INFORMATIE

OVERZICHT

BRON

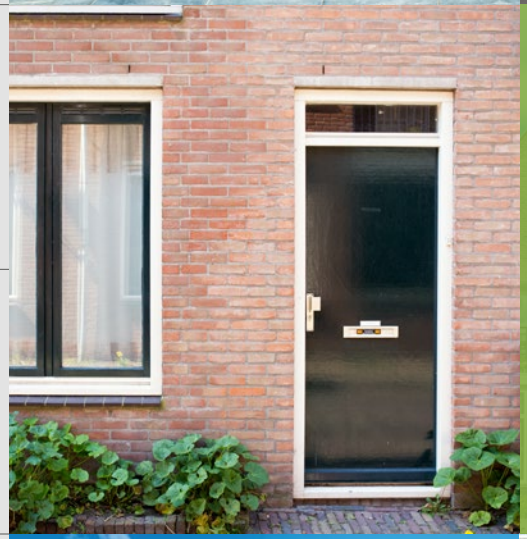
OPSLAG

INFRA

AANSLUITING







Warmtenetten ontrafeld

Een praktische handleiding






Handleiding:

hoe gebruikt u deze publicatie

Bent u geen vakspecialist op het gebied van de energietransitie maar krijgt u wel vragen hierover? Bijvoorbeeld omdat u volksvertegenwoordiger of bestuurder bent van een dorp, stad, provincie of waterschap. Of omdat u betrokken bent bij een lokale duurzame energiecoöperatie. Dan vindt u in deze publicatie een helder overzicht van de belangrijkste onderdelen van een warmtenet. Zoals u in het overzicht kunt zien, gaat deze publicatie over de ketenonderdelen van een warmtenet. Deze publicatie gaat verder niet in op de vraagstukken rondom de businesscase en de governance van warmtenetten.

Een warmtenet is één van de mogelijke duurzame, toekomstige energie-infrastructuren in de gebouwde omgeving; naast (groen) gas en elektriciteit. Op de volgende twee pagina's vindt u een korte inleiding met betrekking tot de mogelijke infrastructuren.

Wilt u in hoofdlijnen meer weten over bepaalde onderdelen van een warmtenet of over een bepaalde techniek? Dan kunt u vanuit het overzicht naar de onderdelen van het warmtenet klikken. Die onderdelen (bron | infrastructuur | opslag | aansluiting) staan ook in de linker kantlijn. Elk onderdeel wordt steeds kort beschreven, de kritische succesfactoren worden benoemd en er zijn hyperlinks naar aanvullende informatie en voorbeeldprojecten opgenomen.

TKI Urban Energy hoopt dat voorliggende publicatie meewerkt aan een beter begrip van de complexe vraagstukken rondom warmtenetten. Als u deze publicatie verder wilt verspreiden, juicht de TKI Urban Energy dat toe. Indien gewenst kan de publicatie gratis van een eigen logo voorzien worden. Ga hiervoor naar de laatste pagina, klik op het grijze vakje in de logobalk en voeg uw logo toe.

TKI Urban Energy



Welke infrastructuren zijn er mogelijk?

Het Planbureau voor de Leefomgeving heeft voor al de gemeenten in Nederland een Startanalyse gemaakt. De Startanalyse is gemaakt op basis van landelijke data en biedt op buurtniveau voor vijf warmtestrategieën een eerste beeld van de technisch-economische gevolgen (zoals nationale kosten, energievraag, CO_2 -reductie). De infrastructuren die op deze pagina beschreven worden, zijn gekoppeld aan de strategieën die het Expertise Centrum Warmte (ECW) en het PBL hanteren bij de Startanalyse.

Gasnet

In de huidige situatie is er veelal sprake van een gasnet in de wijk. De netbeheerder heeft dit gasnet in beheer en verzorgt onderhoud en vervanging.

In het kader van de energietransitie zijn er de volgende verduurzamingsmogelijkheden:

- Het huidige gasnet voorlopig handhaven voor aardgas en inzetten op de isolatieopgave en combinaties van warmtepompen met gasketels (hybride oplossing). Op termijn zal duidelijk moeten worden of het gasnet alsnog verwijderd wordt en er overgegaan wordt op all-elektric-oplossingen (warmtepompen) óf dat er duurzaam gas beschikbaar is (groen gas, biogas, waterstof). Dit is strategie 4 van het ECW.
- Het huidige gasnet geschikt maken voor groen gas, biogas of waterstof. Dit is strategie 5 van het ECW.

Elektriciteitsnet

In de huidige situatie liggen er elektriciteitsnetten in de wijken. Naarmate er meer woningen zonnepanelen krijgen, elektrisch gaan koken en/of warmtepompen toepassen, zal het huidige elektriciteitsnet qua capaciteit niet altijd toereikend zijn. Het elektriciteitsnet dient dan verzwaard te worden. Ook de toename van elektrisch vervoer speelt hier mee.

Voor verwarming zijn er grofweg de volgende individuele woningoplossingen:

- Luchtwarmtepompen.
- Bodemwarmtepompen.
- Elektrische verwarming (stralingspanelen, elektrische boiler, etc.).

Dit is strategie 1 van het ECW.

Warmtenet

Het is ook mogelijk om de woningen/gebouwen in de wijk te verwarmen vanuit een warmtenet.

Een warmtenet is onderdeel van een totaal energiesysteem voor de verwarming van de wijk. Grofweg is dit systeem op te delen in de volgende onderdelen: Warmtebron/productie • Opslag • Infra • Aansluiting.

Het overzicht op de volgende bladzijde geeft het totale speelveld van warmtenetten. Via de link vindt u een korte omschrijving van het item met daarbij de belangrijkste vragen en aandachtspunten.

Het ECW heeft warmtenetten verwerkt in twee strategieën. Strategie 2: warmtenet met middentemperatuur bron (circa 70°C of hoger). Strategie 3: warmtenet met laagtemperatuur bron (lager dan 70°C). In het overzicht op de volgende bladzijde is strategie 3 onderverdeeld in twee temperatuurklassen die beide onder de 70°C liggen: laagtemperatuur tussen de 35 en de 55°C en een zeer lagetemperatuur niveau tussen de 10 en de 25°C.

Naast de specifieke items (bron, opslag, infra en woningaansluiting) is er een aantal overkoepelende algemene aandachtspunten bij de toepassing van warmtenetten. Dit betreft:

- Beschikbaarheid van warmtebronnen.
- Betaalbaarheid van de warmtevoorziening.
- Beheersbaarheid van de warmtevoorziening.

Beschikbaarheid, betaalbaarheid en beheersbaarheid

Bij toepassing van een warmtenet zijn er drie belangrijke aspecten te onderscheiden: beschikbaarheid, betaalbaarheid en beheersbaarheid.

Beschikbaarheid

Belangrijk is dat er zicht is op een geschikte warmtebron waarmee het mogelijk is om een robuuste energievoorziening te maken. Hierbij zijn met name de volgende aspecten van belang:

- Afstand bron tot wijk. Is de warmtebron binnen een afstand van maximaal 1000 meter van de wijk beschikbaar?
- Beschikbaarheid lange termijn. Is er zicht op langdurige beschikbaarheid (minimaal 15 jaar) van de warmtebron (met name bij restwarmte)? Of is er mogelijk zicht op een vervangende duurzame warmtebron?
- Beschikbaarheid korte termijn. Wat gebeurt er als de warmtebron tijdelijk niet beschikbaar is vanwege bijvoorbeeld uitval? Is er een betrouwbare back-up achter de hand? En kan deze back-up eventueel als piekvoorziening ingezet worden voor perioden met een hoge warmtevraag?

In 2050 moeten ook de bestaande warmtenetten klimaatneutraal zijn. Als de bron nu niet klimaatneutraal is, dan is het nodig om een bronnenstrategie te hebben er op gericht is dat de bron in 2050 wel klimaatneutraal is.

Piekvoorziening

De huidige warmenetten bestaan veelal uit een duurzame warmtebron in combinatie met een zogenaamde piekvoorziening voor hele koude dagen of voor back-up. Deze piekvoorziening is veelal een gasgestookte verwarmingsketel. (Duurzame) alternatieven hiervoor zijn onder andere biogas of een warmtebuffer (elektrisch verwarmd bijvoorbeeld).

Betaalbaarheid

Een warmtenet vraagt hoge (aanvangs)investeringen. Om tot een aanvaardbare exploitatie te komen zijn er de volgende aspecten van belang:

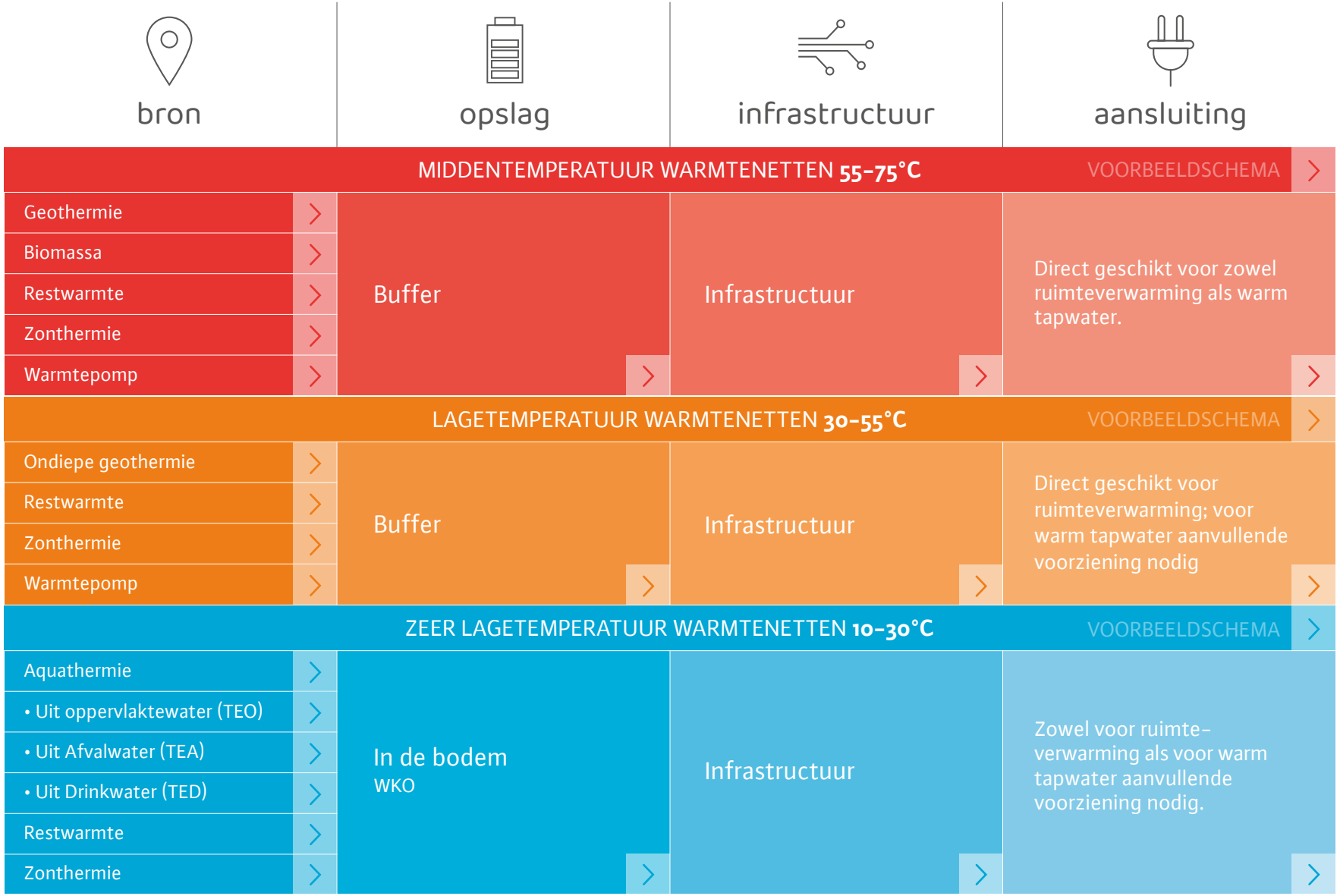
- Er moet een bepaalde mate van zekerheid zijn dat (vrijwel) alle woningen in de wijk op een termijn van 10 jaar aansluiten (afspraken over vollooprisico).
- Warmtenetten lenen zich vooral in wijken met een relatief hoge bebouwingsdichtheid (>30 woningen/ha). Bij wijken met een lagere woningdichtheid worden de kosten voor de infra relatief hoog en zijn ook de warmteverliezen in het warmtenet relatief hoog. Hierdoor zijn alternatieven vaak gunstiger (financieel en energetisch).

