vraagprofielen, opslagcapaciteit en regelstrategie gezien over een geheel seizoen. Bovendien is CHES in staat om de warmtevraagprofielen en het warmteaanbod zoals ontwikkeld met de profielgenerator in te lezen.

6.3 Planning en parameters leidingkosten

De leidingkosten bepalen in hoge mate de investeringskosten. Dit geldt in het bijzonder voor woningbouw, doordat het distributienet daar de grootste afstanden kent.

Bij de leidingkosten spelen een belangrijke rol:

- Aanwezigheid van verharding, bestrating of groenstroken en bermen.
- De kruisingen met andere infra-leidingen zoals aardgas, elektra en riolering;
- Kruisingen met infra zoals wegen en sloten;
- Kruisingen met drukke wegen en relevante watergangen, waardoor gestuurde boringen nodig kunnen zijn.

Aan de hand van de eerste gebiedsanalyse kan al een goede raming van de kosten van deze civieltechnische consequenties worden opgesteld. Daarmee is het ook een eerste indicatie van deze investeringskosten en een belangrijke input voor het bepalen van de financiële haalbaarheid.

Onderstaande tabel geeft aan hoe bepalend de verharding en de kruisingen met andere infrastructuur zijn voor de bepaling van de totale leidingkosten.



Kosten leidingaanlag		
	Kosten warmte leidingen (aanvoer+retour) per diameter	*
PVC	WKO-leidingen ongeïsoleerd, 2 x 100 mm	42%
Staal/kunststof	stedelijk gebied, open ontgraving, 2 keer 100 mm	100%
Staal	idem, 2 keer 200 mm	130%
Staal/kunststof	stedelijk gebied, onder verharding, 2 keer 100 mm	152%
Staal	idem, 2 keer 200 mm	182%
Staal	idem, 2 keer 400 mm	265%
Staal	idem 2 keer 500 mm	280%
Staal/kunststof	stedelijk gebied, onder verharding en kruising met infra, 2 keer 100 mm	197%
Staal	idem, 2 keer 200 mm	258%
Staal/kunststof	gestuurde boringen onder drukke stadswegen, 2 keer 100 mm	152%
Staal	idem, 2 keer 200 mm	242%
Staal	idem, 2 keer 400 mm	447%
Staal	idem, 2 keer 500 mm	538%
Staal	eenvoudige distributieleidingen in de stad, 2 keer 100 of 200 mm	159%
* bij kruisingen met sloten en vaarten in stad: 3 keer hogere kosten		

Overzicht van kosten van leidingaanleg bij verschillende diameters en bodemeigenschappen

In de gebiedsanalyse - waar data is verzameld en kaartmateriaal beschikbaar is - kunnen de civiele beperkingen al zichtbaar zijn. Pas in de realisatiefase zal detailonderzoek uitwijzen hoeveel en welke civiele maatregelen er daadwerkelijk nog nodig zijn.



7. Snel aan de slag

Het TKI-project OLEC heeft technische en financiële instrumenten opgeleverd voor een versnelde ontwikkeling van ZLT- warmtenetten. Door de benutting van laagwaardige restwarmte en het gebruik van seizoensopslag kunnen deze lokale warmtenetten volgens ons een belangrijke rol gaan spelen in de energietransitie.

Om tot de succesvolle en betaalbare toepassing van warmtenetten te komen, hebben wij een aanpak ontwikkeld waarin drie sporen tegelijkertijd bewandeld worden: vanaf het initiatief van een project worden de organisatie, techniek en economie in gelijktijdig tempo onder de loep genomen. Het is daarnaast van belang dat de stakeholders na elke projectfase commitment aangaan in samenwerkings-, intentie- en contractovereenkomsten. Onze kennis hebben wij verder uitgewerkt in een aanpak met praktische instrumenten – de omgevingsanalyse, Snelkeuzegids en business model - waarmee u daadwerkelijk aan de slag kunt.

Draagvlak in de omgeving

Een initiatief dat in korte tijd concreet gemaakt kan worden creëert draagvlak bij gemeente, gebouw eigenaren en afnemers en aanbieders van energie. Dat lukt alleen door de afzonderlijke bouwstenen - vraag, aanbod, kosten, techniek, draagvlak - meteen al in onderlinge samenhang te bezien en de hoeveelheid theoretische oplossingen voor het warmtenet snel te beperken tot enkele kansrijke. Maar naast de organisatorische, technische, financiële sporen is ook de sociale component van groot belang. Ook bewoners hebben een grote stem in de energietransitie. Het is aan u om ook bij hen draagvlak te creëren en ze zo nodig te overtuigen van de noodzaak van de energietransitie, maar ook om dat proces zo gemakkelijk mogelijk te maken. Gewapend met de kennis uit ons onderzoek, bent u al een grote stap verder.

