

Impact van warmteoplossingen op het elektriciteitsnet

Handreiking

Oktober 2026



Een samenwerking van:



Het Servicepunt Duurzame Energie werkt in opdracht van Provincie Noord-Holland en is onderdeel van de Energieregio Noord-Holland



Inhoudsopgave

1. Inleiding	4
2. Overzicht van de resultaten	5
3. Warmtenetten en netimpact	7
<i>Warmtenetten het elektriciteitsverbruik en netcongestie</i>	<i>7</i>
<i>Mix van warmtebroninstallaties (basis-, midden- of pieklast) bepaalt netimpact.....</i>	<i>8</i>
4. Afbakening en definities.....	10
<i>Wat vergelijken we in het overzicht?</i>	<i>10</i>
<i>Definities</i>	<i>10</i>
<i>Impact lokale net en maximaal te verwachten vermogensvraag</i>	<i>10</i>
<i>Aannames basis-, midden- en pieklast</i>	<i>10</i>
<i>Afbakening.....</i>	<i>11</i>
5. Factsheets warmtenetconfiguraties	12
<i>MT-warmtenet op HT/MT bron</i>	<i>13</i>
<i>MT-warmtenet met WP-opwaardering</i>	<i>13</i>
<i>LT-warmtenet met individuele opwaardering tapwater</i>	<i>14</i>
<i>ZLT-warmtenet met individuele opwaardering ruimteverwarming & tapwater</i>	<i>14</i>
6. Factsheets warmtebronnen	15
<i>HT-restwarmte</i>	<i>15</i>
<i>Diepe geothermie</i>	<i>16</i>
<i>MT-restwarmte</i>	<i>17</i>
<i>Ondiepe geothermie</i>	<i>18</i>
<i>LT-restwarmte</i>	<i>19</i>
<i>TEA aquathermie</i>	<i>20</i>
<i>TEO aquathermie i.c.m. warmte-koudeopslag</i>	<i>21</i>
<i>ZLT-restwarmte</i>	<i>22</i>
<i>Buitenlucht.....</i>	<i>23</i>

1. Inleiding

Een all-electric warmteoplossing vraagt veel vermogen van het elektriciteitsnet. Maar ook warmtenetten gebruiken elektriciteit. Ontwerpkeuzes in de warmtenetten bepalen in sterke mate de netimpact van deze warmteoplossing. Deze handreiking laat zien wat de netimpact van verschillende warmteoplossingen is en vergelijkt de belasting van verschillende warmtenetconfiguraties met die van individuele warmtepompen.

Warmtenetten versus all-electric: impact op het net

Ook warmtenetten belasten het elektriciteitsnet. De verschillende onderdelen van het warmtenet, zoals circulatiepompen en warmtepompen, hebben elektriciteit nodig. Over het algemeen vraagt een warmtenet minder vermogen dan individuele warmtepompen en zijn ze makkelijker in te passen op het net, doordat ze op het MS-net kunnen worden aangesloten (zie Afbakeningen en definities voor toelichting). Wel kan de netimpact per warmtenet fors verschillen, afhankelijk van de eigenschappen van het warmtenet (warmtenetconfiguraties) en de gekozen warmtebronnen. In sommige situaties kan een warmtenet meer elektrisch vermogen vragen dan individuele warmtepompen. Met de huidige netcongestieproblematiek is het belangrijk om de netimpact van het warmtenet mee te nemen in de ontwikkeling van nieuwe en verduurzaming van bestaande warmtenetten.

Voor wie is deze handreiking?

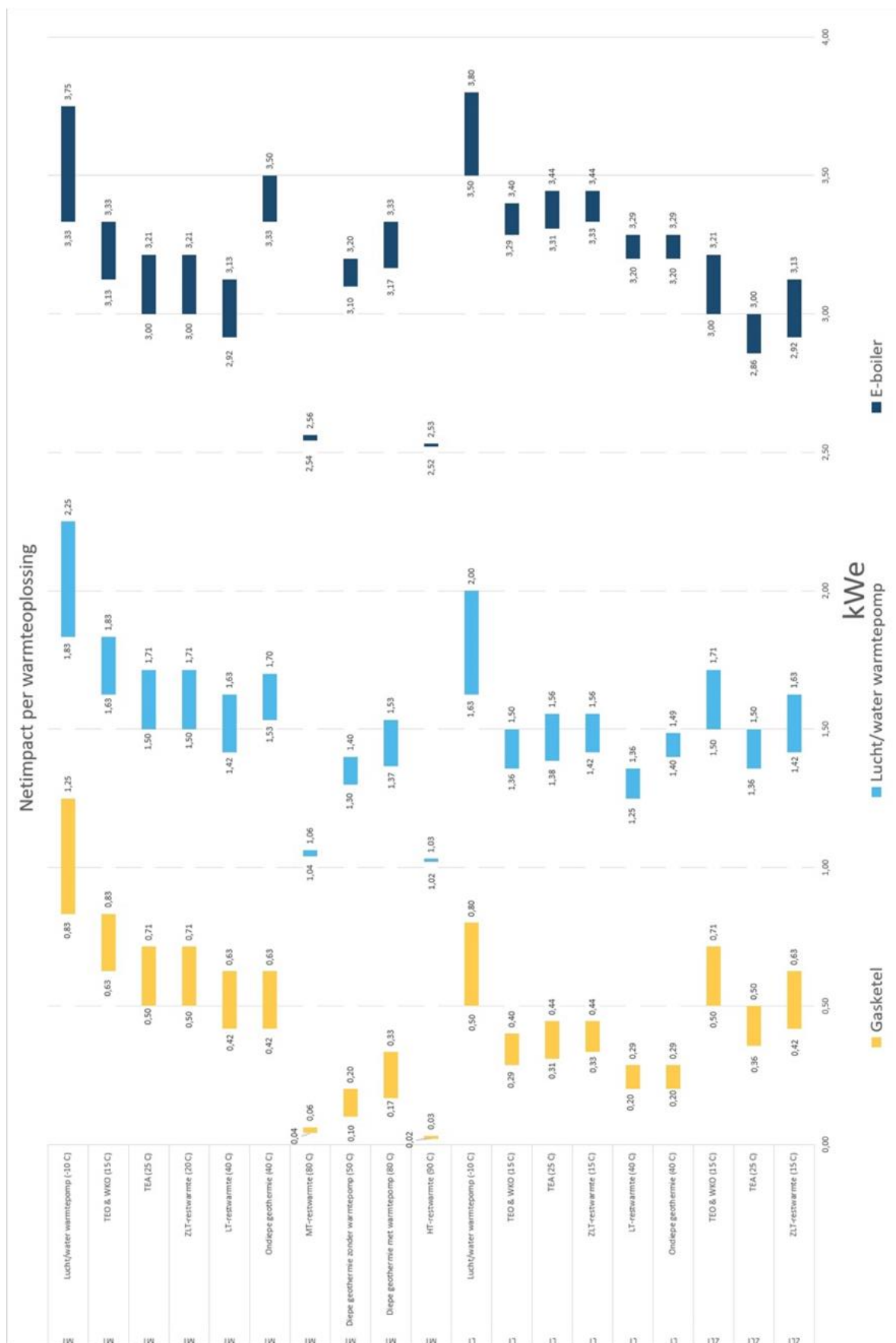
Gemeenteambtenaren die betrokken zijn bij de ontwikkeling van een warmtenet.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft in Figuur 1 het overzicht van de netimpact per warmteoplossing. De rest van dit document geeft nadere toelichting op dit figuur. Hoofdstuk 3 geeft uitleg over de netimpact van warmtenetten en welke configuraties mogelijk zijn in een warmtenet. Hoofdstuk 4 geeft aan welke afbakening en definities zijn gebruikt voor het opstellen van Figuur 1. Vervolgens beschrijven we in factsheets in hoofdstuk 5 de vier type onderscheidende warmtenetconfiguraties waarin de warmtebronnen zijn getoetst in Figuur 2. Hoofdstuk 6 bevat de netimpact factsheet van de verschillende warmtebronnen als basislast in de warmtenetconfiguraties. De factsheets zijn zelfstandig leesbaar en dienen als aanvullende informatie op Figuur 3.