Beheersbaarheid

De afnemers van warmte van een warmtenet verwachten een betrouwbare warmtelevering. De vergelijking die afnemers daarbij hebben, is het gasnet, dat vrijwel geen storingen kent. Om een dergelijke storingsvrije levering ook voor warmte te verzorgen, is de beheersbaarheid belangrijk. Het warmtenet dient in handen te zijn van partij(en) die de ontwikkeling, het onderhoud en de exploitatie van warmtesystemen beheersen. Dit betekent dat er professionele organisaties nodig zijn met kennis en ervaring.

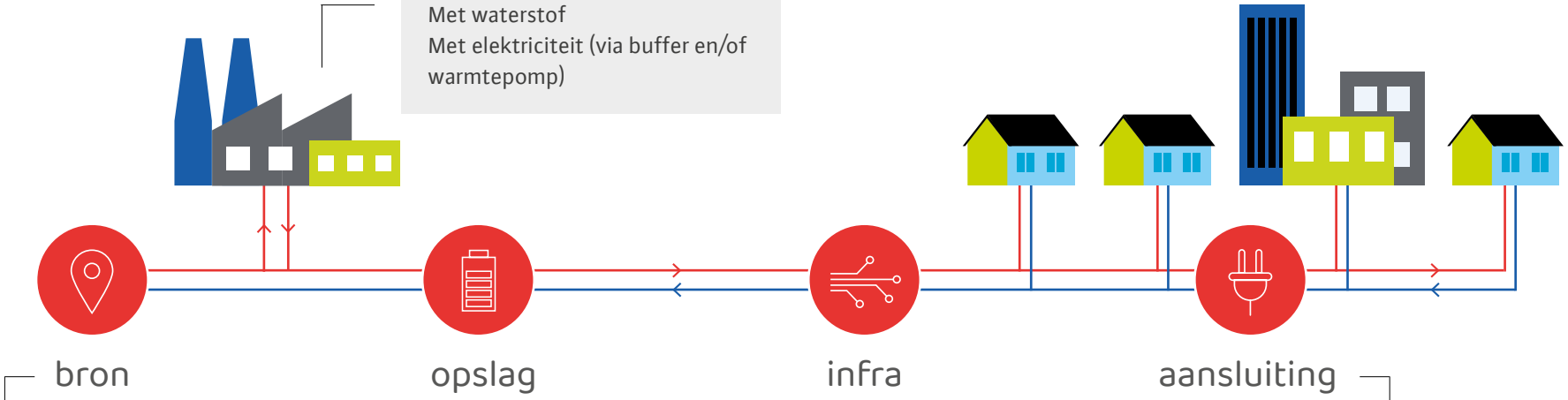
Er zijn wijken en buurten waar inwoners zelf in coöperatief verband een warmtevoorziening ontwikkelen en gaan exploiteren. Vanuit het oogpunt van draagvlak en betrokkenheid is dit toe te juichen. Belangrijk is wel dat de hiervoor genoemde professionaliteit in de wijk aanwezig is of dat deze wordt betrokken door samenwerking tussen coöperatie en een marktpartij.

Totaaloverzicht van onderdelen van warmtenetten



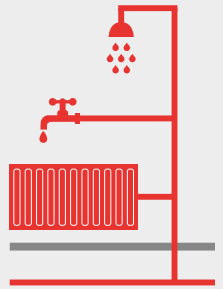
Middentemperatuur warmtenetten 55-75°C

Piekvoorziening / additionele verwarming:
Met aardgas (hybride warmtenet)
Met biogas
Met waterstof
Met elektriciteit (via buffer en/of warmtepomp)



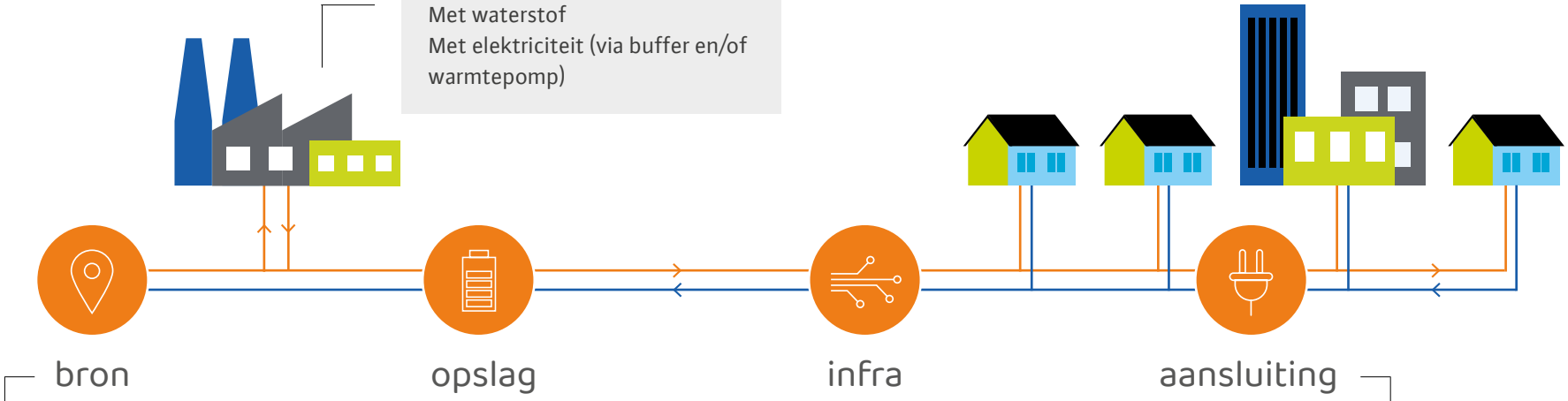
Duurzame warmtebronnen:
Geothermie
Biomassa
Restwarmte
Zonthermie
Warmtepomp

MT-aansluiting
Verwarming:
direct via afleverset
Warm tapwater:
direct via afleverset



Lagetemperatuur warmtenetten 30-55°C

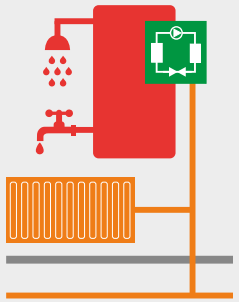
Piekvoorziening / additionele verwarming:
Met aardgas (hybride warmtenet)
Met biogas
Met waterstof
Met elektriciteit (via buffer en/of warmtepomp)



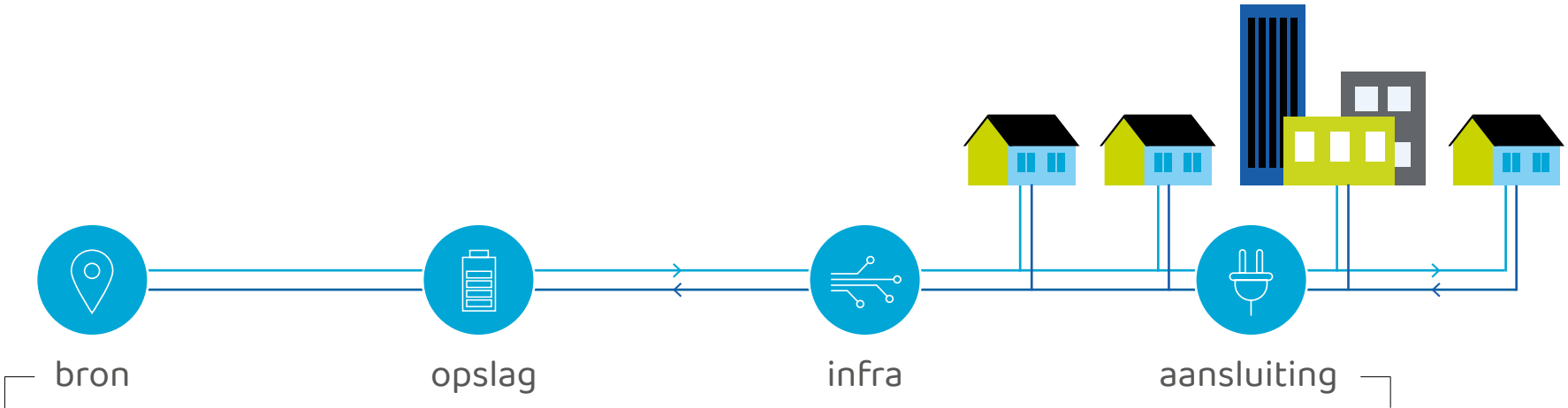
bron | opslag | infra | aansluiting

Duurzame warmtebronnen:
Ondiepe geothermie
Zonthermie
Warmtepomp

LT-aansluiting
Verwarming:
direct via aansluiting
Warm tapwater:
via boosterwarmtepomp

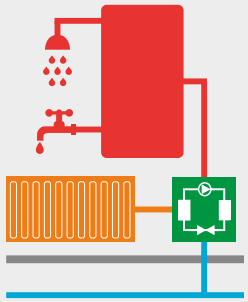


Zeer lagetemperatuur warmtenetten 10-30°C



Duurzame warmtebronnen:
Aquathermie
Restwarmte
Zonthermie

ZLT-aansluiting
Verwarming:
via warmtepomp
Warm tapwater:
via warmtepomp





Bronnen

Warmte kan uit diverse bronnen worden gehaald.
De temperatuurniveaus bepalen de toepasbaarheid.

Geothermie: aardwarmte (MT)

Algemene omschrijving

Warmte wordt op grotere diepte aan de bodem onttrokken. Hoe dieper, hoe hoger de temperatuur (elke 100 m ongeveer 3 graden warmer). De warmte wordt onttrokken aan een zogenaamde 'watervoerende laag'. Er worden twee putten gemaakt. Met de ene wordt warm water uit de 'watervoerende laag' opgepompt, zodat het gebruikt kan worden om warmte aan een warmtenet te leveren. Het afgekoelde bodemwater wordt met een tweede put weer terug gebracht in de bodem, op een flinke afstand van waar het wordt onttrokken.