Slimmer en slagvaardiger werken

Veel gemeenten blijken positief tegenover collectieve oplossingen te staan, die vaak goedkoper zijn dan all-electric oplossingen. Al is hier wel een tweedeling van gemeenten die actief zijn bij de GreenDeal Aardgasvrij Wijken en gemeenten die hier niet aan mee doen zichtbaar. Maar waar staan de gemeenten nu? De meeste werken nog aan de financiële haalbaarheid, een fase waarin de instrumenten van OLEC goed kunnen worden ingezet. Vooral de mogelijkheid om gebruik te maken van reeds beschikbare en publiek toegankelijke data en data-analyse zouden nog veel slimmer kunnen worden benut. Tegelijkertijd zijn veel gemeenten nog bezig met het ontwikkelen van technische oplossingen, wat leidt tot een grote hoeveelheid financiële berekeningen. De inzet van onze scenario's kan hier goed bij helpen.

OLEC helpt uw energietransitie waar te maken

En nu snel aan de slag...De energietransitie is een van grote uitdagingen die voor ons ligt. Noodzakelijk, maar niet gemakkelijk. Wij hopen u met deze publicatie te hebben geïnspireerd en effectieve handvatten te hebben geboden om ook uw energietransitie waar te maken. Om het benodigde inzicht te verkrijgen en de stappen voor een snelle ontwikkeling en de daadwerkelijke uitvoering te kunnen maken, helpen wij als gespecialiseerde adviseurs u graag verder.



Begrippenlijst

All-electric: een verzamelnaam voor technieken waarbij warmte wordt geproduceerd met behulp van elektriciteit.

Business Model Canvas: Een tool ontwikkeld door Alex Osterwalder voor start-ups, waarin de bedrijfsaspecten op een overzichtelijke en visuele manier in kaart worden gebracht. Aan de hand van negen bouwstenen beschrijft de initiatiefnemer de organisatie, het verdienmodel, klanten, relaties en leveranciers. Zo wordt zicht verkregen op bedrijfsonderdelen die van groot belang zijn en ook waar eventuele bijsturing nodig is.

Cluster: Groep van gebouwen (> 50 woningen en/of 20.000 BVO utiliteitsgebouw) die gezamenlijk een geconvergeerd warmte-afnameprofiel hebben en daardoor schaalbaar is geworden

Clusternetten: Lokaal warmtenet gericht op warmtevoorziening van een cluster

DSCR: Debt Service Coverage Ratio: een ratio die aangeeft in welke mate een bedrijf in staat is tot aflossen van een lening

Ecovat: Bouwkundig uitgevoerde gebiedsopslag van warmwater: www.ecovat.nl

Equity IRR: Interne rentevoet gebaseerd op een deelinvestering

Financieel exploitatiemodel: Rekenmodel van cash flow over meerdere jaren, waarin kosten en uitgaven zijn gespecificeerd

4e generatie warmtenetten: een term die een ontwikkeling van netten op hoge temperatuur met een enkele warmtebron naar netten op lage temperatuur met meerdere warmtebronnen signaleert. Deze 4de generatie is geschikt voor moderne woonwijken met zwaar geïsoleerde huizen. De ontwikkelingen bij warmtenetten vereisen geavanceerde ontwerpen met relatief kleine leidingen maar ook duurzame bronnen en op de klant gerichte acties.

5^e generatie warmtenetten: warmtedistributie met een temperatuur die lager is dan het vereiste niveau voor warmtapwaterverwarming waardoor per woning naverwarming en nodig is (warmtenetten met maximale watertemperaturen van ca. < 50 °C)

Geo-hub: Overnamepunt van de bron geothermische warmte naar het transport- en distributienet

HTO: hoge temperatuurniveau opslag (tot ca. 90 °C)

IRR: InternalRate of Return, interne rentevoet van een investering

Equity IRR: de IRR van het toegepaste eigen privaat ingebrachte eigen vermogen

Laagtemperatuur warmtenetten: warmtenetten met een temperatuur lager dan 70 °C

Lokale hybride energie infrastructuur: Energiedistributie in clusters voor warmte en elektriciteit

MAIS-model: Multi Actor Impact Simulatie (MAIS)

MTO: midden temperatuurniveau warmteopslag (tot ca. 50 °C)

Ondiepe geothermie: onttrekken en opslaan van warmte in aquifers tot een diepte van 500 - mv

Smartgrid: een elektriciteitssysteem dat gebruikmaakt van informatie, tweerichtingsverkeer, communicatietechnologieën en computerintelligentie op een geïntegreerde manier voor elektriciteitsopwekking, -distributie en -consumptie

Thermochemische warmteopslag

Vesta: ruimtelijk energiemodel voor de gebouwde omgeving ontwikkeld door het PlanBureau voor de Leefomgeving (PBL)

Wijkopslag van warmte: Grootchalige opslag van warmte in warmwater in kuilen of tanks.