2. Overzicht van de resultaten

De netimpact van verschillende warmteoplossingen is opgenomen in Figuur 1. Op de y-as staan de warmtenetconfiguraties met specifieke warmtebronnen als basislast. De drie gekleurde ranges (geel, lichtblauw en donkerblauw) zijn indicatief voor een warmtenet waarbij de pieklast met respectievelijk een gasketel, warmtepomp of een e-boiler wordt ingevuld. De gasketel is het meest representatief voor bestaande warmtenetten en voor veel nieuw te ontwikkelen netten. Volledig voorzien van de piekvraag met warmtepompen of e-boiler is in veel netten niet aannemelijk. Er is onduidelijkheid hoe de piekvraag op termijn duurzaam ingevuld zal worden, en veel configuraties, vaak in combinatie met warmteopslag, zijn denkbaar.



Figuur 1: Netimpact van verschillende warmteoplossingen, per type pieklast (gasketel, lucht/water warmtepomp, e-boiler). Dit is een vergelijking van de maximaal te verwachten vermogensvraag van de warmtetechnieken (pieklast). Daarmee vormen ze

3. Warmtenetten en netimpact

Warmtenetten het elektriciteitsverbruik en netcongestie

Inzicht in de netimpact is essentieel bij het ontwikkelen en verduurzamen van warmtenetten. Door de groeiende vraag en aanbod van elektriciteit ontstaat op veel plekken in Nederland netcongestie, omdat het elektriciteitsnet nog niet voldoende is uitgebreid. Deze lokale congestie kan de verduurzaming van warmtevraag belemmeren. De netimpact verschilt per type warmtenet en hangt af van de warmtebron, het ontwerp van het net en de benodigde elektrische installaties. Daarmee varieert ook de invloed op netcongestie en de noodzaak voor netverzwaring. Elektrische installaties in een warmtenet die zorgen voor een elektriciteitsvraag zijn o.a.:

- Circulatiepompen: die het water van bron naar aansluiting en weer terug transporteren.
- Pompen voor het verplaatsen van warmte. Dit gebeurt bijvoorbeeld bij geothermie, waar water vanuit de ondergrond omhoog wordt opgepompt.
- Warmtepompen en elektrische boilers: voor het realiseren van warmte van een bepaalde temperatuur (opwaarden).

Netimpact is afhankelijk van meer dan alleen de vermogensvraag warmtevoorziening

De vermogensvraag van verschillende warmtevoorzieningen geeft een indicatie van de mogelijke extra belasting op het elektriciteitsnet bij de verduurzaming van bestaande bouw en realisatie van nieuwbouw, maar ook andere factoren dragen bij aan de lokale netimpact en de congestiesituatie. Elektrische voertuigen (ev), zonnepanelen (zon-pv) en thuisbatterijen spelen een rol in de totale belasting van het net en de noodzaak voor netverzwaring in de gebouwde omgeving.

Verschillende netvlakken in elektriciteitssysteem

Voor het begrip van de netimpact van warmtetechnieken, is het belangrijk om in te gaan op de verschillende netvlakken van het elektriciteitssysteem en op welk vlak een warmtenet aangesloten wordt. De netimpact hangt namelijk af van waar in het elektriciteitssysteem een warmtetechniek aangesloten wordt.

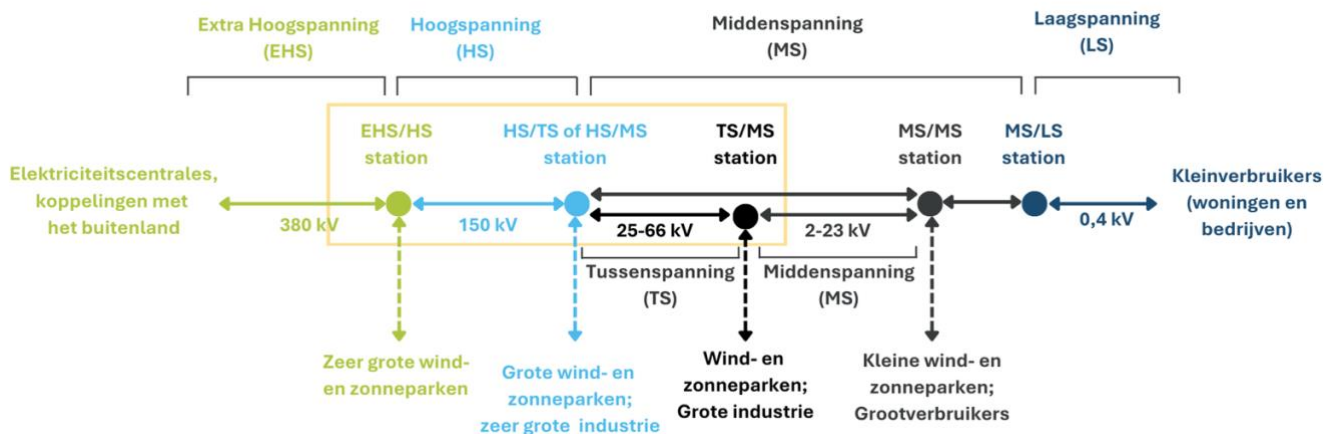
Zowel het hoogspanningsnet als het regionale distributienet bestaan uit verschillende 'netvlakken'. Hoe hoger het spanningsniveau, hoe meer elektriciteit getransporteerd kan worden en hoe groter de afstand die afgelegd wordt. Bij lagere spanningsniveaus worden steeds kortere afstanden afgelegd en wordt het net steeds fijnmaziger. In Figuur 3 staat het hoogste netvlak links weergegeven en het laagste netvlak rechts. Dit figuur is gebaseerd op een publicatie van Netbeheer Nederland (Netbeheer Nederland, 2019).