Het winnen van hoog(midden)temperatuur warmte kan alleen op grote diepte (circa 2 kilometer of dieper). Gezien de grote diepte, is het maken van de putten kostbaar. Het project moet dan ook voldoende schaalgrootte hebben (> 4000 woningen of woningequivalenten) om economisch levensvatbaar te zijn.

Nader informatie over geothermie:

Expertise Centrum Warmte
Kas als energiebron

Kritische succesfactoren

Hieronder staan de thema's die de toepasbaarheid en rentabiliteit van geothermie in sterke mate bepalen. Deze moeten dus voldoende uitgezocht en onderbouwd zijn, met positieve resultaten, wil je geothermie als een kansrijke optie beschouwen.

Bodemgeschiktheid

1. Is de bodem geschikt voor warmtewinning? Is dat onderbouwd met onderzoeken? Zijn de resultaten voldoende zeker (>75%)?
2. Hoeveel warm water per uur kunnen de geothermieputten leveren? Dit is 1-op-1 gekoppeld aan het vermogen dat de geothermie kan gaan leveren. Is dit een schatting, of is het onderbouwd door een betrouwbaar onderzoek?
3. Zijn er risico's met het oog op het verkrijgen van de uiteindelijke exploitatievergunning voor geothermie? Dit moet uitgezocht zijn.

Temperatuur en vermogen (zie ook informatie over temperatuurniveau in warmtenetten)

4. Een warmtenet heeft een aanvoer- en een retourtemperatuur. De aanvoertemperatuur is de temperatuur van het warme water dat in de leidingen naar de woningen toe stroomt. De retourtemperatuur geldt voor het afgekoelde water uit de woningen dat weer terug stroomt naar de geothermiebron. Zijn de vereiste aanvoertemperatuur en de retourtemperatuur in het warmtenet vastgesteld? Dat moet onderbouwd zijn met analyses en berekeningen van de woninginstallaties, leidingverliezen in het warmtenet, etc. Een aanname of ruwe schatting is onvoldoende.
5. Tot welke temperatuur kan de geothermiebron het warmtenet opwarmen? Dat moet goed worden uitgezocht, rekening houdend met verliezen, warmtewisselaars enzovoort? Schattingen zijn vaak te optimistisch.
6. Kan geothermie de vereiste aanvoertemperatuur maken, of is altijd aanvullende verwarming nodig? Altijd aanvullende verwarming is ongunstig. Er moet dan goed uitgezocht worden met welke installatie dat gaat gebeuren en hoe duurzaam dat is. Wat worden de energiegebruiken, de investeringen, de jaarlijkse energiekosten, de jaarlijkse kosten van een eventuele (grote) gasaansluiting enz.?
7. Is uitgezocht hoeveel verwarmingsvermogen de geothermiebron aan het warmtenet kan leveren? En welk aandeel van de jaarlijkse warmtevraag geothermie kan leveren?
8. Zijn de warmteafgiftesystemen in de woningen geschikt voor de beoogde aanvoertemperatuur in het warmtenet? Zo niet, dan dreigen de

woningen onvoldoende verwarmingsvermogen te krijgen uit het warmtenet. Is in dat geval al uitgezocht of de verwarmingsinstallatie in de woningen aangepast kan worden (bijvoorbeeld naar vloerverwarming of radiatoren/convectoren die voor lage aanvoertemperatuur geschikt zijn), en is al goed uitgezocht wat de consequenties zijn voor de bewoners en wat de kosten zijn?

9. Is de aanvoertemperatuur in het warmtenet voldoende hoog om in de woningen ook warm-tapwater te bereiden? Zo niet, is dan al vastgesteld welke apparaat in de woning voor het warmtapwater zorgt? En of dat praktisch inpasbaar is, wat het energieverbruik ervan is en wat de investerings- en energiekosten worden?

Vergunningen, organisatie en risico's

Een geothermieproject is een complex project, waar veel partijen bij zijn betrokken. Niet alleen de techniek, maar ook de organisatie, de business case en de risico's moeten (voldoende) bekend zijn, voordat geothermie als een kansrijke, uitvoerbare optie beschouwd kan worden.
De volgende aspecten gelden specifiek voor geothermie en grootschalige warmtenetten en moeten duidelijk zijn:

- Wie is verantwoordelijk voor technische risico's, zoals tegenvallende capaciteit van een geothermiebron of tegenvallende bodemgeschiktheid?
- Organisatorische zaken.
  - wie voert de regie in het project?
  - zijn al de stappen die doorlopen moeten worden met betrekking tot de vergunningverlening goed in beeld?
  - is het project vergunningstechnisch haalbaar?

Voorbeeldprojecten

- Stadsverwarming: Haagse Aardwarmte Leyweg
- Glastuinbouw: Trias Westland
- Glastuinbouw: Geothermie Koekoekspolder

Biomassa (MT)

Algemene omschrijving

Biomassa wordt veelal verbrand in een bioketel. De warmte die vrijkomt wordt via een warmtenet getransporteerd naar de afnemers.

Biomassa kent veel (vaste) verschijningsvormen: houtsnippers, houtpellets, snoeiafval, etc. Naast vaste biomassa is het ook mogelijk om biogas om te zetten in warmte. Dit kan middels een 'gewone' verwarmingsketel. Eventueel als piekvoorziening. Ook is het mogelijk om biogas middels een gasmotor om te zetten in zowel warmte als elektriciteit (wkk, warmtekracht-koppeling).

Bij de verbranding van biomassa komt CO_2 vrij. Deze is echter in een relatief korte periode daarvoor bij de aangroei van hout, opgenomen uit de omgevingslucht. Per saldo is er daardoor over een korte termijn gezien een balans van opname en uitstoot van CO_2. Om deze reden wordt biomassa als een duurzame bron beschouwd.

Nader informatie over warmte uit biomassa:

- Expertise Centrum Warmte

Kritische succesfactoren

- Herkomst van de biomassa. De duurzaamheid en de tijdsduur van de CO_2 kringloop kunnen discutabel zijn, waardoor er geen draagvlak is (vanuit de lokale politiek en bewoners). Gebruik maken van lokaal snoeiafval kan op het grootste draagvlak rekenen.
- Voldoet de biocentrale aan de emissienormen (fijnstof en geuroverlast)?
- Is de locatie voor de biocentrale voldoende bereikbaar gezien de nodige transportbewegingen voor aanvoer van biomassa?
- Accepteren de omwonenden de bouw van een biocentrale? Om lange warmteleidingen te voorkomen heeft het voorkeur om de bio-centrale vlakbij de te verwarmen woningen / gebouwen te plaatsen.
- Is er SDE subsidie beschikbaar? Dit is een veelal belangrijke voorwaarde voor een rendabele business case.

Voorbeeldprojecten

- Biowarmtecentrale stadsverwarming Purmerend
- Bio-energie centrale warmtenet Eindhoven (elektriciteit en warmteproductie)
- Bio-energiecentrale HVC Alkmaar (elektriciteit en warmteproductie)
- Biomassa bijstook Amercentrale (elektriciteit en warmteproductie)

Restwarmte (MT)

Algemene omschrijving

De restwarmte kan op verschillende temperatuurniveaus vrijkomen (MT, LT en/of ZLT). Hoe hoger het temperatuurniveau hoe gemakkelijker de restwarmte inzetbaar is.

Middentemperatuur restwarmte kan rechtstreeks ingezet worden voor zowel ruimteverwarming als warm water.

Restwarmte kan afkomstig zijn uit diverse bronnen. Middentemperatuur restwarmte is veelal afkomstig uit verbrandingsprocessen:

- Industrieel proces (MT, LT of ZLT)
- Afvalverbrandingsinstallaties (MT)
- Elektriciteitscentrales (MT)

De mate van complexiteit om de restwarmte te winnen ('uit te koppelen'), is divers en projectspecifiek.

Nader informatie over restwarmte:

Expertise Centrum Warmte

Kritische succesfactoren

- Temperatuurniveau van de restwarmte.
- Beschikbaarheid over de dag, de week en het jaar.
- Beschikbaarheid op langere termijn (contractduur voor restwarmtelevering is meestal < 15 jaar).
- Benodigde back-up in geval van uitval
- Impact op proces (niet of beperkt).
- Afstand tot de warmteafnemers. (bouw nieuwe datacenters alleen nog vlakbij de warmte-afnemers).
- Duurzaamheidsdiscussie: is het niet beter als de industrie zelf warmtevraag reductie doorvoert in het eigen proces of lokaal warmtepomptechnologie toepast voor hergebruik van de warmte?

Er is onderscheid te maken tussen restwarmte en aftapwarmte. In de Europese richtlijn voor hernieuwbare energie is restwarmte gedefinieerd als warmte die over is in een industrieel proces en waar geen extra brandstof voor is gebruikt. Verbranding van afval en gebruik van restwarmte uit een energiecentrale die ten koste gaat van het elektrische rendement van de centrale, kunnen strikt genomen dus niet beschouwd worden als restwarmte.

Voorbeeldprojecten

- Afvalverbranding: AEB Amsterdam
- Afvalverbranding: Hengelo
- Industrie: Shell Rotterdam
- Industrie: Chemelot, Sittard-Geleen
- Industrie: Yara, Sluiskil
- Energiecentrale: Gertruidenberg

Zonthermie (MT)

Algemene omschrijving

De warmte van de zon is op verschillende manier te winnen. Energie uit oppervlaktewater is ook een vorm van zonthermie. In deze paragraaf bedoelen we echter het direct winnen van zonnewarmte middels zonnecollectoren. De meest voorkomende uitvoeringsvormen om middentemperatuur zonthermie te winnen zijn:

- Vlakke plaat collectoren.
- Vacuümbuis collectoren.

De zonnewarmte die in de zomer ingevangen wordt, dient opgeslagen te worden zodat deze in de winter ingezet kan worden voor ruimteverwarming. Om zonthermie in te zetten voor ruimteverwarming is er dus altijd een vorm van (seizoens) energieopslag nodig.

Afhankelijk van het temperatuurniveau van de warmte kan gekozen worden voor opslag in:

- Vaten (Ecovat, HoCoSto): met name voor de opslag van LT of MT-warmte.
- De bodem (WKO): met name voor de opslag van ZLT-warmte.

Kritische succesfactoren

- Toepassing van zonthermie vraagt vrijwel altijd een vorm van (seizoens)opslag. Bij toepassing op grotere schaal in combinatie met warmtenetten dient aandacht besteed te worden aan afmetingen, locatie en kosten van deze opslag.
- Ruimtegebruik collectoren: opstelling op dak of op land.
- Gewenste temperatuurniveau in relatie tot type collectoren (vlakke plaat, vacuümbuis).