WKO: warmte- en koudeopslag in aquifers (tot 500 m –mv) (tot ca. 30 °C)

Zeer laagtemperatuur warmtenetten: zie 5^{de} generatie warmtenetten



Literatuurverwijzingen

- [1] EOS LT 07051: TRANSEP-DGO 'Transitie in energie en proces voor Energieneutrale gebiedsontwikkeling' 2008-2012.
- [2] Henrik Lund, Sven Werner, Robin Wiltshire, Jan Eric Thorsen, Frede Hvelplund, Brian Vad Mathiesen; '4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems', *Energy Volume 68*, 15 April 2014, pp. 1-11
- [3] www.gemeente.nu/ruimte-milieu/duurzaamheid/gemeenten-tekenen-aardgasvrije-green-deal/
- [4] De Haas, F., 'Met 20 bouwstenen naar een energieneutraal gebied', Aeneas, 2012. Eindrapport van Transep-DGO *Transitie in energie en proces voor Energieneutrale gebiedsontwikkeling* met financiële ondersteuning van EOS-LT 07051 (www.duurzamegebiedsontwikkeling.nl)
- [5] www.trouw.nl/groen/het-klimaatverdrag-van-parijs-is-officieel-nu-echt-plannen-maken
- [6] www.nrc.nl/nieuws/2016/03/31/nederland-blijft-onderaan-bungelen-op-duurzaamheidslijst
- [7] www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/knmi-informeert-sinds-jaren-tachtig-over-klimaatverandering
- [8] www.collegevanrijksadviseurs.nl
- [9] Van Vliet, E. ea, 'Collectieve warmte naar lage temperatuur. Een verkenning van mogelijkheden en routes.' Ecofys/Greenvis, september 2016
- [10] R.J.M Folkert en R.A van den Wijngaart; Vesta ruimtelijk energiemodel voor de gebouwde omgeving, PBL 2012
- [11] www.duurzamegebiedsontwikkeling.nl
- [12] De Haas, F., 'Met 20 bouwstenen naar een energieneutraal gebied', Aeneas, 2012. Eindrapport van Transep-DGO *Transitie in energie en proces voor Energieneutrale gebiedsontwikkeling* met financiële ondersteuning van EOS-LT 07051 (www.duurzamegebiedsontwikkeling.nl)
- [13] Ostwalder, A. en Pigneur, Y. 'Business Model Generation', John Wiley, 2010
- [14] De internationale voorbeelden zijn vrij overgenomen uit Van Vliet, E. ea, 'Collectieve warmte naar lage temperatuur. Een verkenning van mogelijkheden en routes.' Ecofys/Greenvis, september 2016
<http://www.ecofys.com/files/files/collectieve-warmte-naar-lage-temperatuur.pdf>
- [15] [16] IEA Annex64 Low-communities IEA ECB-ANNEX 64, 'Low energy communities and networks', 2018
- [17] OLEC Snelkeuzegids 2017 (www.tki-olec.nl)
- [18] Builddesk/Cauberg-Huygen/KEMA/Metrum; Hybride LT-warmtenet Waalsprong Nijmegen- Resultaten en onderbouwing van de businesscase; Delft, 23 februari 2009
- [19] Cauberg-Huygen/Builddesk; Hybride warmtenet met restwarmtelevering SITA Stadsoevers te Roosendaal; Den Bosch, april 2010