Elektrische vermogens vanaf 100 kW (tot enkele tientallen MW) worden aangesloten op het middenspanningsnet. Meestal vallen de elektrische installaties in een warmtenet in deze range. Dit is anders voor warmtepompen die achter de voordeur worden geplaatst. Deze worden vrijwel altijd op het

laagspanningsnet aangesloten. Vermogen benodigd op het laagspanningsnet, moet ook op het hogere netvlak beschikbaar zijn.

Doordat warmtenet-installaties vaak op het middenspanningsnet worden aangesloten, zorgen ze niet voor netimpact op het laagspanningsnet. Individuele warmtepompen worden aangesloten op het laagspanningsnet, waardoor er een impact is op het laagspanningsniveau, en dus ook op het middenspanningsnet.

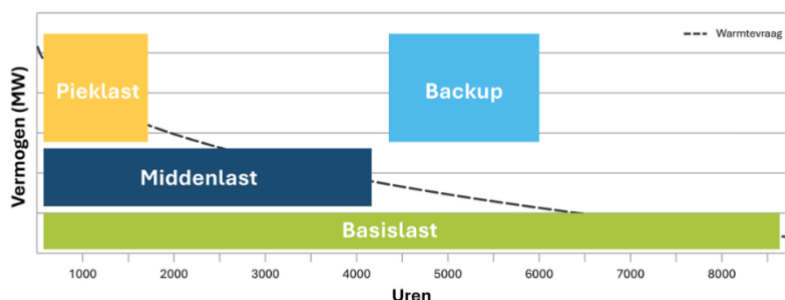
Let op: verdere elektrificatie van ons energiesysteem zorgt er in veel gevallen nog steeds voor dat verzwaring op het laagspanningsniveau onvermijdelijk is (bijv. voor het laden van auto's).



Figuur 3: Netvlakken en type aansluitingen op het elektriciteitsnet

Mix van warmtebroninstallaties (basis-, midden- of pieklast) bepaalt netimpact

Een warmtenet bestaat uit een mix van verschillende warmtebronnen. Deze mix bestaat uit één (of meerdere) basislast-, middenlast-, pieklast- en backup warmtebron(nen). Deze worden op verschillende momenten ingezet om het gehele jaar door kostenoptimaal warmte te genereren. Figuur 4 toont voor welke vermogens en momenten welke type bron wordt ingezet.



Figuur 4: Basislast, middenlast, pieklast en backup voorziening in verhouding naar de warmtevraag in vermogen per uur van het jaar

- **Basislastbronnen:** deze grote installaties leveren het hele jaar door stabiele warmte. Voorbeelden van basislastwarmtebronnen zijn geothermie, bepaalde vormen van restwarmte of afvalverbrandingsinstallaties. Deze bronnen kunnen gedurende lange perioden een constante

hoeveelheid warmte te leveren. Een basislastbron heeft vaak relatief hoge investeringskosten en relatief lage operationele kosten.

- **Middenlastwarmtebronnen:** deze bronnen zijn flexibeler inzetbaar dan basislastbronnen en leveren warmte tijdens periodes van verhoogde vraag (bijvoorbeeld de winter). Voorbeelden zijn warmtekrachtkoppelinstallaties en biomassaketels. Ten opzichte van basislastbronnen zijn de investeringskosten vaak lager en de operationele kosten vaak hoger. Basislastbronnen kunnen veelal ook als middenlastbron worden ingezet maar dan stijgen de kosten, omdat de investering in minder draaiuren moet worden terugverdiend.
- **Pieklastwarmtebronnen:** zijn bedoeld om te voorzien in de maximale piek warmtevraag, bijvoorbeeld tijdens koude winterdagen. Deze bronnen zijn ontworpen om grote hoeveelheden warmte te produceren en kunnen snel opschalen om aan de piekvraag te voldoen. Het uitbreiden van het vermogen van de basislastbron, om te voorzien in de piekvraag, is in de regel te duur voor het beperkte aantal uren dat deze gebruikt zou worden. Vaak wordt er gekozen voor een gasketel als pieklastwarmtebron.

De netimpact van een warmtenet wordt bepaald door het gehele warmtesysteem (basis-, midden- en pieklastwarmtebron). Het grote vermogen dat af en toe nodig is voor de pieklast zorgt, als je deze volledig elektrisch in zou vullen, voor een zeer hoge netimpact. Naast de basis- en middenlast is de duurzame invulling van de pieklast daarom ook relevant in de ontwikkeling van een warmtenet en eventuele plannen voor netuitbreiding.

4. Afbakening en definities

Wat vergelijken we in het overzicht?

De netimpact van een warmteoplossing kan op meerdere manieren worden benaderd: 1) aan de hand van de nodige netverzwaring, 2) de mate waarin een installatie flexibel aangestuurd kan worden of 3) het moment en hoeveelheid van de nodige elektriciteitslevering.

Definities

In de vergelijking van de verschillende warmtenetten die we behandelen, focussen we op de benodigde hoeveelheid elektrisch transportvermogen die de netbeheerder moet reserveren voor levering aan de warmtesysteem-installaties. Dit begrip noemen we de **gelijktijdige vermogensvraag**. Tenzij anders aangegeven bedoelen we in de rest van dit document deze vermogensvraag als het gaat om benodigd 'vermogen'. We drukken de vermogensvraag uit in de eenheid kW_e/WEQ¹ zodat we technieken met elkaar kunnen vergelijken.

Naast het vermogen per WEQ gebruiken we in dit document ook de **COP 'coefficient of performance'** van systemen als indicator. Dit is de hoeveelheid thermische energie die geproduceerd wordt per hoeveelheid elektrische energie die je erin stopt. Een COP van 5 betekent 5 eenheden warmte output voor 1 eenheid elektriciteit input.

Impact lokale net en maximaal te verwachten vermogensvraag

De ruimte die een netbeheerder in de praktijk reserveert voor een elektrische aansluiting wordt vastgesteld met een analyse naar de momenten waarop de nieuwe aansluiting en andere lokale aangeslotenen elektriciteit verbruiken. Past de additionele vermogenstransportvraag niet meer op het net van de regionale netbeheerder en/of het hoogspanningsnet, dan is er lokaal sprake van netcongestie. Extra transportvermogen kan dan niet zomaar worden vergeven. Pas na verzwaring van het net, of het contractueel vastleggen van flexibiliteit in het netgebruik van aangeslotenen, kan nieuwe ruimte ontstaan.

De lokale analyse van de netbeheerder kunnen wij in deze vergelijking niet generiek doen. We vergelijken we de maximaal te verwachten vermogensvraag van de warmtetechnieken. Dit is de ontwerpsituatie in een koude winter, met aanhoudende temperaturen rond of onder de -10 °C. De vermogensvragen die we presenteren zijn dus de *worst case scenario's* voor het elektriciteitsnet. Daarmee vormen ze geen weerspiegeling van hun gemiddelde efficiëntie of duurzaamheid.

Aannames basis-, midden- en pieklast

In onze warmtebronbeoordeling zetten we de genoemde warmtebron als basislast in. Verdere diversiteit aan mogelijke combinaties van basis-, midden- en pieklast laten we grotendeels buiten beschouwing.