Voorbeeldprojecten

- NIOO Wageningen
- Vattenfall

Warmtepompen (MT)

Algemene omschrijving

Met warmtepompen is het mogelijk om van warmte met een bepaald temperatuurniveau warmte van een hoger temperatuurniveau te maken. De warmtepomp 'pompt' dus warmte van laag naar hoog temperatuurniveau. Hoe groter het verschil is tussen de temperatuurniveau, hoe harder de warmtepomp moet 'pompen', hoe lager het rendement en hoe meer energie (elektriciteit) dit kost.

Het rendement van een warmtepomp wordt vaak uitgedrukt in een COP (Coëfficiënt of Performance). De COP geeft de verhouding tussen de hoeveelheid warmte die de warmtepomp produceert en de daarvoor benodigde elektriciteit. Daarnaast worden ook andere aanduidingen voor het rendement gebruikt zoals bijvoorbeelde de SPF (Seasonal Performance Factor).

Belangrijk om te noemen is dat een warmtepomp alleen kan functioneren als er een warmtebron beschikbaar is. ZLT- of LT-bronnen kunnen met behulp van een warmtepomp in temperatuur verhoogd worden.

Warmtepompen worden ook vaak in combinatie met warmte-koudeopslag in de bodem toegepast. Bij deze toepassing wordt dan vaak in de zomer zeer lagetemperatuur warmte in de opslag geladen. In de winter wordt deze laagtemperatuur warmte door de warmtepomp op hoger temperatuurniveau gebracht en gebruikt voor verwarmingsdoeleinden.

Middentemperatuur warmtepompen zijn vooral interessant voor de bestaande bouw. Met middentemperatuur warmte kunnen bestaande woningen zonder ingrijpende aanpassingen verwarmd worden.

Nader informatie over warmtepomp:

- Expertise Centrum Warmte

Kritische succesfactoren

- Warmtepompen die >70°C moeten maken uit laagwaardige bronnen (10 a 15°C) zoals aquathermie hebben een vrij lage energie-efficiency. Is er uitgerekend of de te behalen CO_2-emissiereductie de moeite waard is om dergelijke systemen toe te passen?
- Belangrijke overweging is de keuze van de plaats van de warmtepomp:
  - Collectief voor de hele wijk:
    - Lagere energie-efficiency.
    - Duur MT-warmtenet nodig.
  - Decentraal per gebouw:
    - Warmte maken op maat, op temperatuurniveau dat het desbetreffende gebouw nodig heeft: hogere energie-efficiency
    - Goedkoper ZLT-net te gebruiken of lokale wko-bronnen (geen warmteverlies).
    - Koeling per gebouw is mogelijk.
    - Lastiger te organiseren (is er voldoende ruimte per gebouw voor een warmtepomp).
    - Collectiviteitsvoordeel is minder.
    - Hoe de aardgasvrije piekvoorziening (voor koude winterdagen) inrichten. Denk na over alternatieven, zoals Luchtwarmtepompen.
- Vervanging van HFK's (koudemiddel dat in de warmtepomp zit) door natuurlijke koudemiddelen.

Voorbeeldprojecten

- Eneco Harnaschpolder Delft
- Natuurlijk warmtenet Hengelo

Ondiepe geothermie: aardwarmte (LT)

Algemene omschrijving

Warmte kan op verschillende diepten gewonnen worden. Hoe dieper, hoe hoger de temperatuur (elke 100 meter ongeveer 3 graden warmer). Bij ondiepe geothermie wordt warmte op een diepte van circa 250 tot 1000 meter gewonnen. De temperatuur van deze warmte bedraagt circa 25 tot circa 50°C.

De warmte wordt onttrokken aan een zogenaamde 'watervoerende laag'. Er worden twee putten gemaakt. Met de ene wordt warm water uit de 'watervoerende laag' opgepompt, zodat het gebruikt kan worden om warmte aan een warmtenet te leveren. Het afgekoelde bodemwater wordt met een tweede put weer terug gebracht in de bodem, op een flinke afstand van waar het wordt onttrokken.

Op een diepte van circa 500 tot 1000 meter zijn er op bepaalde plaatsen aardlagen aanwezig waaruit laagtemperatuur warmte gewonnen kan worden. Deze warmte kan voor ruimteverwarming (vloerverwarming) mogelijk direct ingezet worden. Of de warmte kan met behulp van warmtepompen opgewaardeerd worden naar een hoger temperatuurniveau.

Deze vorm van geothermie wordt vaak aangeduid als 'ondiep geothermie' of ook wel als 'laagtemperatuur aardwarmte'. Deze vorm van geothermie kan in tegenstelling tot diepe, hoogtemperatuur geothermie, ook op kleinere schaal toegepast worden (vanaf circa 500 woningen).

Nader informatie over geothermie:

- Expertise Centrum Warmte
- Kas als energiebron

Kritische succesfactoren

Hieronder staan de thema's die de toepasbaarheid en rentabiliteit van geothermie in sterke mate bepalen. Deze moeten dus voldoende uitgezocht en onderbouwd zijn, met positieve resultaten, wil je geothermie als een kansrijke optie beschouwen.

Bodemgeschiktheid

1. Is de bodem geschikt voor warmtewinning? Is dat onderbouwd met onderzoeken? Zijn de resultaten voldoende zeker (>75%)?
2. Hoeveel warm water per uur kunnen de geothermieputten leveren? Dit is 1-op-1 gekoppeld aan het vermogen dat de geothermie kan gaan leveren. Is dit een schatting, of is het onderbouwd door een betrouwbaar onderzoek?
3. Zijn er risico's met het oog op het verkrijgen van de uiteindelijke exploitatievergunning voor geothermie? Dit moet uitgezocht zijn.

Temperatuur en vermogen (zie ook informatie over temperatuurniveau in warmtenetten)

4. Een warmtenet heeft een aanvoer- en een retourtemperatuur. De aanvoertemperatuur is de temperatuur van het warme water dat in de leidingen naar de woningen toe stroomt. De retourtemperatuur geldt voor het afgekoelde water uit de woningen dat weer terug stroomt naar de geothermiebron. Zijn de vereiste aanvoertemperatuur en de retourtemperatuur in het warmtenet vastgesteld? Dat moet onderbouwd zijn met analyses en berekeningen van de woninginstallaties, leidingverliezen in het warmtenet, etc. Een aanname of ruwe schatting is onvoldoende.
5. Tot welke temperatuur kan de geothermiebron het warmtenet opwarmen? Dat moet goed worden uitgezocht, rekening houdend met verliezen, warmtewisselaars, etc.? Schattingen zijn vaak te optimistisch.
6. Kan geothermie de vereiste aanvoertemperatuur maken, of is altijd aanvullende verwarming of

opwaardering met een warmtepomp nodig? Altijd aanvullende verwarming is ongunstig. Er moet dan goed uitgezocht worden met welke installatie dat gaat gebeuren en hoe duurzaam dat is. Wat worden de energiegebruiken, de investeringen, de jaarlijkse energiekosten, de jaarlijkse kosten van een eventuele (grote) gasaansluiting, etc.

7. Is uitgezocht hoeveel verwarmingsvermogen de geothermiebron aan het warmtenet kan leveren? En welk aandeel van de jaarlijkse warmtevraag geothermie kan leveren?
8. Zijn de warmteafgiftesystemen (link van maken) in de woningen geschikt voor de beoogde aanvoertemperatuur in het warmtenet? Zo niet, dan dreigen de woningen onvoldoende verwarmingsvermogen te krijgen uit het warmtenet. Is in dat geval al uitgezocht of de verwarmingsinstallatie in de woningen aangepast kan worden (bijvoorbeeld naar vloerverwarming of radiatoren/convectoren die voor lage aanvoertemperatuur geschikt zijn), en is al goed uitgezocht wat de consequenties zijn voor de bewoners en wat de kosten zijn?

Economie, organisatie en planning

Een geothermieproject is een complex project, waar veel partijen bij zijn betrokken. Niet alleen de techniek, maar ook de organisatie, de business case en de risico's moeten (voldoende) bekend zijn, voordat geothermie als een kansrijke, uitvoerbare optie beschouwd kan worden.
De volgende aspecten gelden specifiek voor geothermie en grootschalige warmtenetten en moeten duidelijk zijn:

- Wie is verantwoordelijk voor technische risico's, zoals tegenvallende capaciteit van een geothermiebron of tegenvallende bodemgeschiktheid?
- Organisatorische zaken.
  - wie voert de regie in het project?
  - zijn al de stappen die doorlopen moeten worden met betrekking tot de vergunningverlening goed in beeld?
  - is het project vergunningstechnisch haalbaar?

Voorbeeldproject

Geothermie Zevenbergen
(Visser Smit Hanab, voor tuinbouw)

Restwarmte (LT)

Algemene omschrijving

De restwarmte kan op verschillende temperatuurniveaus vrijkomen (MT, LT en/of ZLT). Hoe hoger het temperatuurniveau hoe gemakkelijker de restwarmte inzetbaar is.

Restwarmte kan afkomstig zijn uit diverse bronnen. Lagetemperatuur restwarmte kan evenals middentemperatuur restwarmte afkomstig zijn uit verbrandingsprocessen:

- Industrieel proces (MT, LT of ZLT)
- Afvalverbrandingsinstallaties (MT)
- Elektriciteitscentrales (MT)

Daarnaast zijn er ook de volgende restwarmtebronnen:

- Condensorwarmte koelprocessen (LT, ZLT)
- Datacenters (LT, ZLT)

De mate van complexiteit om de restwarmte te winnen ('uit te koppelen'), is divers en projectspecifiek.

Nader informatie over restwarmte:

Expertise Centrum Warmte

Kritische succesfactoren

- Temperatuurniveau van de restwarmte.
- Beschikbaarheid over de dag, de week en het jaar.
- Beschikbaarheid op langere termijn (contractduur voor restwarmtelevering is meestal < 15 jaar).
- Benodigde back-up in geval van uitval.
- Impact op proces (niet of beperkt).
- Afstand tot de warmteafnemers. (Bouw nieuwe datacenters alleen nog vlakbij de warmte-afnemers).
- Duurzaamheidsdiscussie: is het niet beter als de industrie zelf warmtevraag reductie doorvoert in het eigen proces of lokaal warmtepomptechnologie toepast voor hergebruik van de warmte?

Zonthermie (LT)

Algemene omschrijving

De warmte van de zon is op verschillende manier te winnen. Energie uit oppervlaktewater is ook een vorm van zonthermie. In deze paragraaf bedoelen we echter het direct winnen van zonnewarmte middels zonnecollectoren. De meest voorkomende uitvoeringsvorm om lagetemperatuur zonthermie te winnen is de vlakke plaat collector:

- Vlakke plaat collectoren (in combinatie met een zonneboiler voor warm tapwater).
- Vacuümbuis collectoren.

De zonnewarmte die in de zomer ingevangen wordt, dient opgeslagen te worden zodat deze in de winter ingezet kan worden voor ruimteverwarming. Om zonthermie in te zetten voor ruimteverwarming is er dus altijd een vorm van (seizoens) energieopslag nodig.

Afhankelijk van het temperatuurniveau van de warmte kan gekozen worden voor opslag in:

- Vaten (Ecovat, HoCoSto): met name voor de opslag van LT of MT-warmte.
- De bodem (WKO): met name voor de opslag van ZLT-warmte.