Lees verder

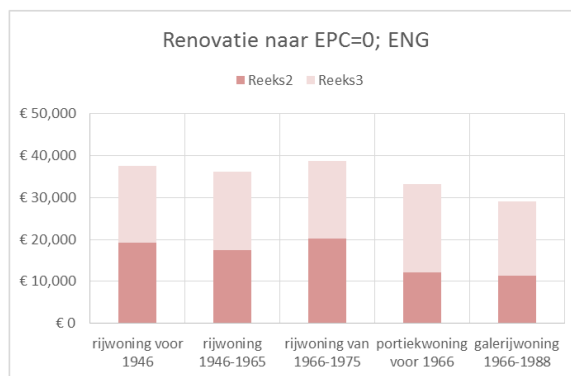
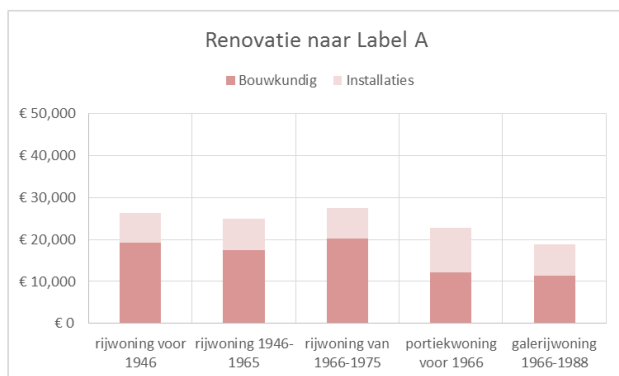
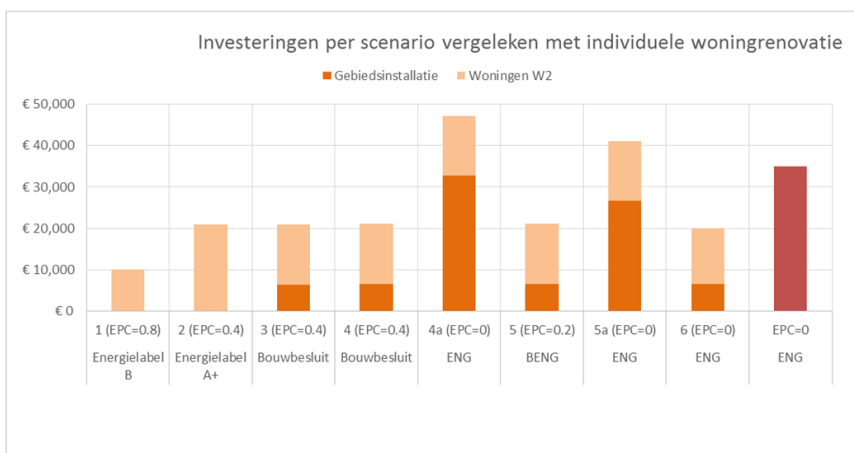
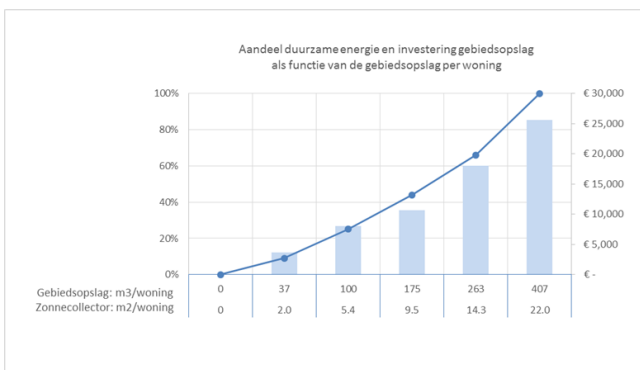
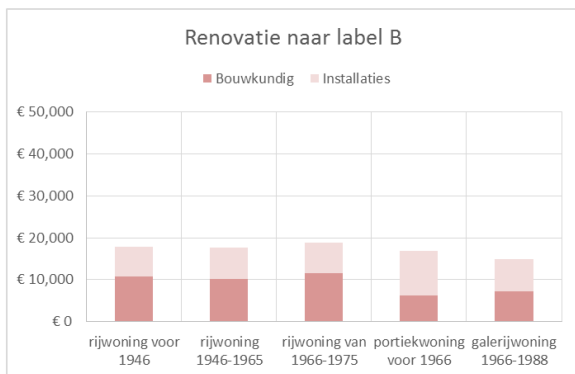
- Boonstra, M. De ontwikkeling van duurzame warmtenetten in wijken van gemeenten in Nederland.', EscoPlan/VU, 2017
- 'Energieagenda', Ministerie van Economische Zaken, december 2016
- EOS LT 07051: 'Transitie in energie en proces voor Energieneutrale gebiedsontwikkeling'
- De Haas, F., 'Met 20 bouwstenen naar een energieneutraal gebied', Aeneas, 2012. Eindrapport van Transep-DGO *Transitie in energie en proces voor Energieneutrale gebiedsontwikkeling* met financiële ondersteuning van EOS-LT 07051 (www.duurzamegebiedsontwikkeling.nl)
- Ostwalder, A. en Pigneur, Y. 'Business Model Generation', John Wiley, 2010
- Rooijers, F. ea, '6 Stappen naar een Klimaatneutrale Gebouwde Omgeving', CE Delft, december 2015
- Van Vliet, E. ea, 'Collectieve warmte naar lage temperatuur. Een verkenning van mogelijkheden en routes.' Ecofys/Greenvis, september 2016
- IEA ECB-ANNEX 64, 'Low energy communities and networks', 2018
- EY, 'Rapport RVO Onderzoek – Institutionele Belemmeringen – Lage Temperatuur', 2016
- www.gemeente.nu
- www.tki-olec.nl



Openbare databronnen

- pico.geodan.nl/pico
- www.warmte-atlas.nl
- www.wkotool.nl
- www.nationaleenergieatlas.nl
- data.overheid.nl
- www.ruimtelijkeplannen.nl

Kostenkengetallen 5^{de} generatie warmtenet en woningrenovatie





BIJLAGE Bijdrage aan doelstellingen van de regeling TKI-Energo:

- Duurzame energiehuishouding

Bij toepassen van de OLEC zeer laagtemperatuur warmtenetten toegepast op clusters in de gebouwde omgeving zal de warmtevraag voor ca. 80% uit duurzame energiebronnen worden voorzien. De gebouwde omgeving (utiliteit+woningbouw) heeft een jaarlijkse warmtevraag van 583 PJ. Het hybride clusternet van OLEC zal op ca. 50% van de gebouwde omgeving zinvol toegepast kunnen worden. Dit levert een reductie op van $0,50 \times 583 \text{ PJ} \times 0,80 = 233,2 \text{ PJ}$. Dit komt overeen met ca 16 Megaton CO₂/jaar.

Deze transitie, als onderdeel van de transitie zoals die ook bij andere energiedragers plaatsvindt, neemt naar verwachting 25 jaar in beslag.

- Versterking kennispositie

Nationaal

De ervaring uit OLEC leert voor een breed scala aan stakeholders relevant is:

- Energieleveranciers en exploitanten: OLEC levert een aantal scenario's van zeer laagtemperatuur warmtenetten op inclusief aansluit en inkoppeling voorwaarden die gebruikt door energieleveranciers, exploitanten en ESCO's.
- Energienetwerkbedrijven: door de planningsinzichten uit OLEC toe te passen draagt dit bij aan inzichten op kosteneffectieve aanpassingen van bestaande en nieuw aan te leggen elektriciteits- gas- en warmtenetten in afweging met het gebruik van lokalen laagwaardige energiebronnen en indeling van de gebouwde omgeving in clusters, zoals in OLEC ontwikkeld.
- Ontwerpers, installatiebedrijven: OLEC levert een dynamische rekentool op waarmee distributienetten, opslagsystemen en afstemming tussen energiebronnen, opslag en energievragers kunnen worden gedimensioneerd en geoptimaliseerd.
- Gemeenten: De OLEC technieken en principes helpen bij het structureel realiseren en invullen van de gemeentelijke klimaatdoelstellingen rekening houdend met de eigenaren van bestaande en nieuwe energie-infrastructuur en de eigenaren van de woningen en gebouwen.
- Eindgebruikers: Eindgebruikers profiteren van de prestatie afspraken en borging van warmtetarieven bij toepassing van zeer laagtemperatuur warmtenetten vanwege de onafhankelijke positie van lokale energiesystemen met lokale bronnen te opzichte van de internationale prijsconjunctuur en afhankelijkheid van de fossiele energievoorziening.

Internationaal

- Internationaal: Huygen heeft deelgenomen aan IEA EBC Annex64 EBC Annex 64 - LowEx Communities - Optimised Performance of Energy Supply Systems with Exergy Principles- waar de kennis van OLEC is ingebracht in het Guidebook en subtask C Case studies. In december 2017 zal het Guidebook gepubliceerd worden (www.annex64.org).

Openbare publicaties:

- E. Willems, Slagvaardig ontwikkelen van lokale laagtemperatuur warmtenetten. Openbaar eindrapport TKI-OLEC financieel ondersteund door TKI-Energo 2017
- E. Willems, G. de Haas; Route naar gasloze energie infrastructuur, Aeneas, Renda nr. 1 2017
- E. Willems, G. de Haas; H. Puts, J. Donker; Route naar gasloze energie, Aeneas, Energie+ nr. 2 2017
- E. Schurink, E. Willems, G. de Haas; Snel aan de slag met een duurzaam warmtenet, Aeneas, Renda nr. 3 2017
- EBC Annex64 LowEx Communities - Optimised Performance of Energy Supply Systems with Exergy Principles - Subtask C Case studies
- ESCOplan/DuurzameRingHeerhugowaard; prospectus bouwfinanciering www.duurzaaminvesteren.nl; 2017