Voor alle basislastwarmtebronnen, met uitzondering van geothermie, nemen we een vermogen van 50% van de piek vermogensvraag van de aansluitingen. Op jaarbasis wordt hiermee ten minste 90% van de

¹ Woningequivalent. In de berekeningen voor dit onderzoek is uitgegaan van een definitie gebaseerd op een op buurniveau gelijktijdige thermische vermogensvraag per WEQ van 5,1 kW_{th}. Dit komt over een gemiddelde, redelijk tot matig geïsoleerde woning. Let op: deze definitie wijkt af van de meer gangbare definitie waarbij een WEQ op een specifiek aantal vierkante meters utiliteitsoppervlakte wordt gedefinieerd.

warmtevraag voorzien. Voor geothermie gaan we uit van 40% (minstens 80% dekking), omdat dit vanwege de kosten van geothermie in de praktijk vaker als uitgangspunt wordt genomen.

We nemen voor de piekvraag naast gasketels ook elektrische installaties mee (warmtepompen en elektrische boilers). Zo laten we ook de netimpact van een volledig gasvrij warmtenet zien.

Afbakening

De warmtebronnen opgenomen in deze factsheets (hoofdstuk 5) zijn gebaseerd op de Warmteladder voor Noord-Holland. Sommige warmtebronnen zijn anders gegroepeerd en voor enkelen is geen zelfstandig factsheet gemaakt. Dit is het geval voor zonthermie (meestal niet geschikt als zelfstandige basislastbron, wel als toevoeging op een bronnenmix) en flexibele pieklastbronnen zoals elektrische boilers, gasketels, -motoren of -turbines en biomassaketels. De elektriciteitsvraag van diverse flexibele bronnen nemen we mee in de bandbreedte van benodigde vermogensvraag.

Ter vergelijking laten we ook de vermogensvraag van individuele warmtepompen zien. Specifiek:

1. Hybride warmtepompen (lucht-water)
2. All-electric luchtwarmtepompen (lucht-water)
3. All-electric bodemwarmtepompen (water-water)

In de vergelijking is het belangrijk om te beseffen dat (all-electric) warmtepompen meestal meer elektrisch vermogen vragen dan warmtenetten, maar in veel gevallen wel duurzamer zijn dan het warmtenet. Dit komt doordat het warmtenet vaak gas gebruikt voor de piekvraag, en relatief grote transport- en distributieverliezen kent.

Tabel 1. Afkortingen

HT	Hoge temperatuur (>75 °C)
MT	Midden temperatuur (55-75 °C)
LT	Lage temperatuur (30-55 °C)
ZLT	Zeer Lage Temperatuur (<30 °C)
TEA	Thermische energie uit afvalwater
TED	Thermische energie uit drinkwater
TEO	Thermische energie uit oppervlaktewater
LS	Laagspanning
MS	Middenspanning
HS	Hoogspanning
EHS	Extra hoogspanning
WEQ	Woningequivalent, in deze studie 5,1 kW _{th} gelijktijdig
COP	Coëfficiënt of performance
WKO	Warmtekoudeopslagsysteem, specifiek in deze studie een open bodemenergiesysteem (OBES)

5. Factsheets warmtenetconfiguraties

Er zijn vier type onderscheidende warmtenetconfiguraties uitgewerkt waarin we de warmtebronnen toetsen. Onderstaande kruistabel laat zien welke bron in welk type net is vergeleken.

Warmtebron	MT-NET	MT-NET	LT-NET	ZLT-NET
(Basislast)	HT/MT bron	WP- opwaardering	IND. WTW	IND OPW
HT-restwarmte				
Diepe geothermie				
MT-restwarmte				
Ondiepe geothermie				
LT-restwarmte				
TEA				
TEO+WKO				
Buitenlucht				
ZLT-restwarmte				

Figuur 5: Uitgevoerde vergelijkingen: warmtebronnen en netconfiguraties

Behalve warmtenetten kijken we ook naar de vermogensvraag van individuele warmtepompen. In de LT- en ZLT-warmtenetvarianten zijn dit boosterwarmtepompen in de woning.

Vertaling Startanalyse

De Actualisatie Startanalyse 2025 (ASA2025) van PBL bevat 14 varianten waarin een warmtenet is doorgerekend. Ter vergelijking van de configuraties die we in dit overzicht gebruiken hebben we een vertaaltabel opgenomen, waarbij vooral de verdeling van Strategie 3 relevant is.

Warmtenetconfiguratie

MT-warmtenet op HT/MT bron
MT-warmtenet met WP-opwaardering
LT-warmtenet met individuele opwaardering
ZLT-warmtenet met individuele sd opwaardering
Individuele warmtepompen

Varianten in ASA2025

MT-bron S2: a b c d e f
(Z)LT-bron S3: c f h
(Z)LT-bron S3: d g
(Z)LT-bron S3: a b e
All-electric - S1: a b
Hybride - S4: a b

MT-warmtenet op HT/MT bron

Definitie

Een midden temperatuur (MT)-warmtenet op hoge temperatuur/midden temperatuur (HT/MT)-bron is een collectief warmtenet met een leveringstemperatuur tussen 55 en 75 °C, dat warmte levert voor ruimteverwarming en warm tapwater.

Verdere toelichting

Een MT-warmtenet met een HT/MT-bron wordt gevoed door een warmtebron met een relatief hoge of middentemperatuur, zoals een industriële restwarmtebron, een verbrandingsinstallatie of geothermie.

Bij dit type net ontstaan warmteverliezen tijdens het transport in de leidingen en bij de overdracht naar de afnemers. Om ook in de winter temperaturen bij klanten tussen de 55 en 75 °C, af te leveren, zijn bij de warmtecentrale hoge temperaturen nodig. Dat kan tot wel 100 °C zijn. Bij HT-netten (niet apart meegenomen in deze analyse) kan dit tot wel 130 °C zijn. Om deze temperaturen te bereiken en/of pieken in de warmtevraag betrouwbaar op te vangen, worden piekvoorzieningen toegepast.

MT-warmtenetten met een HT/MT-bron zijn typisch een oplossing voor bestaande bouw in stedelijke gebieden, omdat het temperatuurniveau aansluit bij behoefte in dichtbevolkte wijken met oudere of gematigd geïsoleerde gebouwen met daardoor een relatief hoge warmtevraag.

MT-warmtenet met WP-opwaardering

Definitie

Een MT-warmtenet met warmtepomp (WP) opwaardering is een middentemperatuur-warmtenet met een leveringstemperatuur van **55–75 °C**, waarbij de bronwarmte structureel wordt opgewaardeerd met een warmtepomp om de gewenste nettemperatuur te halen.