Kritische succesfactoren

- Toepassing van zonthermie vraagt vrijwel altijd een vorm van (seizoens)opslag. Bij toepassing op grotere schaal in combinatie met warmtenetten dient aandacht besteed te worden aan afmetingen, locatie en kosten van deze opslag.
- Ruimtegebruik collectoren.
- Gewenste temperatuurniveau in relatie tot type collectoren (vlakke plaat, vacuümbuis).

Voorbeeldprojecten

- Zonnecollectoren: 2MW Haarlem
- Zonnecollectoren: Zoneiland Almere

Warmtepompen (LT)

Algemene omschrijving

Met warmtepompen is het mogelijk om van warmte met een bepaald temperatuurniveau warmte van een hoger temperatuurniveau te maken. De warmtepomp 'pompt' dus warmte van laag naar hoog temperatuurniveau. Hoe groter het verschil is tussen de temperatuurniveau, hoe harder de warmtepomp moet 'pompen', hoe lager het rendement en hoe meer energie (elektriciteit) dit kost.

Het rendement van een warmtepomp wordt vaak uitgedrukt in een COP (Coëfficiënt of Performance). De COP geeft de verhouding tussen de hoeveelheid warmte die de warmtepomp produceert en de daarvoor benodigde elektriciteit.

Belangrijk om te noemen is dat een warmtepomp alleen kan functioneren als er een warmtebron beschikbaar is. ZLT-warmtebronnen kunnen met behulp van een warmtepomp in temperatuur verhoogd worden.

Warmtepompen worden ook vaak in combinatie met warmte-koudeopslag in de bodem toegepast. Bij deze toepassing wordt dan vaak in de zomer laagtemperatuur warmte in de opslag geladen. In de winter wordt deze laagtemperatuur warmte door de warmtepomp op hoger temperatuurniveau gebracht en gebruikt voor verwarmingsdoeleinden.

Laagtemperatuur warmtepompen zijn vooral interessant voor nieuwbouw. Met laagtemperatuur warmte kunnen nieuwe woningen met vloerverwarming rechtstreeks verwarmd worden. Voor warm tapwater is dan een aanvullende voorziening nodig.

Nader informatie over warmtepomp:

- Expertise Centrum Warmte

Kritische succesfactoren

- Belangrijke overweging is de keuze van de plaats van de warmtepomp:
  - Collectief voor de hele wijk:
    - Lagere energie-efficiency.
    - Duur LT-warmtenet nodig.
  - Decentraal per gebouw:
    - Warmte maken op maat, op temperatuurniveau dat het desbetreffende gebouw nodig heeft: hogere energie-efficiency.
    - Goedkoper ZLT-net te gebruiken of lokale wko-bronnen (geen warmteverlies).
    - Koeling per gebouw is mogelijk.
    - Lastiger te organiseren (is er voldoende ruimte per gebouw voor een warmtepomp).
    - Collectiviteitsvoordeel is minder.
    - Hoe de aardgasvrije piekvoorziening (voor koude winterdagen) inrichten? Luchtwarmtepompen?
- Vervanging van HFK's (koudemiddel dat in de warmtepomp zit) door natuurlijke koudemiddelen.

Voorbeeldprojecten

- Oostelijke Handelskade Amsterdam
- Hoogeland Naaldwijk

Aquathermie: warmte uit water (ZLT)



Nederland is een land met veel water. In dit water zit veel thermische energie opgeslagen die gebruikt kan worden als bron van duurzame warmte. Aquathermie is een verzamelnaam voor verschillende mogelijkheden om warmte te winnen uit water. Er wordt veelal onderscheid gemaakt tussen de volgende drie bronnen:

- Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO)
- Thermische energie uit afvalwater (TEA)
- Thermische energie uit drinkwater (TED)

Nader informatie over aquathermie:

- Expertise Centrum Warmte
- Unie van Waterschappen
- Netwerk Aquathermie

TEO: Thermische energie uit **oppervlaktewater** (ZLT)

Algemene omschrijving

De temperatuur van het oppervlaktewater varieert van circa 0°C tot circa 25°C. Dit betekent dat het niet mogelijk is om direct warmte te leveren voor verwarmingsdoeleinden in de woningen. TEO wordt daarom altijd toegepast in combinatie met energieopslag in de bodem (WKO) en met warmtepompen. Omdat het water in de zomer de meest geschikte temperatuur heeft, wordt er in de zomer energie onttrokken en opgeslagen in de WKO (op een temperatuurniveau van circa 15–20°C). In de winter wordt deze warmte uit de WKO onttrokken en met een warmtepomp opgewaardeerd tot de gewenste temperatuur. De 'warmtepompwarmte' wordt via het warmtenet aan de gebruikers/afnemers geleverd.

Kritische succesfactoren

- Is er zicht op de goede locatie voor onttrekking ten opzichte van het weer lozen van het water (met een lagere temperatuur)? Voor deze keuze is het belangrijk om inzicht te hebben in stroming van het oppervlaktewater.
- Is er voldoende wateroppervlak om de benodigde hoeveelheid warmte te winnen? Het wateroppervlak functioneert eigenlijk als een zonnecollector. Vuistregel is dat er ongeveer 1,5 GJ warmte gewonnen kan worden uit 1 m^2 wateroppervlak. Voor het verwarmen van een gemiddelde woning met een verbruik van 1500 m^3 aardgas is circa 15 m^2 wateroppervlak nodig.
- Is er voldoende (technische) ruimte voor de inpassing van de aanvullend benodigde componenten zoals de WKO, de warmtewisselaars, de warmtepompen, etc.?
- Is er een technische uitwerking gedaan (goede filtering van het water, materiaalkeuze, geschikte warmtewisselaars)? En is er op basis hiervan een goede kostenraming gemaakt?

Voorbeeldprojecten

- Oostelijke Handelskade Amsterdam (IJ)
- Houthavens Amsterdam (IJ)
- Paleiskwartier Den Bosch (waterpartij circa 10.000 m2 boven parkeergarage)
- Thales Hengelo (Twentekanaal)
- De Rotterdam, Rotterdam (Maas)

TEA: Thermische energie uit **afvalwater** (ZLT)

Algemene omschrijving

De warmte uit afvalwater kan op verschillende manieren en op verschillende plaatsen in het afvalwatersysteem gewonnen worden.

- Rechtstreeks warmte winnen uit het rioolstelsel: uit de rioolleidingen in de wijk (riothermie).
- Warmtewinning aan het einde van het rioolstelsel: bij de waterzuivering (RWZI).

De hoeveelheid warmte die gewonnen kan worden hangt af van hoeveelheid afvalwater, de temperatuur hiervan en de manier waarop de warmte uitgewisseld kan worden.

- Evenals bij oppervlaktewater varieert bij afvalwater de temperatuur over het jaar. Bij afvalwater is de variatie 'gedempter' dan bij oppervlaktewater: circa 10°C tot circa 25°C.
- De hoeveelheid afvalwater varieert over de dag (overdag meer afvalwater dan 's nachts). Daarnaast is de variatie ook afhankelijk van de weersomstandigheden. Met name in gebieden waar er geen gescheiden stelsel is van afvalwater en regenwater, zorgt neerslag voor grote variatie in de hoeveelheid afvalwater.
- De hoeveelheid te winnen warmte is afhankelijk van de manier waarop de warmte uitgewisseld kan worden. Met name bij de rechtstreekse warmtewinning uit rioolleidingen in de wijk is de uitwisseling een aandachtspunt in verband met de overdracht van warmte van relatief vuil afvalwater. Door vervuiling van warmtewisselaars zal de overdracht minder worden.
- De temperatuur van het afvalwater is te laag om direct warmte te leveren voor verwarmingsdoeleinden in de woningen. Ook TEA wordt daarom altijd toegepast in combinatie met energieopslag in de bodem (WKO) en met warmtepompen. Omdat het water in de zomer de meest geschikte temperatuur heeft, wordt er in de zomer energie onttrokken en opgeslagen in de WKO (op een temperatuurniveau van circa 15–20°C). In de winter wordt deze warmte uit de WKO onttrokken en met een warmtepomp opgewaardeerd tot de gewenste temperatuur. De 'warmtepompwarmte' wordt via het warmtenet aan de gebruikers/afnemers geleverd.
- Afhankelijk van het daadwerkelijke temperatuurverloop is het projectspecifiek te overwegen om de afvalwarmte rechtstreeks, zonder energieopslag toe te passen. De warmtepompen zijn echter altijd nodig in verband met het leveren van de gewenste temperatuur voor verwarming van de woningen.

Bij warmtewinning aan het eind van het rioolstelsel (bij de RWZI) is het praktisch gezien eenvoudiger om warmte te winnen. Het afvalwater wordt gezuiverd. Na de zuivering is er sprake van relatief schoon water waar de warmte eenvoudig uit onttrokken kan worden. Het voordeel is ook dat er sprake is van relatief grote hoeveelheden gezuiverd afvalwater. Het nadeel is dat de temperatuur van het gezuiverde water enigszins verlaagd is tijdens het zuiveringsproces.

Kritische succesfactoren

- Is er voldoende warmte beschikbaar voor het beoogde aantal woningen?
- Is er zicht op temperatuur en capaciteit van het riool of van de RWZI?
- Is er sprake van een hoofdriool? Is er sprake van vervanging van riolering en kan dit gecombineerd worden met het plaatsen van een warmtewisselaar in deze riolering?
- Is er een RWZI in de buurt van de woningen waar de warmte nodig is? Hoeveel transportleiding is er nodig om de warmte naar de buurt te transporteren? Zijn de investeringskosten

hiervoor goed meegenomen in de businesscase?
- Is er voldoende (technische) ruimte voor de inpassing van de aanvullend benodigde componenten zoals de WKO, de warmte-wisselaars, de warmtepompen, etc.?
- Is er een technische uitwerking gedaan (goede filtering van het water, materiaalkeuze, geschikte warmtewisselaars)? En is er op basis hiervan een goede kostenraming gemaakt?

Voorbeeldprojecten

- Zuiveringswater: Harnaschpolder
- Zuiveringswater: Apeldoorn
- Zuiveringswater: Zandweerd Deventer (in ontwikkeling)
- Rioolwater: Woningen Hallandiaplein Goes
- Rioolwater: Vellsan college Ijmuiden
- Rioolwater: Zwembad Urk

TED: Thermische energie uit **drinkwaterleiding** (ZLT)

Algemene omschrijving

Het is mogelijk om warmte te winnen uit een drinkwaterleiding. De temperatuur van het drinkwater is laag. Opwaardering met warmtepomp is daarom noodzakelijk. Afhankelijk van de beschikbaarheid over het jaar is er eventueel ook energieopslag nodig (WKO).

Kritische succesfactoren

- Is er voldoende warmte beschikbaar voor het beoogde aantal woningen?
- Is er zicht op temperatuur en capaciteit van het drinkwater?
- Is er overleg met het drinkwaterbedrijf geweest over de mate van uitkoeling van het drinkwater?
- Is er een (hoofd)leiding in de buurt van de woningen waar de warmte nodig is? Hoeveel transportleiding is er nodig om de warmte naar de buurt te transporteren? Zijn de investeringskosten hiervoor goed meegenomen in de businesscase?
- Is er voldoende (technische) ruimte voor de inpassing van de aanvullend benodigde componenten zoals de WKO, de warmtewisselaars, de warmtepompen, etc.?
- Is er een technische uitwerking gedaan (materiaalkeuze, geschikte warmtewisselaars)? En is er op basis hiervan een goede kostenraming gemaakt?

Voorbeeldprojecten

- Warmtewinning: Woonwijk De Sniep, Diemen
- Koudewinning: Bloedbank Sanquin, Amsterdam

Restwarmte (ZLT)

Algemene omschrijving

De restwarmte kan op verschillende temperatuurniveaus vrijkomen (MT, LT en/of ZLT). Hoe hoger het temperatuurniveau hoe gemakkelijker de restwarmte inzetbaar is.

Restwarmte kan afkomstig zijn uit diverse bronnen. Zeer lagetemperatuur restwarmte kan evenals lage- en middentemperatuur restwarmte afkomstig zijn uit verbrandingsprocessen:

- Industrieel proces (MT, LT of ZLT)
- Afvalverbrandingsinstallaties (MT)
- Elektriciteitscentrales (MT)

Zeer lagetemperatuur restwarmte kan daarnaast afkomstig zijn uit diverse andere bronnen:

- Condensorwarmte koelprocessen (LT, ZLT)
- Datacenters (LT, ZLT)

De mate van complexiteit om de restwarmte te winnen ('uit te koppelen'), is divers en projectspecifiek.

Nader informatie over restwarmte:

Expertise Centrum Warmte

Kritische succesfactoren

- Temperatuurniveau van de restwarmte.
- Beschikbaarheid over de dag, de week en het jaar.
- Beschikbaarheid op langere termijn (contractduur voor restwarmtelevering is meestal < 15 jaar).
- Benodigde back-up in geval van uitval.
- Impact op proces (niet of beperkt).
- Afstand tot de warmteafnemers. (Bouw nieuwe datacenters alleen nog vlakbij de warmte-afnemers).
- Duurzaamheidsdiscussie: is het niet beter als de industrie zelf warmtevraag reductie doorvoert in het eigen proces of lokaal warmtepomptechnologie toepast voor hergebruik van de warmte?

Voorbeeldprojecten

- Datacenter Zernike, Groningen
- Datacenter High Tech Campus, Eindhoven
- Kassen Hoogeland, Naaldwijk

Zonthermie (ZLT)

Algemene omschrijving

De warmte van de zon is op verschillende manier te winnen. Energie uit oppervlaktewater is ook een vorm van zonthermie. In deze paragraaf bedoelen we echter het direct winnen van zonnewarmte middels zonnecollectoren. De meest voorkomende uitvoeringsvormen om zeer lagetemperatuur zonthermie te winnen zijn:

- PVT-panelen (combinatie van elektriciteit en warmte uit de zon middels één systeem).
- Energiedak (water wordt opgewarmd door leidingen die in de dakbedekking verwerkt zijn).
- Asfaltcollector (water wordt opgewarmd door leidingen die in het asfalt verwerkt zijn).

De zonnewarmte die in de zomer ingevangen wordt, dient opgeslagen te worden zodat deze in de winter ingezet kan worden voor ruimteverwarming. Om zonthermie in te zetten voor ruimteverwarming is er dus altijd een vorm van (seizoens) energieopslag nodig.

Afhankelijk van het temperatuurniveau van de warmte kan gekozen worden voor opslag in:

- Vaten (Ecovat, HoCoSto): met name voor de opslag van LT of MT-warmte.
- De bodem (WKO): met name voor de opslag van ZLT-warmte.

Kritische succesfactoren

- Toepassing van zonthermie vraagt vrijwel altijd een vorm van energieopslag. Bij opslag van laagtemperatuur warmte is de bodem een geschikte vorm van energieopslag (WKO). Aandachtspunten hierbij zijn de afmetingen, de ruimtelijke inpassing (ondergronds) en de kosten van de opslagvoorziening.
- Bij integratie van zonthermie in daken of wegen is de afstemming met de andere disciplines belangrijk. Er dienen goede afspraken gemaakt te worden met betrekking tot raakvlakken en demarcaties.

Voorbeeldprojecten

- Asfaltcollectoren: Heerhugowaard
- Asfaltcollectoren: Ooms Avenhoorn



Opslag

Vraag en aanbod van warmte loopt niet altijd gelijk.
Tijdelijke opslag zorgt voor voldoende voorraad.

Buffers (MT)

Bij duurzame warmtebronnen vallen vraag en aanbod niet altijd samen. Dit is met name het geval bij de bronnen waarbij de zon de directe warmte levert. Maar ook bij bijvoorbeeld restwarmte afkomstig uit productieprocessen kan dit het geval zijn. Opslag van warmte is daarom een belangrijke schakel in de keten van de warmtenetten.

De hoeveelheid warmte die in een buffer opgeslagen kan worden is afhankelijk van twee zaken:
1. het volume van de buffer.
2. het temperatuurverschil tussen een 'lege, ontladen' en een 'volle, geladen' buffer.

Hoe hoger de temperatuur waarmee de warmte in de buffer geladen wordt, hoe meer warmte opgeslagen kan worden. In die zin vraagt opslag van hoogtemperatuur warmte minder volume (en dus minder kosten voor de buffer) dan opslag van middentemperatuur warmte.

Het benodigde volume van de buffer wordt uiteindelijk bepaald door de hoeveelheid warmte die opgeslagen dient te worden én het bijbehorende temperatuurniveau.

Bij opslag in buffers wordt vaak 'water' als opslag-medium gebruikt. Het is echter ook mogelijk om warmte in andere media op te slaan:
1. Bepaalde stoffen waarbij meer warmte per volume-eenheid opgeslagen kan worden; PCM's bijvoorbeeld
2. Warmtebuffering in vaste materialen. Denk hierbij aan vloerverwarming, speksteenkachels of aan de dikke muren van historische gebouwen.
3. Warmteopslag in de bodem. Tot nu toe wordt de bodem vooral gebruikt voor opslag van zeer lagetemperatuur warmte.

Buffers kunnen zowel bovengronds als ondergronds gerealiseerd worden. Bij glastuinbouwbedrijven zijn vaak buffertanks naast de kassen of bedrijfsgebouwen geplaatst. Er zijn ook systemen waarbij warmte in een ondergronds gerealiseerde buffer opgeslagen wordt (Ecovat, HoCoSto). Ondergrondse buffering is mogelijk in ondergrondse tanks of door het laden van warmte in ondergrondse watervoerende zandlagen.

Kritische succesfactoren

De belangrijkste aspecten bij opslag van warmte zijn:
1. Is er voldoende inzicht in het profiel van de warmtevraag én in het profiel van het warmteaanbod?
2. Is het profiel van vraag en aanbod voldoende gedetailleerd geanalyseerd? Dat wil zeggen: is er inzicht in de profielen op basis van uurlijkse waarden over een compleet jaar?
3. Is er sprake van seizoensmatige buffering van warmte (zoals bij opslag van zonnewarmte in de zomer ten behoeve van verwarming in de winter)? Of is er sprake van korte termijn buffering (om bijvoorbeeld de al dan niet geplande uitval van restwarmte gedurende één of meerdere (koude) dagen te kunnen overbruggen)?
4. Wat is het temperatuurniveau van de opslag? Wat past bij de leveringstemperatuur van de warmtebron en wat past bij de benodigde temperatuur voor de warmtelevering?
5. Wat zijn de praktische mogelijkheden voor de plaatsing van de buffer?
   a. Kan het ondergronds? Welk systeem kan hiervoor het beste gebruikt worden?
   b. Kan het bovengronds? Wat worden de afmetingen en is dit inpasbaar?
6. Wat is het effect op het warmteverlies van de buffer? Loont het om de buffer extra te isoleren en zodoende het warmteverlies te beperken?

Buffers (LT)

Bij duurzame warmtebronnen vallen vraag en aanbod niet altijd samen. Dit is met name het geval bij de bronnen waarbij de zon de directe warmte levert. Maar ook bij bijvoorbeeld restwarmte afkomstig uit productieprocessen kan dit het geval zijn. Opslag van warmte is daarom een belangrijke schakel in de keten van de warmtenetten.

De hoeveelheid warmte die in een buffer opgeslagen kan worden is afhankelijk van twee zaken:
1. het volume van de buffer.
2. het temperatuurverschil tussen een 'lege, ontladen' en een 'volle, geladen' buffer.

Hoe hoger de temperatuur waarmee de warmte in de buffer geladen wordt, hoe meer warmte opgeslagen kan worden. In die zin vraagt opslag van hoogtemperatuur warmte minder volume (en dus minder kosten voor de buffer) dan opslag van middentemperatuur warmte.

Het benodigde volume van de buffer wordt uiteindelijk bepaald door de hoeveelheid warmte die opgeslagen dient te worden én het bijbehorende temperatuurniveau.

Bij opslag in buffers wordt vaak 'water' als opslag-medium gebruikt. Het is echter ook mogelijk om warmte in andere media op te slaan:
1. Bepaalde stoffen waarbij meer warmte per volume-eenheid opgeslagen kan worden; PCM's bijvoorbeeld
2. Warmtebuffering in vaste materialen. Denk hierbij aan vloerverwarming, speksteenkachels of aan de dikke muren van historische gebouwen.
3. Warmteopslag in de bodem. Tot nu toe wordt de bodem vooral gebruikt voor opslag van zeer lagetemperatuur warmte.

Buffers kunnen zowel bovengronds als ondergronds gerealiseerd worden. Bij glastuinbouwbedrijven zijn vaak buffertanks naast de kassen of bedrijfsgebouwen geplaatst. Er zijn ook systemen waarbij warmte in een ondergronds gerealiseerde buffer opgeslagen wordt (Ecovat, HoCoSto). Ondergrondse buffering is mogelijk in ondergrondse tanks of door het laden van warmte in ondergrondse watervoerende zandlagen.

Kritische succesfactoren

De belangrijkste aspecten bij opslag van warmte zijn:
1. Is er voldoende inzicht in het profiel van de warmtevraag én in het profiel van het warmteaanbod?
2. Is het profiel van vraag en aanbod voldoende gedetailleerd geanalyseerd? Dat wil zeggen: is er inzicht in de profielen op basis van uurlijkse waarden over een compleet jaar?
3. Is er sprake van seizoensmatige buffering van warmte (zoals bij opslag van zonnewarmte in de zomer ten behoeve van verwarming in de winter)? Of is er sprake van korte termijn buffering (om bijvoorbeeld de al dan niet geplande uitval van restwarmte gedurende één of meerdere (koude) dagen te kunnen overbruggen)?
4. Wat is het temperatuurniveau van de opslag? Wat past bij de leveringstemperatuur van de warmtebron en wat past bij de benodigde temperatuur voor de warmtelevering?
5. Wat zijn de praktische mogelijkheden voor de plaatsing van de buffer?
   a. Kan het ondergronds? Welk systeem kan hiervoor het beste gebruikt worden?
   b. Kan het bovengronds? Wat worden de afmetingen en is dit inpasbaar?
6. Wat is het effect op het warmteverlies van de buffer? Loont het om de buffer extra te isoleren en zodoende het warmteverlies te beperken?