Verdere toelichting

Een MT-warmtenet met warmtepomp-opwaardering werkt voor aangeslotene hetzelfde als een MT-warmtenet met HT/MT warmte, maar de warmtebron heeft een lagere basistemperatuur en vereist daarom structurele opwaardering. Dit betekent dat er een warmtepomp met een relatief groot opgesteld vermogen nodig is om continu warmte op een bruikbaar niveau te brengen. Hierdoor ligt het

elektriciteitsverbruik hoger dan bij directe levering vanuit een HT/MT-bron zoals geothermie of industriële restwarmte.

LT-warmtenet met individuele opwaardering tapwater

Definitie

Een laag temperatuur (LT)-warmtenet met individuele opwaardering tapwater is een warmtenet met een leveringstemperatuur van **30–55 °C**. Die temperaturen kunnen voorzien in ruimteverwarming, maar zijn te laag voor warm tapwater. Tapwater wordt per huishouden opgewarmd met een alternatieve voorziening, zoals een warmtepompbooster of elektrische boiler.

Verdere toelichting

Dit type net is geschikt voor goed geïsoleerde (nieuw)bouw met lage afgiftetemperaturen. Doordat de temperaturen in het LT-lager zijn dan bij MT-netten, zijn de warmteverliezen ook lager en kunnen lagere temperatuur bronnen zonder veel opwaardering worden ingezet. Een piekvoorziening wordt meestal gebruikt voor extra vermogen tijdens koude dagen.

ZLT-warmtenet met individuele opwaardering ruimteverwarming & tapwater

Definitie

Een ZLT-warmtenet met individuele opwaardering is een zeer lagetemperatuur-warmtenet met een temperatuurtraject van **10–30 °C**, waarbij gebruikers dit lokaal opwaarderen naar hogere temperaturen voor ruimteverwarming en warm tapwater.

Verdere toelichting

Bij een ZLT-warmtenet is de brontemperatuur zo laag dat directe inzet zonder opwaardering niet mogelijk is. Gebouwen zijn daarom uitgerust met individuele warmtepompen die zowel de ruimteverwarming als het warme tapwater op de gewenste temperatuur brengen. Dit maakt het systeem flexibel en geschikt voor goed geïsoleerde (nieuw)bouw met lage afgiftetemperaturen. Voorbeeld: het water van het warmtenet met een temperatuur van 10-30 °C warmtenetwater wordt met een warmtepomp verhoogd tot 40 graden voor ruimteverwarming met vloerverwarming, en tot 55 graden voor warm tapwater. Omdat elk gebouw zelf voorziet in volledige opwaardering, is er geen centrale piekvoorziening nodig. Er zijn geen transport- of distributieverliezen.

6. Factsheets warmtebronnen

Per warmtebron beschrijft elk factsheet welke aspecten relevant zijn voor de netimpact wanneer ze worden ingezet in een specifieke warmtenetconfiguratie. We classificeren de vermogensvraag van een warmtebron in een warmtenetconfiguratie aan de hand van onderstaande klassen:

Klasse vermogensvraag	Waarde (kWe/WEQ gelijktijdig)
Zeer laag	< 0,25
Laag	0,25 – 0,75
Midden	0,75 – 1,5
Hoog	1,5 – 2,5
Zeer hoog	>2,5

HT-restwarmte

Definitie

HT-restwarmte is hoge temperatuur warmte afkomstig uit een gascentrale, afvalverbrandingsinstallatie of andere industrie met een temperatuur van **ten minste 75 °C**. Opwaardering van deze bron is niet nodig, omdat de HT-restwarmte temperatuur al voldoende is om een MT-warmtenet te verwarmen.

Inzet en effect op elektriciteitsnet

HT-restwarmte	
	Effect elektriciteitsnet
Vermogensvraag MT-warmtenet zonder opwaardering	Zeer laag
Meest relevant voor warmtenetvermogensvraag	Transportbehoefte en piekvoorziening

Bij de inzet van HT-restwarmte in een MT-warmtenet is nauwelijks elektriciteit nodig, de pompenergie bij de warmtewisselaar is verwaarloosbaar. Doordat de warmte van industriële restwarmtebronnen naar het afzetgebied moet worden vervoert is bij lange afstanden additioneel circulatiepompenergie nodig. De piekvoorziening in het net wordt met een aparte installatie, zoals een gasketel, voorzien.

Verdere toelichting

Bij industriële processen worden vaak zeer hoge temperaturen (>120 °C) toegepast, meestal in de vorm van stoom. Deze stoom drijft processen aan zoals verwarming, chemische reacties of elektriciteitsproductie uit stoom en gasturbines (STEG), biomassacentrales (BMC) of afvalverbrandingsinstallaties (AVI). Na gebruik in het proces verliest de stoom warmte, koelt af en condenseert uiteindelijk tot water. Bij elektriciteitscentrales is er behalve restwarmte de mogelijkheid om 'aftapwarmte' te produceren, waarbij de warmtelevering ten koste gaat van stoom voor elektriciteitsproductie. Aftapwarmte is geen restproduct en is dus minder duurzaam dan restwarmte. Wat

betreft temperatuurniveau is deze wel vergelijkbaar met restwarmte, waardoor we deze samen nemen met deze categorie HT-restwarmte.

Zodra verdere benutting in het proces niet meer economisch rendabel of technisch haalbaar is, spreken we van restwarmte. Normaal gesproken wordt deze restwarmte met koelwater of lucht afgevoerd en verder gekoeld, zodat het condensaat teruggevoerd kan worden naar de ketel om opnieuw tot stoom te worden opgewekt. In plaats van deze warmte weg te koelen, kan de restwarmte ook nuttig worden gebruikt door deze af te geven aan een warmtenet.

Voor de warmteoverdracht is altijd een warmtewisselaar nodig: die brengt de warmte van het warme medium (stoom, water of rookgas) over op het warmtenetwater. Hierbij geldt dat de temperatuur van de restwarmte altijd hoger moet zijn dan de benodigde temperatuur voor het warmtenet, om voldoende warmteoverdracht te garanderen.

Diepe geothermie

Definitie

Geothermie is het gebruik van warmte uit de ondergrond dieper dan 500 meter. We gaan uit van diepe geothermie, afkomstig van tussen 1.500 en 4.000 meter diep. De winningstemperaturen van deze warmte kunnen veel variëren, van 55 tot wel 120 °C². Gemiddeld liggen temperaturen van diepe geothermieprojecten tussen 70 en 90 °C.

Inzet en effect op elektriciteitsnet

Diepe geothermie	
	Effect elektriciteitsnet
Vermogensvraag MT-warmtenet zonder opwaardering	Ze ^{er} laag
Vermogensvraag MT-warmtenet met opwaardering	Laag tot m ^{idden}
Meest relevant voor warmtenetvermogensvraag	Brontemperatuur, de noodzaak voor opwaardering en de piekvoorziening

De vermogensvraag bij diepe geothermie is afhankelijk van eigenschappen van zowel de bron als het warmtenet zelf:

- De productietemperatuur van de put bepaalt in belangrijke mate of en hoeveel opwaardering nodig is.
- De temperatuur die het MT-warmtenet bij de bron nodig heeft is in de regel hoger dan de MT-temperatuur die bij de aansluitingen wordt afgeleverd. Hoeveel hoger dat nodig is, is afhankelijk van het netontwerp. Hoe hoger, hoe meer opwaardering er nodig is.

Geothermiebronnen zijn geschikt voor HT/MT-netten, eventueel in combinatie met een warmtepomp. De piekvoorziening in het net wordt met een aparte installatie, zoals een gasketel, voorzien. De bijbehorende elektrische installaties worden doorgaans op het MS-net aangesloten. Tijdens het boren is redelijk veel

² <https://publications.tno.nl/publication/34643327/5C5Yqzgp/TNO-2024-R12084.pdf>

elektriciteit nodig. In de operationele fase is er elektriciteit nodig voor de pompen (productie en injectie). Met name de productiepomp heeft redelijk wat vermogen nodig. Geothermie met warmtepomp heeft voor de warmtepomp zelf ook elektrisch vermogen nodig. Hoeveel vermogen er nodig is, is afhankelijk van de benodigde temperatuursprong tussen de puttemperatuur en wat het warmtenet nodig heeft. Winning van geogas en gebruik in een wkk kan in theorie in een deel van dit vermogen voorzien. Ten slotte zijn in elk warmtenet circulatiepompen nodig, de hoeveelheid energie die hiervoor nodig is, is beperkt.

Verdere toelichting

Afhankelijk van de winningstemperaturen van de put, de beoogde inzet en/of de hoeveelheid benodigd vermogen, moet de warmte nog opgewaardeerd worden naar een hogere temperatuur. Als de put in kwestie al de gewenste temperatuur geeft, dan hoeft er geen opwaardering plaats te vinden. We kijken voor de bandbreedte van de doorrekening naar diepe geothermie met en zonder opwaardering.

Er wordt bij geothermie vaak gebruik gemaakt van een warmtepomp op de retour van het warmtenet. Hierdoor kan ook warmte teruggewonnen worden uit het retourwater, wat het systeem efficiënter maakt. Deze variant nemen we mee in de bandbreedte van de berekeningen.

Van nature zijn onder de aardkost gassen aanwezig, zoals methaan, waterdamp en koolstofdioxide. Deze gassen worden bijna altijd gewonnen bij geothermische bronnen, en worden geogas genoemd. Geogas kan worden ingezet voor warmteproductie, in bijvoorbeeld in een warmtekrachtkoppeling (wkk) of gasketel. We nemen deze inzet mee in de bandbreedte.

MT-restwarmte

Definitie

MT-restwarmte is midden temperatuur restwarmte uit bijvoorbeeld industrieel koelwater of elektrolyzers met een temperatuur tussen **55 en 75 °C**. Deze warmte kan, vaak opgewaardeerd met een warmtepomp, worden benut in een MT-warmtenet in plaats van te worden geloosd.

Inzet en effect op elektriciteitsnet

MT-restwarmte	
	Effect elektriciteitsnet
Vermogensvraag MT-warmtenet zonder opwaardering	Ze er laag
Vermogensvraag MT-warmtenet met opwaardering	Laag
Meest relevant voor warmtenetvermogensvraag	Restwarmtetemperatuur, de noodzaak voor opwaardering en de piekvoorziening

We kijken naar de inzet van MT-restwarmte in een MT-warmtenet met en zonder opwaardering. De piekvoorziening wordt met een aparte installatie, zoals een gasketel, voorzien. Zonder opwaardering is er nauwelijks elektriciteit nodig, de pompenergie bij de warmtewisselaar is verwaarloosbaar. Met opwaardering is extra energie en dus meer elektrisch vermogen nodig voor de warmtepomp. Voor MT-restwarmtebronnen geldt dat deze enige afstand van het afzetgebied verwijdert kunnen liggen, waardoor de warmte eerst nog getransporteerd moet worden. Bij transport over lange afstanden is additioneel circulatiepompenergie nodig.

Verdere toelichting

MT-restwarmte is met name geschikt voor MT-warmtenetten, eventueel met een extra stap om de temperatuur op te waarderen met een warmtepomp. Ook rookgassen kunnen na gedeeltelijke afkoeling nog op MT-niveau restwarmte leveren.

Voor de overdracht naar het warmtenet is een warmtewisselaar nodig, die de warmte overdraagt van het warme medium (bijv. stoom, koelwater, rookgas, olie) op het warmtenetwater. Hierbij geldt dat de temperatuur van de restwarmte altijd hoger moet zijn dan die van het warmtenet, om voldoende warmteoverdracht te garanderen. De inzetbaarheid van MT-restwarmte hangt verder af van factoren zoals de afstand tot de afnemers, de mate van isolatie van de leidingen en het afnameprofiel. Dit is sterk afhankelijk van de lokale situatie.

Binnen industriële processen wordt restwarmte zoveel mogelijk intern benut om de efficiëntie te verhogen en kosten te besparen. Wat overblijft, kan naar een warmtenet worden geleverd, of anderszins aan de omgeving worden afgegeven via lucht- of waterkoeling (waarmee de warmte verloren gaat).

Ondiepe geothermie

Definitie

Geothermie, ook wel aardwarmte, is het gebruik van deze warmte uit de ondergrond dieper dan 500 meter. We gaan hier uit van ondiepe geothermie. Dit houdt in dat de warmte afkomstig is van 500 tot 1.500 meter diep. De winningstemperaturen van deze warmte variëren van 30 tot 55 °C.

Inzet en effect op elektriciteitsnet

Ondiepe geothermie	
	Effect elektriciteitsnet
Vermogensvraag MT-warmtenet met opwaardering	Laag tot midden
Vermogensvraag LT-warmtenet met opwaardering	Zeer laag tot laag
Meest relevant voor warmtenetvermogensvraag	Brontemperatuur, de noodzaak voor opwaardering en de piekvoorziening

De vermogensvraag bij ondiepe geothermie is afhankelijk van eigenschappen van zowel de bron als het warmtenet zelf:

- De productietemperatuur van de put bepaalt in belangrijke mate of en hoeveel opwaardering nodig is.
- De temperatuur die het MT of LT-warmtenet bij de bron nodig heeft is in de regel hoger dan de temperatuur die bij de aansluitingen wordt afgeleverd. Hoeveel hoger dat nodig is, is afhankelijk van het netontwerp. Hoe hoger, hoe meer opwaardering er nodig is.

Verdere toelichting

Ondiepe geothermie is toepasbaar voor zowel MT-netten (met opwaardering) als LT-netten (eventueel met opwaardering). De bijbehorende installaties die elektriciteit verbruiken zijn dezelfde als die van diepe geothermie, met enkele verschillen in vermogens. Door de lagere diepte is er relatief minder elektrisch vermogen nodig voor de productiepomp. Afhankelijk van de behoeften van het net is er door de lagere

winningstemperaturen dan weer meer vermogen nodig voor opwaardering door een warmtepomp. De piekvoorziening in het net wordt met een aparte installatie, zoals een gasketel, voorzien.