Bodemenergie / WKO (ZLT)

Algemene omschrijving

De bodem is een prima medium om grote hoeveelheden warmte en/of koude op een betaalbare wijze op te slaan. Energieopslag is dé oplossing om de tijdskloof tussen aanbod en vraag van warmte en koude te overbruggen. 's Zomers is er veel gratis (zonne)warmte beschikbaar, maar de vraag naar warmte ligt in de winter. Hetzelfde geldt andersom voor koude in de winters en koelvraag in de zomer. Voor grootschalige opslag van koude (7 á 12 °C) en warmte (15 á 25 °C) worden vaak 'koude' en 'warme' grondwaterbronnen toegepast. Met de bronnen kan grondwater worden opgepompt uit een watervoerende zandlaag (aquifer) en weer worden geïnjecteerd.

In de zomer wordt water uit de koude bron opgepompt, opgewarmd en vervolgens geïnjecteerd in de warme bron. 's Winters verloopt het proces net andersom: uit de warme bron wordt water opgepompt, een warmtepomp onttrekt er warmte aan (waardoor het water afkoelt) en het afgekoelde water wordt geïnjecteerd in de koude bron.

Voor de toepassing van deze vorm van energieopslag in de bodem is in het algemeen een vergunning Grondwaterwet vereist. Daarin wordt o.a. vastgelegd dat er (voldoende) energiebalans in de bodem moet worden gehandhaafd.

Nader informatie over energie opslag in de bodem:

- Expertise Centrum Warmte
- Bodem Energie nl

Kritische succesfactoren

Hieronder staan de thema's die de toepasbaarheid en rentabiliteit van bodemenergie/wko in sterke mate bepalen. Deze moeten dus voldoende uitgezocht en onderbouwd zijn, met positieve resultaten, wil je het als een kansrijke optie beschouwen.

Bodemgeschiktheid en vergunning

1. Is de bodem ter plaatse geschikt voor grootschalige energieopslag? Is dat onderbouwd met een onderzoek?
2. Is nagegaan of er vergunning verleend kan worden voor toepassing van bodemenergie/wko?

Systeemconcept en temperatuur warmtenet

Bodemenergie/wko moet gecombineerd worden met een warmtepomp, die de lage temperatuur uit de bodem (15 á 25 °C) verhoogt naar een bruikbaar niveau voor verwarming (30 á 55 °C) en warmtapwater (55 á 65 °C). De eerste optie is om het lauwe water met een ZLT-warmtenet naar de woningen te brengen en in iedere woning een (kleine) warmtepomp plaatsen om de woning te verwarmen en tapwater te maken. De temperatuur in het ZLT-warmtenet is laag genoeg om in de zomer ook koeling aan de woningen te leveren.

De tweede optie is om centraal een (grote) warmtepomp plaatsen, waarmee het gehele warmtenet wordt opgewarmd tot bijvoorbeeld 70 °C. Het LT-warmtenet of MT-warmtenet kan dan de warmte aan de woning leveren. In de woningen zelf zijn geen warmtepompen nodig.

3. Is nagegaan welk concept toegepast gaat worden en wat de consequenties zijn voor het warmtenet, de vereiste ruimte in de woningen, de investeringen enzovoort?

Energiebalans van bodemenergie/wko

4. Is nagegaan hoe de energiebalans van het bodemenergie/wko systeem gehandhaafd gaat worden en welke voorzieningen daar voor nodig zijn? Dat moet onderbouwd zijn met berekeningen, investeringsramingen enz. Een aanname of ruwe schatting is onvoldoende.

5. Is de aanvoertemperatuur in het warmtenet voldoende hoog om in de woningen ook warmtapwater te bereiden? Zo nee is dan al vastgesteld welke apparaat in de woning voor het warmtapwater zorgt? En of dat praktisch inpasbaar is, wat het energieverbruik ervan is en wat de investerings- en energiekosten worden?

Economie, organisatie en planning

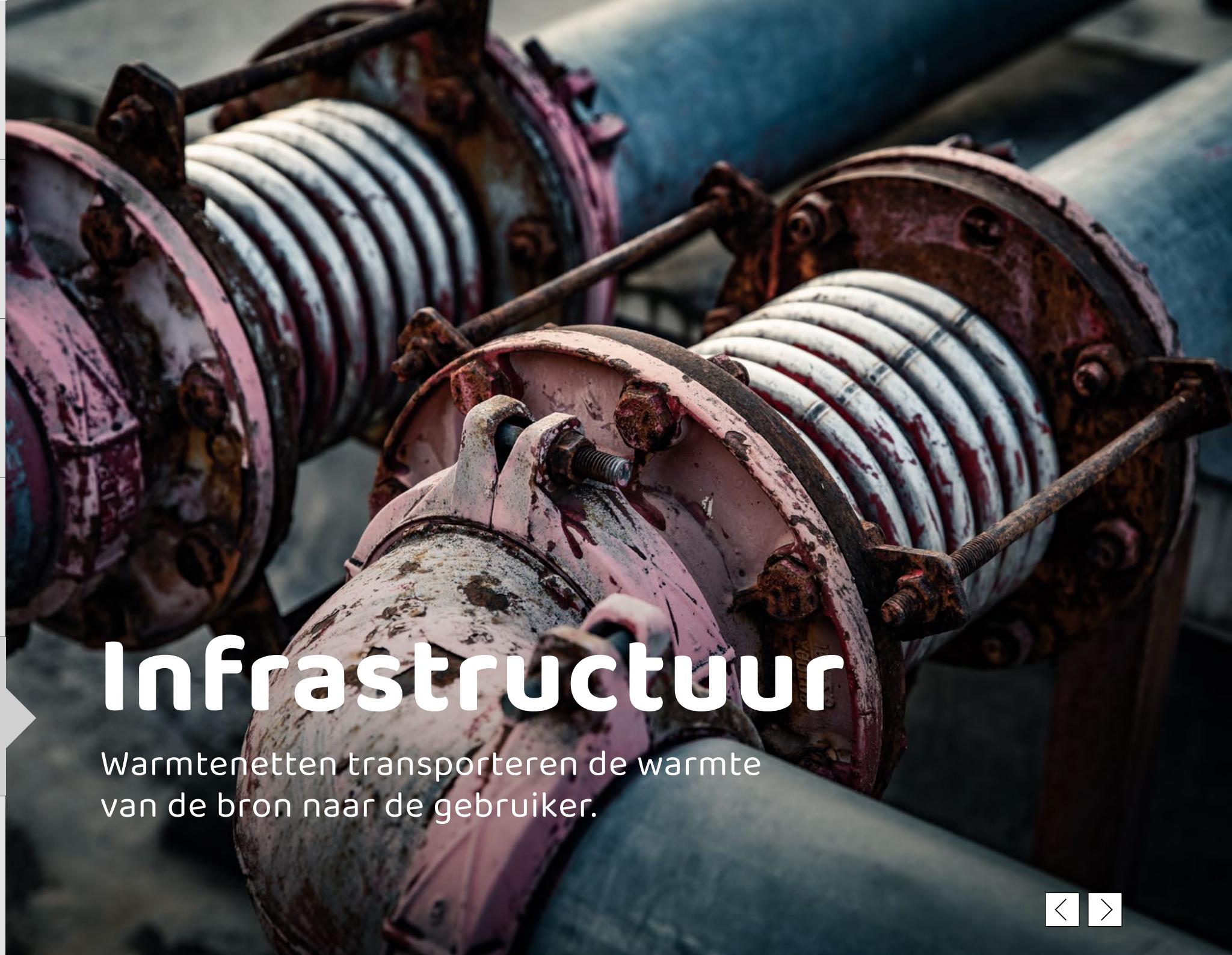
Een bodemenergie/wko project vraagt een zorgvuldig ontwerp en beheer door deskundige partijen. Niet alleen de techniek, maar ook de organisatie moet doordacht worden om tot een betrouwbare, storingsvrij systeem te komen.

De volgende aspecten gelden specifiek voor bodemenergie/wko in combinatie met warmtepompen:

- Zijn de verantwoordelijkheden helder verdeeld tussen de centrale bodemenergie/wko, eventueel de centrale warmtepomp, het warmtenet en de woninginstallaties? Hoe is geborgd dat dit technisch en juridisch op elkaar aansluit?
- Organisatorische zaken:
  - wie voert de regie in het project?
  - wie wordt eigenaar van de warmtepompen in de woningen (als die worden toegepast)
- Financiën:
  - wie gaat de voorbereidingskosten voor z'n rekening nemen?
  - Wie gaat investeren?
  - Wie draagt de financiële risico's?

Voorbeeldprojecten

- Hoogeland Naaldwijk
- Oostelijke Handelskade Amsterdam
- Universiteit Utrecht



Infrastructuur

Warmtenetten transporteren de warmte van de bron naar de gebruiker.

Warmtenet (MT)

Algemene omschrijving

Een middentemperatuur warmtenet heeft een aanvoertemperatuur van 55°C of hoger. Hiermee is het mogelijk om warmte te leveren voor zowel ruimteverwarming als voor verwarming van tapwater. Na gebruik voor verwarmingsdoeleinden wordt het warme water via de retourleidingen teruggevoerd naar de warmtebron. Belangrijk aandachtspunt (of eis) bij bepaalde warmtebronnen is dat het retourwater lager moet zijn dan een bepaalde temperatuur (bijvoorbeeld 40°C of lager).

In het algemeen geldt: hoe groter het temperatuurverschil tussen de aanvoerleiding en de retourleiding, hoe gunstiger dit is voor het warmtenet. Dit bepaalt namelijk de grootte (diameter) van de warmteleidingen. Hoe groter het temperatuurverschil tussen de aanvoerleiding en de retourleiding, hoe kleiner de diameter van de leidingen. Dit heeft vervolgens weer de volgende consequenties:

- Minder warmteverlies
- Minder pompenergie
- Lagere investeringskosten

Kritische succesfactoren

1. Is er een duurzame warmtebron die de gewenste midden temperatuur kan leveren? Of is er zicht op een warmtebron die een lager temperatuurniveau heeft maar met behulp van warmtepompen op een hoger temperatuurniveau gebracht kan worden?
2. Is de middentemperatuurbron continu beschikbaar? Of is er (seizoens)opslag nodig?
3. Is de huidige warmte-afgifte installatie in de aan te sluiten woningen geschikt en kan deze voldoende warmte leveren bij de toegepaste aanvoertemperatuur?
4. Worden er eisen gesteld aan de retourtemperatuur? En is deze zodanig dat er eisen en randvoorwaarden gelden met betrekking tot de woningaansluitingen?
   a. Juiste afmetingen van de warmte-afgifte in de woning (radiatoren, convectoren, vloerverwarming).
   b. Waterzijdige inregeling van de warmte-afgifte in de woning (radiatoren, convectoren, vloerverwarming).
   c. Juiste instellingen van de warm tapwater verwarming.
5. Is er een realistische berekening gemaakt van het warmteverlies van de distributieleidingen? En staat dit in verhouding tot de hoeveelheid te leveren warmte aan de gebruikers?