Ondiepe geothermie staat los van bodemenergie, warmte uit de ondiepe ondergrond (tot 500 meter diepte). Deze is niet apart als bron meegenomen, maar qua netimpact vergelijkbaar met ZLT-restwarmte.

LT-restwarmte

Definitie

LT-restwarmte is lage temperatuur restwarmte uit bijvoorbeeld datacenters, supermarkten, gebouwen of industriële processen met een temperatuur tussen **25 en 55 °C**, die vaak met een warmtepomp moet worden opgewaardeerd voordat ze bruikbaar is voor warmtenetten.

Inzet en effect op elektriciteitsnet

LT-restwarmte	
	Effect elektriciteitsnet
Vermogensvraag MT-warmtenet met opwaardering	Laag tot midden
Vermogensvraag LT-warmtenet met opwaardering	Laag
Vermogensvraag ZLT-warmtenet met opwaardering	Laag
Meest relevant voor warmtenetvermogensvraag	Nodige temperatuurlift door opwaardering en de piekvoorziening.

We kijken naar de inzet van LT-restwarmte in een MT-warmtenet met opwaardering, in een LT-warmtenet met opwaardering en naar directe inzet in een ZLT-warmtenet. Hoe lager de nettemperatuur, hoe kleiner de opwaarderingssprong die een warmtepomp moet maken. In een ZLT-net wordt er individueel opgewaardeerd waardoor er elektrisch vermogen op het LS-net nodig is. Er is dan geen aparte piekvoorziening meer nodig.

Verdere toelichting

Bij datacenters, supermarkten, utiliteitsgebouwen en sommige industriële processen komt restwarmte vrij met relatief lage temperaturen. Deze restwarmte heeft vaak een temperatuur tussen de 25 en 55 °C. Voorbeelden hiervan zijn warmte uit koelinstallaties, warmtepompen, ventilatielucht of andere vormen van restwarmte die vrijkomen bij klimaatbeheersing of productieprocessen.

Zodra deze warmte niet meer economisch rendabel of technisch mogelijk is om intern te gebruiken, is het een restproduct wat kan worden ingezet voor warmtenetten. LT-restwarmte is doorgaans niet direct bruikbaar voor conventionele warmtenetten, omdat de temperatuur te laag is om zonder verdere opwaardering voldoende warmteoverdracht te garanderen. Daarom wordt LT-restwarmte vaak eerst opgewaardeerd met warmtepompen.

De opwaardering kan op verschillende manieren worden toegepast. Zo kan LT-restwarmte via een warmtepomp worden opgewaardeerd tot middentemperatuur en vervolgens worden ingezet in een MT-warmtenet. Ook kan de warmte worden gebruikt in een LT-warmtenet met een warmtepomp bij de

gebruiker. In sommige gevallen kan de warmte wel direct worden toegepast in een zeer laagtemperatuur-netwerk (ZLT-net), bijvoorbeeld voor goed geïsoleerde nieuwbouw met lage afgiftetemperaturen.

De inzetbaarheid van LT-restwarmte hangt sterk af van de lokale situatie, zoals de afstand van de restwarmte tot afnemers, de beschikbaarheid van duurzame elektriciteit voor de warmtepomp, en de mate van vraag naar en toepasbaarheid in LT- of ZLT-warmtenetten. Omdat LT-restwarmte vaak dicht bij de gebouwde omgeving vrijkomt, kan het een waardevolle bron zijn voor duurzame warmtevoorziening, mits er voldoende technische en economische mogelijkheden zijn om de temperatuur op te waarderen.

TEA aquathermie

Definitie

TEA aquathermie, thermische energie uit afvalwater, is warmte (of koude) die wordt gewonnen uit rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's), gemalen of persleidingen, met een relatief constante temperatuur tussen 10 °C in de winter en 25 °C in de zomer. Deze energiebron wordt doorgaans opgewaardeerd met een warmtepomp en kan ook gecombineerd worden met seizoensopslag.

Inzet en effect op elektriciteitsnet

TEA aquathermie	
	Effect elektriciteitsnet
Vermogensvraag MT-warmtenet met opwaardering	Midden
Vermogensvraag LT-warmtenet met opwaardering	Laag
Vermogensvraag ZLT-warmtenet met opwaardering	Laag
Meest relevant voor warmtenetvermogensvraag	Nodige temperatuurlift door opwaardering en de piekvoorziening.

TEA kan op verschillende manieren worden ingezet in de warmtevoorziening. Na opwaardering met een warmtepomp kan de warmte bijvoorbeeld worden gebruikt in een MT-net of LT-net, afhankelijk van het benodigde temperatuurniveau voor de eindgebruikers. Ook is inzet in een ZLT-net mogelijk, waarbij eindgebruikers zelf de temperatuur verder opwaarderen met individuele warmtepompen. Daarnaast kan TEA worden gecombineerd met seizoensopslag, WKO-systeem, zodat de beschikbare warmte of koude op het juiste moment kan worden ingezet.

De benodigde elektriciteit voor TEA is voornamelijk voor opwaardering. De brontemperatuur van TEA in de winter is relatief laag, waardoor de efficiëntie van de warmtepomp ook laag is. I.c.m. een WKO kan deze hoger zijn, hoewel daarvoor ook aparte pompenergie nodig is.

Verdere toelichting

Bij de verwerking en het transport van afvalwater in RWZI's en persleidingen is het water vaak relatief constant van temperatuur, meestal tussen de 10 en 25 °C. Deze warmte (of koude) kan worden benut als duurzame energiebron en wordt aangeduid als thermische energie uit afvalwater (TEA). De techniek

maakt gebruik van warmtewisselaars om de energie uit het afvalwater te onttrekken, waarna deze met een warmtepomp wordt opgewaardeerd tot een bruikbaar temperatuurniveau.

TEO aquathermie i.c.m. warmte-koudeopslag

Definitie

TEO (thermische energie uit oppervlaktewater) is warmte (of koude) die wordt gewonnen uit rivieren, meren, kanalen of grachten, met een temperatuur tussen **5 en 25 °C**. De warmte wordt vaak in de zomer onttrokken en opgeslagen met ondiepe bodemenergie in een warmte-koudeopslag (WKO). In de winter wordt deze warmte met een warmtepomp opgewaardeerd voor gebruik in warmtenetten.

Inzet en effect op elektriciteitsnet

TEO aquathermie i.c.m. warmte-koudeopslag	
	Effect elektriciteitsnet
Vermogensvraag MT-warmtenet met opwaardering	Midden
Vermogensvraag LT-warmtenet met opwaardering	Laag tot midden
Vermogensvraag ZLT-warmtenet met opwaardering	Laag
Meest relevant voor warmtenetvermogensvraag	Nodige temperatuurlift door opwaardering en de piekvoorziening.

TEO kan worden ingezet in een MT-net of LT-net, afhankelijk van de bouwstandaard en de warmtevraag. Ook toepassing in een zeer lagetemperatuur-netwerk (ZLT-net) is mogelijk, waarbij eindgebruikers de warmte lokaal verder opwaarderen.

Voor TEO zelf zijn een warmtewisselaar en een warmtepomp nodig. Omdat de temperaturen in de winter te laag zijn, wordt gebruik gemaakt van een WKO waarbij temperaturen van circa 15 °C kunnen worden gewonnen, in plaats van 5 °C. Voor het injecteren en produceren van warmte uit de WKO is extra pompenergie en dus elektriciteit nodig. De warmtepomp is typisch de grootste elektrische vermogensvrager.

Verdere toelichting TEO

Bij TEO heeft het water doorgaans een temperatuur tussen de 5 en 25 °C, maar in de praktijk wordt warmtewinning vooral in de zomer toegepast wanneer de watertemperatuur voldoende hoog is. Deze warmte wordt tijdelijk opgeslagen in een WKO in de bodem, zodat de energie in de winter beschikbaar is wanneer de warmtevraag het grootst is. De combinatie van TEO met seizoensopslag maakt het mogelijk om de natuurlijke temperatuurverschillen optimaal te benutten.

TED aquathermie

TED aquathermie, thermische energie uit drinkwater, is vergelijkbaar met TEA aquathermie. Bij TED wordt warmte onttrokken aan ruw (onbehandeld) of rein (behandeld) drinkwater met behulp van een warmtewisselaar in een parallelle leiding naast de drinkwaterleiding. De gewonnen warmte kan direct

worden ingezet voor de verwarming of koeling van woningen en gebouwen, of dienen als aanvulling op een WKO-systeem. TED-systemen kunnen daarnaast ook koude leveren in combinatie met WKO.

De temperatuur van drinkwater ligt in de zomer meestal tussen de 8 en 25 °C en in de winter tussen de 2 en 15 °C. Het winnen van thermische energie uit drinkwater mag de leveringszekerheid en de kwaliteit van het drinkwater nooit aantasten. Omdat drinkwaterleidingen tot de vitale infrastructuur behoren en van maatschappelijk belang zijn, gelden er strikte voorwaarden voor de vergunningverlening en worden er extra eisen gesteld aan de technische uitvoering en monitoring van de installatie.

ZLT-restwarmte

Definitie

Zeer lage temperatuur restwarmte (ZLT-restwarmte) is restwarmte met een temperatuur tussen 10 en 25 °C, afkomstig uit bijvoorbeeld gebouwen (zoals warmteterugwinning uit ventilatielucht), koelinstallaties of andere lage temperatuurbronnen. Warmte uit aquathermie of lucht met een vergelijkbare temperatuur wordt vaak in dezelfde range toegepast, maar wordt in aparte factsheets behandeld.

Inzet en effect op elektriciteitsnet

ZLT-restwarmte	
	Effect elektriciteitsnet
Vermogensvraag MT-warmtenet met opwaardering	Midden
Vermogensvraag LT-warmtenet met opwaardering	Laag
Vermogensvraag ZLT-warmtenet met opwaardering	Laag
Meest relevant voor warmtenetvermogensvraag	Nodige temperatuurlift door opwaardering en de piekvoorziening.

Inzet van ZLT-restwarmte is logisch direct in een LT-warmtenet of in een ZLT-warmtenet met individuele opwaardering. In een ZLT-net wordt er individueel opgewaardeerd waardoor er elektrisch vermogen op het LS-net nodig is. Er is dan geen aparte piekvoorziening meer nodig. Bij een het LT-warmtenet wordt de warmte vaker collectief opgewaardeerd in een grote installatie op het MS-net.

Verdere toelichting

Bij gebouwen komt restwarmte vrij op zeer lage temperaturen, bijvoorbeeld uit warmteterugwinning uit ventilatielucht. Deze restwarmte, die doorgaans tussen de 10 en 25 °C ligt, wordt aangeduid als ZLT-restwarmte (zeer lage temperatuur restwarmte). Omdat de temperatuur zo laag is, is deze warmte niet direct bruikbaar voor ruimteverwarming of tapwater zonder opwaardering.

ZLT-restwarmte kan worden ingezet in een zeer lagetemperatuur-netwerk (ZLT-net), waarbij de warmte op wijk- of gebouwniveau wordt verdeeld. De benodigde opwaardering vindt dan meestal individueel plaats, bijvoorbeeld met een warmtepomp in de woning of het gebouw van de eindgebruiker. Door deze decentrale opwaardering kunnen afnemers de temperatuur op het gewenste niveau brengen voor ruimteverwarming of tapwater.

Omdat de bron zelf relatief koud is, is de efficiëntie van warmtepompen iets lager dan bij hogere brontemperaturen. Voor ZLT-restwarmte is een COP van ongeveer 4,5 gebruikelijk. Dit betekent dat uit 1 eenheid elektriciteit ongeveer 4,5 eenheden warmte geleverd kunnen worden. De inzetbaarheid van ZLT-restwarmte hangt sterk af van goed geïsoleerde gebouwen, lage afgiftetemperaturen en een geschikt distributienetwerk. Dit maakt ZLT-restwarmte vooral interessant voor nieuwbouwwijken of grondig gerenoveerde gebieden met lage warmtevraag en een lage retourtemperatuur.

Buitenlucht

Definitie

Buitenlucht als warmtebron is warmte of koude die direct aan de buitenlucht wordt onttrokken, met een temperatuurbereik van ongeveer **-10 tot 30 °C**. Deze energie wordt met een warmtepomp opgewaardeerd en kan worden ingezet in diverse typen warmtenetten.

Inzet en effect op elektriciteitsnet

Buitenlucht	
	Effect elektriciteitsnet
Vermogensvraag MT-warmtenet met opwaardering	Midden tot hoog
Vermogensvraag LT-warmtenet met opwaardering	Midden
Vermogensvraag ZLT-warmtenet met opwaardering	Laag tot midden
Meest relevant voor warmtenetvermogensvraag	Nodige temperatuurlift door opwaardering en de piekvoorziening.

De opgewaardeerde warmte uit buitenlucht kan worden ingezet in een MT-net of een LT-net. Ook is toepassing in een ZLT-net mogelijk, waarbij eindgebruikers de warmte met een individuele warmtepomp verder opwaarderen. Dit maakt buitenlucht een flexibele bron, vooral geschikt voor gebieden waar geen andere duurzame warmtebronnen zoals aquathermie of restwarmte beschikbaar zijn.

Doordat de temperatuur van buitenlucht in de winter laag kan zijn, ligt de efficiëntie van de warmtepomp ook laag en is er relatief veel vermogen nodig voor deze installaties.

Verdere toelichting

Bij het gebruik van buitenlucht als bron wordt thermische energie onttrokken aan de omgevingslucht. Dit kan gedurende het hele jaar, al varieert de buitentemperatuur sterk, van circa -10 tot 30 °C. De techniek maakt gebruik van lucht/water-warmtepompen die de beschikbare warmte onttrekken en opwaarderen tot een bruikbare temperatuur voor verwarming of koeling.

**Samen werken we aan de
versnelling en versterking van
de warmtetransitie in uw
gemeente.**