Voorbeeldprojecten

- Veenendaal-Oost
- Purmerend
- Ede
- Amsterdam
- Rotterdam
- Utrecht
- Den Haag
- Tilburg
- Enschede

Warmtenet (LT)

Algemene omschrijving

Een laagtemperatuur warmtenet heeft een aanvoertemperatuur die tussen de 35 en de 55°C ligt. Hiermee is het mogelijk om direct warmte te leveren voor ruimteverwarming. Voor warm tapwater is deze temperatuur niet voldoende en is in de woning een aanvullende voorziening nodig. Zie ook het onderdeel LT-woningaansluiting.

Na gebruik voor verwarmingsdoeleinden wordt het warme water via de retourleidingen teruggevoerd naar de warmtebron. Belangrijk aandachtspunt (of eis) bij bepaalde warmtebronnen is dat het retourwater lager moet zijn dan een bepaalde temperatuur (bijvoorbeeld 30°C of lager).

In het algemeen geldt: hoe groter het temperatuurverschil tussen de aanvoerleiding en de retourleiding, hoe gunstiger dit is voor het warmtenet. Dit bepaalt namelijk de grootte (diameter) van de warmteleidingen. Hoe groter het temperatuurverschil tussen de aanvoerleiding en de retourleiding, hoe kleiner de diameter van de leidingen. Dit heeft vervolgens weer de volgende consequenties:

- Minder warmteverlies
- Minder pompenergie
- Lagere investeringskosten

Het voordeel van LT-warmtenetten ten opzichte van MT-warmtenetten is dat het warmteverlies lager is. Doordat er sprake is van een kleiner temperatuurverschil tussen de aanvoerleiding en de retourleiding, zijn er echter leidingen nodig met een grotere diameter. Hierdoor is het totale leidingoppervlak waardoor er warmte wegstroomt naar de omgeving, groter. Dit is nadelig voor het warmteverlies.

Kritische succesfactoren

1. Is er een duurzame warmtebron die de gewenste lagetemperatuur kan leveren? Of is er zicht op een warmtebron die een lager temperatuurniveau heeft maar met behulp van warmtepompen op het gewenste temperatuurniveau gebracht kan worden?
2. Is de laagtemperatuurbron continu beschikbaar? Of is er (seizoens)opslag nodig?
3. Is het warmte-afgiftesysteem in de woning geschikt voor lagetemperatuur? Of anders gezegd: is de aanvoertemperatuur van het LT-warmtenet hoog genoeg voor de ruimteverwarming van de aangesloten woningen?
4. Is er duidelijkheid over de manier waarop warm tapwater verzorgd wordt in de woning? Welke aanvullende voorziening wordt hiervoor toegepast? Wat is het energiegebruik hiervan? En de investeringskosten? En het ruimtegebruik?
5. Worden er eisen gesteld aan de retourtemperatuur? En is deze zodanig dat er eisen en randvoorwaarden gelden met betrekking tot de woningaansluitingen?
   a. Juiste afmetingen van de warmte-afgifte in de woning (radiatoren, convectoren, vloerverwarming).
   b. Waterzijdige inregeling van de warmte-afgifte in de woning (radiatoren, convectoren, vloerverwarming).
   c. Goede instellingen van de warm tapwater verwarming.
6. Is er een realistische berekening gemaakt van het warmteverlies van de distributieleidingen? En staat dit in verhouding tot de hoeveelheid te leveren warmte aan de gebruikers?

Voorbeeldprojecten

- Roosendaal
- Hengelo
- High Tech System Park Thales Hengelo
- Heerlen (Mijnwater)

Warmtenet (ZLT)

Algemene omschrijving

Een zeer-laagtemperatuur warmtenet heeft een aanvoertemperatuur die tussen de 10 en de 25°C ligt. Deze temperatuur is te laag voor het direct leveren van warmte voor ruimteverwarming en voor het verwarmen van tapwater.

Na gebruik voor verwarmingsdoeleinden wordt het afgekoelde water via de retourleidingen teruggevoerd naar de warmtebron. Belangrijk aandachtspunt (of eis) bij bepaalde warmtebronnen is dat het retourwater lager moet zijn dan een bepaalde temperatuur (bijvoorbeeld 15°C of lager).

In het algemeen geldt: hoe groter het temperatuurverschil tussen de aanvoerleiding en de retourleiding, hoe gunstiger dit is voor het warmtenet. Dit bepaalt namelijk de grootte (diameter) van de warmteleidingen. Hoe groter het temperatuurverschil tussen de aanvoerleiding en de retourleiding, hoe kleiner de diameter van de leidingen. Dit heeft vervolgens weer de volgende consequenties:

- Minder pompenergie
- Lagere investeringskosten

Het voordeel van ZLT-warmtenetten ten opzichte van LT- en/of MT-warmtenetten is dat het warmteverlies lager is. Omdat de watertemperatuur veelal ongeveer gelijk is aan de omgevingstemperatuur, is het warmteverlies veelal ook verwaarloosbaar. Leidingisolatie is daarom niet nodig. Ook kan met hetzelfde leidingnet koude voor comfortkoeling geleverd worden in de zomer.

ZLT-warmtenetten kunnen ook op kleine schaal toegepast worden. Bijvoorbeeld door op blokniveau de indivduele warmtepompen van een beperkt aantal woningen te voeden met een gezamenlijk bronsysteem.

Kritische succesfactoren

1. Is er een duurzame warmtebron die de gewenste zeer laagtemperatuur kan leveren?
2. Is de zeer lagetemperatuurbron continu beschikbaar? Of is er opslag nodig?
3. Is er duidelijkheid over de manier waarop de zeer laag temperatuur warmte opgewaardeerd wordt zodat deze bruikbaar is voor ruimteverwarming en/of voor warm tapwater? Wat is het energiegebruik hiervan? En de investeringskosten? En het ruimtegebruik? Op welke plaats wordt de warmte opgewaardeerd? Op woningniveau? Of op buurt/wijkniveau?

Voorbeeldprojecten

- Hoogeland Naaldwijk
- De Sniep Diemen
- Greenstart Amstelveen

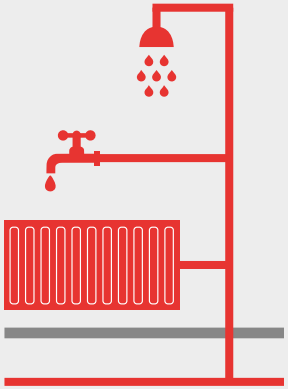


Aansluiting

Het geschikt maken van het verwarmingssysteem en het verwarmen van kraanwater.

MT-woningaansluiting

MT-AANSLUITING
Directe levering van middentemperatuur warmte voor zowel ruimteverwarming als warm tapwater.





Bron: Installatieprofs

Algemene omschrijving

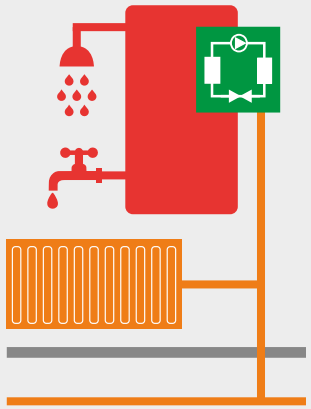
De te leveren warmte is direct te gebruiken voor zowel ruimteverwarming als voor warm tapwater. Voor de koppeling van het warmtenet aan de woningaansluiting wordt een zogenaamde afleverset toegepast. Deze wordt veelal geplaatst in de meterkast. In deze warmte-unit zijn een aantal regeltechnische componenten geplaatst. Daarnaast wordt ook de warmtemeter in de afleverset geplaatst.

Kritische succesfactoren

1. Is er ruimte voor het plaatsen van een afleverset?
2. Is er ruimte voor leidingen vanuit de straat tot aan de opstelplaats van de afleverset?
3. Zie ook: MT-warmtenet.

LT-woningaansluiting

LT-AANSLUITING
Directe levering van lagetemperatuur warmte voor ruimteverwarming; warm tapwater door middel van een boosterwarmtepomp.





Bron: Milieucentraal

Algemene omschrijving

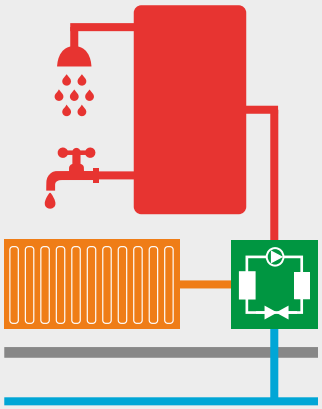
De te leveren warmte is direct te gebruiken voor ruimteverwarming. Voor warm tapwater is een voorziening nodig om verder te verwarmen tot de gewenste temperatuur. Het is mogelijk om het tapwater na te verwarmen met elektriciteit (doorstroomverwarmer of een elektrische boiler). Een efficiëntere oplossing is om het warm tapwater na te verwarmen met een boosterwarmtepomp. Een boosterwarmtepomp bestaat uit een kleine warmtepomp die een boiler op temperatuur houdt voor warm tapwater.

Kritische succesfactoren

1. Is er ruimte voor het plaatsen van een voorziening voor het naverwarmen van het warm tapwater (boiler)?
2. Is er ruimte voor leidingen vanuit de straat tot aan de opstelplaats van de warmte-unit en/of de voorziening voor het naverwarmen van het tapwater?
3. Zie ook: LT-warmtenet.

ZLT-woningaansluiting

ZLT-AANSLUITING
Geen directe warmtelevering; zeer lagetemperatuur warmte ten behoeve van een combiwarmtepomp die zowel warmte voor ruimteverwarming als voor warm tapwater maakt.





Bron: Daikin

Algemene omschrijving

Voor zowel ruimteverwarming als voor warm tapwater is een voorziening nodig om verder te verwarmen tot de gewenste temperatuur. Hiervoor wordt veelal een zogenaamde combiwarmtepomp ingezet. De combiwarmtepomp bestaat uit een warmtepompdeel en een boiler voor warm tapwater. De warmtepomp levert warmte voor de ruimteverwarming en houdt de boiler op tempera-tuur voor warm tapwater.

Kritische succesfactoren

1. Is er ruimte voor het plaatsen van een voorziening voor het opwaarderen van de ZLT-warmte (combiwarmtepomp, inclusief een boiler)?
2. Is er ruimte voor leidingen vanuit de straat tot aan de opstelplaats van de combiwarmtepomp?
3. Zie ook: ZLT-warmtenet.

Publicatiedatum
Mei 2020

Auteurs
Michiel Kirch, *directeur TKI Urban Energy*
Lambert den Dekker, *DWA*
Rogier Duijff, *DWA*

Indien gewenst kan de publicatie van een eigen logo voorzien worden. Klik hiervoor op het grijze vakje in de onderstaande logobalk en voeg uw eigen logo toe.

'Warmtenetten ontrafeld' is opgesteld door adviesbureau DWA in opdracht van TKI Urban Energy. TKI Urban Energy juicht verdere verspreiding van deze publicatie van harte toe. Voor vragen over de publicatie kunt u contact opnemen met TKI Urban Energy, 030-747 00 27 of info@tki-urbanenergy.nl.

Op initiatief van: TKI URBAN ENERGY Topsector Energie

Opgesteld door: DWA

Aan u aangeboden door: