

Versie: juni 2021

Van Lek water naar warm water

Hoe we met de Lek onze huizen willen verwarmen



Inhoudsopgave

Introductie	4
Analyse van energie in Everdingen	5
Algemene kenmerken Everdingen	5
Energieverbruik en opwek	6
Algemene stappen duurzame warmte	14
Verbeteren schil van gebouwen	14
Elektrisch koken	16
Gas afsluiten	16
Overzicht: van Lek water naar warm water	17
In het kort	17
Uitwerking systeem	19
Warmtebron	20
Benodigde warmteproductie en bronnen	20
Basislast, warmte uit water (aquathermie)	21
Basislast, bronnen van duurzame elektriciteit	27
Mogelijke warmtebronnen pieklast	27
Aanvullende warmtebronnen	27
Energiecentrale	29
Basis- en pieklast	29
Collectieve warmtepomp	31
Piek/back-up voorziening	35
Warmte koude opslag	37
Een aquifer en een waterput	37
Bodemgeschiktheid bij Everdingen	39
Afmetingen/locatie van bodemopslag bij Everdingen	44
Warmtenet	46
Temperatuur	46
Warmtenet in Everdingen	48
Warmtelevering	51
Aansluiten op leidingen in huis	51
Afgifteset	52
Ecologie	55
Gemiddeld energieverbruik o.b.v. woningkenmerken	56
Aardgasverbruik per postcode	58
Zonnekracht als bron van warmte	60
Alternatieve bron: zonnekracht	60
CSP in combinatie met aquathermie	60
Contact	62

. Introductie

Dit is een levend document waarin de technische achtergrond van duurzame warmte voor Everdingen uitwerken. De denkrichting is aquathermie: door warmte uit de rivier de Lek te onttrekken en op te slaan willen we 's winters duurzame warmte kunnen leveren aan de gebouwen in (de kern van) Everdingen.

Deze technische achtergrond is bedoeld voor nieuwsgierigen naar en belanghebbenden bij het project in Everdingen. Het geeft aan hoe vanuit een technisch oogpunt duurzame warmte in Everdingen eruit kan zien en welke keuzes hierbij gemaakt kunnen worden. Hiermee kan het de basis vormen voor gesprek met inwoners en andere partijen en voor vervolgonderzoek naar de haalbaarheid en business-case voor dit plan.

Veel leesplezier!

. Analyse van energie in Everdingen

Algemene kenmerken Everdingen

Met Everdingen wordt de postcode regio 4121 bedoeld, zie afbeelding 1. Deze regio bestaat uit een kern (het dorp, 1) en een buitengebied. De wijk Everdingen wordt door het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) ingedeeld in drie buurten (A, B en C). Een klein deel van buurt C aan de zuidkant van de snelweg hoort strikt gezien bij Zijderveld. Er zijn 460 huishoudens in Everdingen, waarvan de meeste in de kern (340 in buurt A).

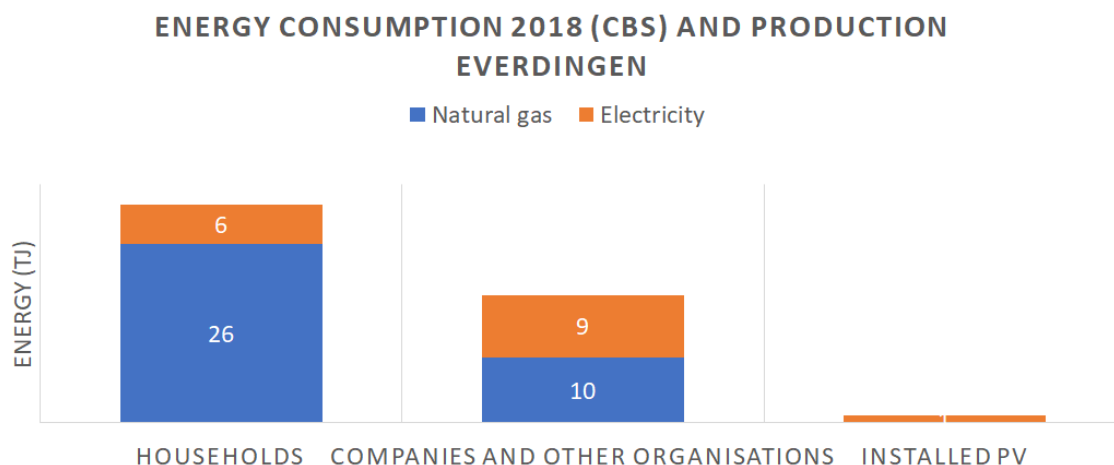


Figuur 1: Everdingen, postcodegebied 4121, op de kaart. De snelweg (3) markeert de zuidgrens, de rivier de Lek (2) de noordgrens. In de wijk Everdingen onderscheidt het CBS drie buurten, A, B en C.

Energieverbruik en opwek

Totaal energieverbruik en opwek

Aan de basis voor een technisch plan voor duurzame warmte in Everdingen ligt het energieverbruik en de warmtevraag in Everdingen. Op een enkeling met een warmtepomp of houtkachel na, gebruiken alle huishoudens in Everdingen aardgas als warmtebron.



Figuur 2: Energieverbruik en opwek in Everdingen, uitgesplitst in huishoudens en bedrijven en andere organisaties en in gas en elektriciteitsverbruik (Have, ten, 2020, gebaseerd op gegevens van CBS 2018)

Elektriciteit wordt grotendeels gebruikt voor verlichting en apparaten. Aardgas wordt gebruikt voor verwarming van ruimtes (78%) en water (20%) en voor koken (2%) (percentages zijn gemiddelden voor Nederland). Aangezien het gasverbruik grotendeels voor de verwarming van ruimtes gebruikt wordt, hebben de wintertemperaturen van dat jaar invloed op het gasverbruik. Deze cijfers van het CBS zijn gecorrigeerd voor temperatuur.

Totaal aardgasverbruik

Het aardgasverbruik vormt het grootste gedeelte van de energieconsumptie. We zoomen hier verder op in om te kijken wie het aardgas verbruikt en voor welke functie.

Aardgas wordt gebruikt door zowel woningen als door bedrijven, waarvan het grootste gedeelte voor woningen in Everdingen, zie Tabel 1. Dit verbruik is gecorrigeerd op temperatuur.

Aardgasverbruik woningen (CBS 1, 2018) (m3)	
Kern (A) per woning	1580
Verspreide huizen (B) per woning	2240
Diefdijk (C) per woning	2350
Totaal woningen	830.000
Gasverbruik bedrijven en andere instellingen (CBS 2, 2018) (m3)	
Totaal bedrijven	305.000
Gasverbruik woningen en bedrijven Everdingen (inclusief bedrijven Zijderveld) (m3)	
Totaal	1.135.000

Tabel 1: Aardgasverbruik in Everdingen volgens het CBS (2018)

Stedin rapporteert ook het werkelijke gemiddelde jaarlijkse aardgasverbruik per kleinverbruikaansluiting (aansluiting kleiner dan 40m³/u). Huishoudens hebben een

kleinverbruikaansluiting, en sommige bedrijven en andere organisaties ook, bijvoorbeeld de school, de winkel, het landgoed en kantoorruimtes.

Er zijn geen grote aardgasaansluitingen in Everdingen bekend bij Huibertstroom. Mogelijke grootverbruikers zijn de brouwerij op Fort Everdingen en Lagemaat transport. Gebaseerd op de gegevens van Stedin uit 2018 (2019) was het werkelijke totale aardgasverbruik van Everdingen 965.000 m³, dat is 16 procent minder dan het gecorrigeerde verbruik volgens het CBS. Dit kan wellicht verklaard worden door de milde temperatuur in 2018 (en de temperatuurcorrectie die het CBS heeft uitgevoerd). Het is ook mogelijk dat er gas-grootverbruikers zijn in Everdingen. Er wordt aangenomen dat aardgas-grootverbruik geen (of bijna geen) rol speelt in Everdingen.

Temperatuurcorrectie gegevens Stedin

Wanneer we zelf een temperatuurcorrectie uitvoeren op de data van Stedin hebben we de meest gedetailleerde gemiddelde gasverbruik gegevens van de gebouwen in Everdingen.

Het CBS voert hun correctie uit volgens de volgende formule (CBS, 2018)¹:

Temperatuur gecorrigeerd gasverbruik = werkelijk gasverbruik * (1-f)*1 + werkelijk gasverbruik * f*c.

“Daarbij is f de fractie ruimteverwarming in een bepaald jaar en c de klimaatfactor voor dat jaar. In 2018 was de fractie ruimteverwarming 0,78. De klimaatfactor c wordt berekend door de graaddagen te vergelijken met een referentiewaarde. Die waarde is bepaald op basis van de langjarige verwachting voor de ontwikkeling van het klimaat zoals berekend door het KNMI. Graaddagen worden als volgt bepaald: per jaar wordt voor elke dag waarbij de gemiddelde temperatuur onder de 18 graden Celsius ligt het aantal graden onder deze stookgrens bij elkaar opgeteld. Een dag waarbij de daggemiddelde temperatuur 10 graden Celsius was levert dan 8 zogenaamde graaddagen op.

De klimaatfactor wordt berekend door de referentiewaarde te delen door het aantal ongewogen graaddagen in het betreffende jaar. De klimaatfactor is op deze manier een maat voor de afwijking van het werkelijke aantal graaddagen in een bepaald jaar ten opzichte van het verwachte klimaat in een bepaald jaar.”, aldus CBS, 2018 ².

In 2018 waren er in totaal 2.675,4 graaddagen in De Bilt (Arcadis, 2019)³. Volgens het klimaatscenario KNMI zijn er 2769 graaddagen (CBS, 2018). Daaruit volgt dat c = 1,035.

De correctie voor 2018 is dus: werkelijk gasverbruik * (1-0,78) + werkelijk gasverbruik * 0,78 * 1,035.

Verdeling aardgasverbruik in Everdingen

Om een beter inzicht te krijgen in de distributie van energieverbruik is een GIS (geografisch informatie systeem) model opgezet.

Voor een eerste inschatting voor het energieverbruik per woning koppelen we een aantal gegevens van het CBS die invloed hebben op het gemiddelde energieverbruik van de woning, zie bijlage 1. Hierbij is een keuze gemaakt voor woningen met 2 personen met als belangrijkste input gegevens over het woningoppervlak, de leeftijd en het type woning. Met deze data bepalen we de verdeling van energie per woning, zoals dat bijvoorbeeld ook middels een energielabel wordt gedaan. Dit label wordt namelijk op basis van dezelfde gegevens vastgesteld.

¹ <https://www.cbs.nl/nl-nl/achtergrond/2018/14/energieverbruik-van-particuliere-huishoudens>

² <https://www.cbs.nl/nl-nl/achtergrond/2018/14/energieverbruik-van-particuliere-huishoudens>

³ <https://www.arcadis.com/media/1/D/7/%7B1D702672-B238-49DE-A689-7FF2A77B1A9C%7DJaarrapportage%20energie-efficiency%202018.pdf>

Om een werkelijk beeld te krijgen van het gasverbruik is de distributie volgens het CBS model gecorrigeerd met de data van Stedin over het gasverbruik per postcode uit 2018 (Stedin, 2019), zie bijlage 2. Deze data is alleen voor G4 kleinverbruik. Zoals hierboven ook aangegeven, wordt ervan uitgegaan dat grootverbruik (G6+) niet aanwezig is in Everdingen. De correctie wordt zo uitgevoerd dat de som van de verwachte verbruiken van de individuele woningen gelijk is aan het werkelijke gasverbruik in die postcode zoals gerapporteerd door Stedin.

Hierbij is een gemiddelde correctiefactor bepaald op basis van postcodes waarin zich alleen woningen bevinden. Panden welke geen woningfunctie hebben zijn gecontroleerd of ze logischerwijs een gasaansluiting hebben. Hierbij zijn bijvoorbeeld garages uitgesloten maar het dorps huis niet. Hiermee is voor de postcodes waarin zich grote panden bevinden zoals sportverenigingen, bedrijven, het dorps huis en bijvoorbeeld fort Everdingen, deze gemiddelde correctiefactor gebruikt en de resterende gas hoeveelheid verdeeld over deze grote verbruikers.

Uit de evaluatie van deze gasverdeling zijn de volgende interessante punten naar voren gekomen:

Totaal

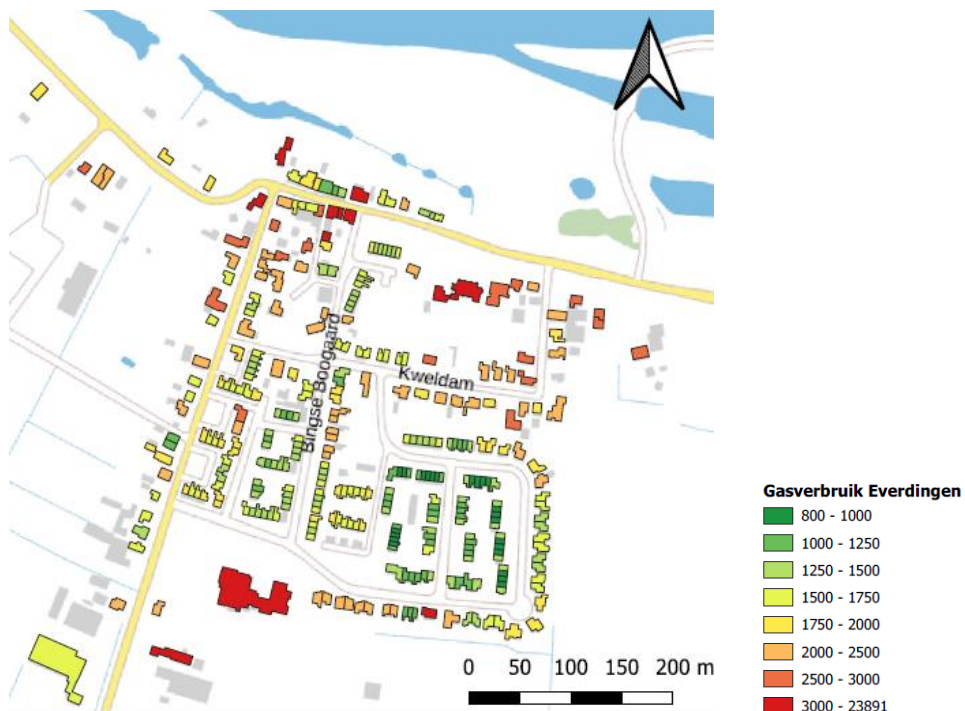
- 475 adressen met woonfunctie (meergezinswoningen niet meegenomen)
- Woonoppervlak mediaan 127m²
- Gasverbruik 965.000 m³ (Stedin, 2019)

Kern, zie Figuur 3

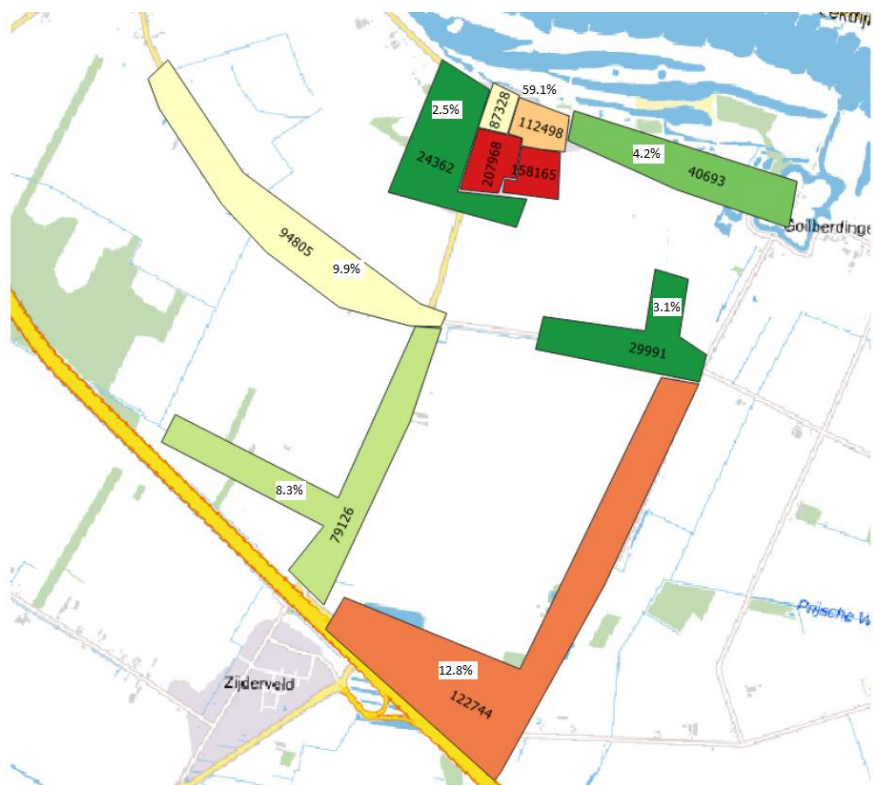
- 360 adressen (328 woningen 69%)
- 74 Vrijstaand; 60 2-onder-1 kap; 82 Hoekwoningen; 112 tussenwoningen
- Bouwjaar mediaan 1970
- Gasverbruik 565959 m³/jr (59,1%)

Buitengebied, zie Figuur 4 en 5

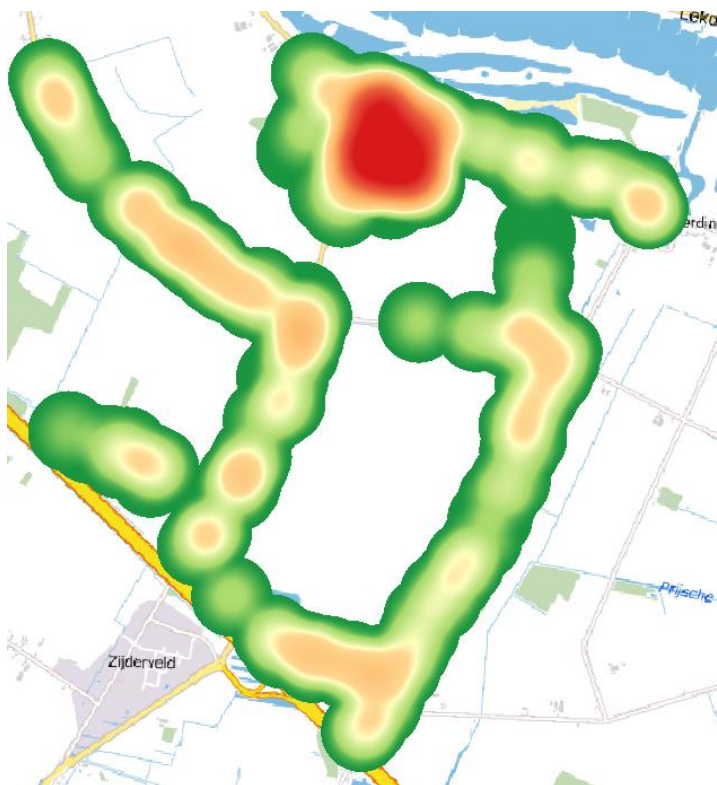
- 177 adressen (147 woningen 31%)
- 140 vrijstaande woningen
- Bouwjaar mediaan 1961
- Gasverbruik 391721 m³/jr (40.9%)



Figuur 3: Inschatting jaarlijks gasverbruik per pand (in m³) in de kern van Everdingen o.b.v. openbare gebouwgegevens (CBS) en verbruiksgegevens (CBS en Stedin)



Figuur 4: Inschatting verdeling gasverbruik (in m³) in Everdingen o.b.v. openbare gebouwgegevens (CBS) en verbruiksgegevens (CBS en Stedin)



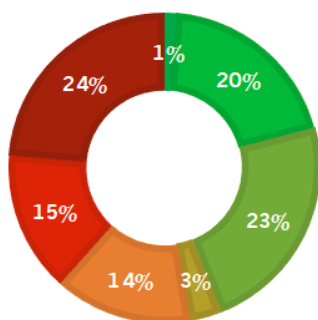
Figuur 5: Heatmap van de verdeling van het gasverbruik (in m3) in Everdingen o.b.v. openbare gebouwgegevens (CBS) en verbruiksgegevens (CBS en Stedin)

Energielabel gebouwen

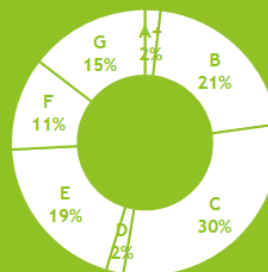
Naast een analyse van het energiegebruik, is het ook nuttig om een inschatting te maken van de isolatiegraad van de panden in Everdingen vanwege de invloed op het aardgasverbruik. Het energielabel geeft aan hoe goed het gebouw geïsoleerd is en/of er duurzame energie opgewekt wordt (bv. zonnepanelen). Dit laatste heeft geen invloed op het aardgasverbruik. Meer dan de helft van de woningen in Everdingen heeft energielabel E, F of G, zie Figuur 6 en 7.

INSCHATTING ENERGIE LABELS GEBOUWEN EVERDINGEN (PBL)

■ A+ ■ B ■ C ■ D ■ E ■ F ■ G



INSCHATTING ENERGIELABELS GEBOUWEN KERN (PBL)



Figuur 6: Inschatting van de energielabels van gebouwen in Everdingen (kern en buitengebied) en in de kern (gebied A) (uit Have, ten, 2020, obv gegevens van het PBL).



Figuur 7: Het ingeschatte energielabel van gebouwen in Everdingen op de kaart (PBL)

Van gasverbruik naar warmtevraag

Om te kunnen inschatten hoe gas vervangen kan worden door een duurzaam alternatief, rekenen we het gasverbruik om naar een warmtevraag. Hierbij doen we de volgende aannames:

- 78% gas wordt gebruikt voor verwarming (CBS, 2018) met een rendement van 1,04 (op basis van een HR combiketel CE Delft, 2019). We gaan er vanuit dat een gedeelte van de CV-ketels, (condenserende) hoogrendementsketels zijn en een gedeelte niet. Waardoor de gemiddelde klasse HR104 is gekozen (<https://nl.wikipedia.org/wiki/Hoogrendementsketel>) voor het verwarmen. Dit betekent 104% op de verbrandingsonderwaarde van gas, 31,65 MJ/Nm³
- 20% gas wordt gebruikt voor warm water (CBS, 2018) met een rendement van 0,72 (op basis van een HR combiketel CE Delft, 2019). Wederom is het rendement van 0,72 gebaseerd op de verbrandingsonderwaarde van gas, 31,65 MJ/Nm³.
- Deze verdeling is gebaseerd op gasverbruik in woningen (CBS 3, 2018)
- Het verbruik van aardgas voor koken (2 procent, CBS 2018) wordt vervangen door elektrisch koken

De totale warmtevraag is:

= aardgasverbruik (m³) * onderwaarde laagcalorisch aardgas (MJ/m³)

(fractie verwarming * rendement verwarming + fractie warm water * rendement warm water)

Dit resulteert in een factor van 30,3 MJ/m³ warmte per m³ gas.

Warmtevraag Everdingen

Wanneer we het gecorrigeerde aardgasverbruik voor huishoudens en bedrijven en instellingen gebruiken (zie Tabel 1, bron CBS), wordt de warmtevraag van Everdingen geschat op 34,3TJ, waarvan 27,3 TJ voor ruimteverwarming en 7,0TJ voor warm water.

Voor de overstap naar duurzame warmte is het mogelijk dat verschillende delen verschillende oplossingen zullen toepassen. Om deze scenario's te kunnen uitwerken is de warmtevraag per deel van Everdingen berekend en samengevat in Tabel 2 (percentages gebaseerd op bijlage 1, gegevens Stedin).

Scenario	Beschrijving	Percentage (%)	Aardgasbehoefte (Nm ³ /jr)	Warmtebehoefte (TJ/jr)
1	Dorpskern	59,1	570.500	17,2
2	Dorpskern + Dijk	61,6	594.700	18,0
3	Buitengebied (incl. Dijk)	40,9	394.800	11,9
4	Everdingen totaal	100	965.400	29,2
5	Everdingen totaal (incl. bedrijven)		1.135.000	34,3

Tabel 3: Warmtevraag per deel van Everdingen, op basis van de GIS-analyse (totaal energieverbruik o.b.v. verbruik 2018, Stedin (2019)). Scenario 1 t/m 4 is exclusief bedrijven en instellingen, scenario 5 inclusief bedrijven en instellingen van Everdingen en Zijderveld.

Warmtevraag in de toekomst

Volgens de Nationale Energieverkenning (ECN, PBL, CBS, RVO, 2017) wordt een besparing van 1,0% per jaar verondersteld voor de periode 2020-2030. In werkelijkheid kan dit in Everdingen veel sneller gaan als mensen gestimuleerd worden om hun woning te isoleren of andere (kleine) besparende maatregelen te nemen.

Om een indicatie te geven: Door het nemen van diverse maatregelen kan schillabel B bereikt worden waarbij zo'n 20% minder warmte voor ruimteverwarming wordt gebruikt (PBL).

Welke vermindering kunnen we verwachten in Everdingen en op welke termijn? Dit zal afhankelijk zijn van lokale acties en landelijke campagnes en subsidies. In verband met de business case van een warmtesysteem moet er rekening mee gehouden worden dat de warmtevraag verlaagt de komende tijd. Ook kan er gekeken worden naar de verhoging van de warmtevraag door nieuwbouw.

. Algemene stappen duurzame warmte

Bij het overstappen naar duurzame warmte zijn er een aantal algemene stappen die voor elk toekomstscenario genomen kunnen worden.

Verbeteren schil van gebouwen

Het verbeteren van de schil van gebouwen is om twee redenen een belangrijke algemene stap richting duurzame warmte. Ten eerste is het een zeer effectieve manier om warmteverlies te beperken en daarmee te verduurzamen - elke Joule warmte die niet verloren gaat hoeft niet opgewekt te worden. Ten tweede zorgt een goede gebouwschil ervoor dat verwarmen op lagere temperaturen mogelijk wordt. Denk aan 35-70 graden. Dit is wenselijk omdat veel warmtebronnen een lage temperatuur hebben (zo ook Lek-water). Hoe hoger deze temperatuur opgewaardeerd moet worden voor verwarming van woningen, hoe meer energie dit kost.

Daarbij gaat een verbeterde gebouwschil samen met wooncomfort en lagere energiekosten. Afgifte systemen voor lage temperatuur maakt koeling ook mogelijk. Daarnaast neemt de waarde van het gebouw toe.

Verwarmingsvermogen

In theorie is het mogelijk om ook slecht geïsoleerde woningen op een lage temperatuur te verwarmen, zo lang er genoeg verwarmingsvermogen is. Echter, lage temperatuurafgifte systemen hebben minder vermogen per oppervlakte. Convectoren (een lage temperatuur 'radiator') kunnen minder warmte afgeven dan radiatoren. Hoe meer warmte er verloren gaat in een woning, hoe meer convectoren, of andere systemen zoals vloer of wandverwarming, je moet installeren. Een huis vol met deze systemen is niet alleen duur, maar ook voor mensen onacceptabel. Daarom wordt ervoor gekozen om de woning beter te isoleren en zo het benodigde verwarmingsvermogen te verminderen.

'No regret'-aanpak

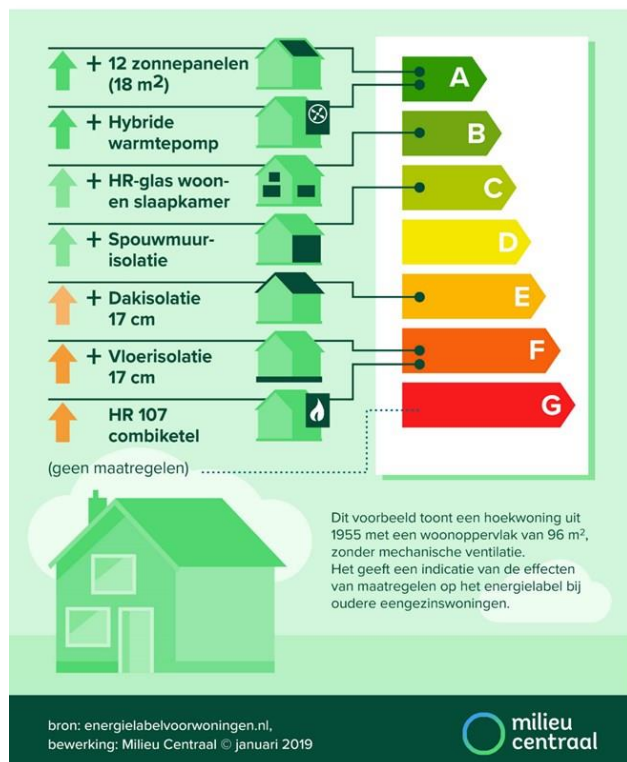
Het is nog onduidelijk op welke manier en op welke temperatuur de woningen in Everdingen in de toekomst duurzaam verwarmd zullen worden. Gebouwen klaar maken om met 35 graden te verwarmen kan echter altijd no-regret, of zonder spijt. Op deze lage temperatuur zijn gebouwen klaar voor alle mogelijke duurzame oplossingen. Het vereist maatwerk om per woning de benodigde maatregelen te bepalen. Voor 4 voorbeeldwoningen in Everdingen zijn verschillende maatregelen doorgerekend met betrekking tot energiebesparing en kosten, zie de rapporten van het Energieloket.

Het is aan te raden om op een natuurlijk moment, tijdens verhuizing of verbouwing of wanneer dak of glas aan vervanging toe is, direct goede maatregelen te treffen. Bijvoorbeeld 10cm dakisolatie ipv 5cm en HR++ glas in plaats van dubbel glas. Een kapotte radiator kan ook direct door een convector vervangen worden. Zo kan een gebouw stap voor stap klaar worden gemaakt voor verwarming op lagere temperatuur.

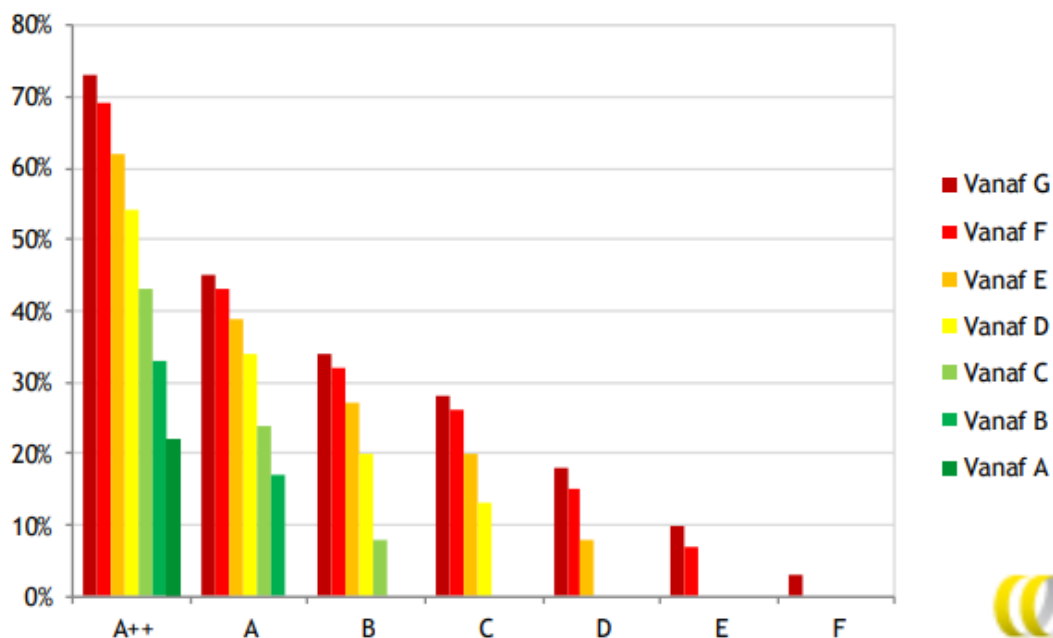
Relatie energielabel en schilverbetering

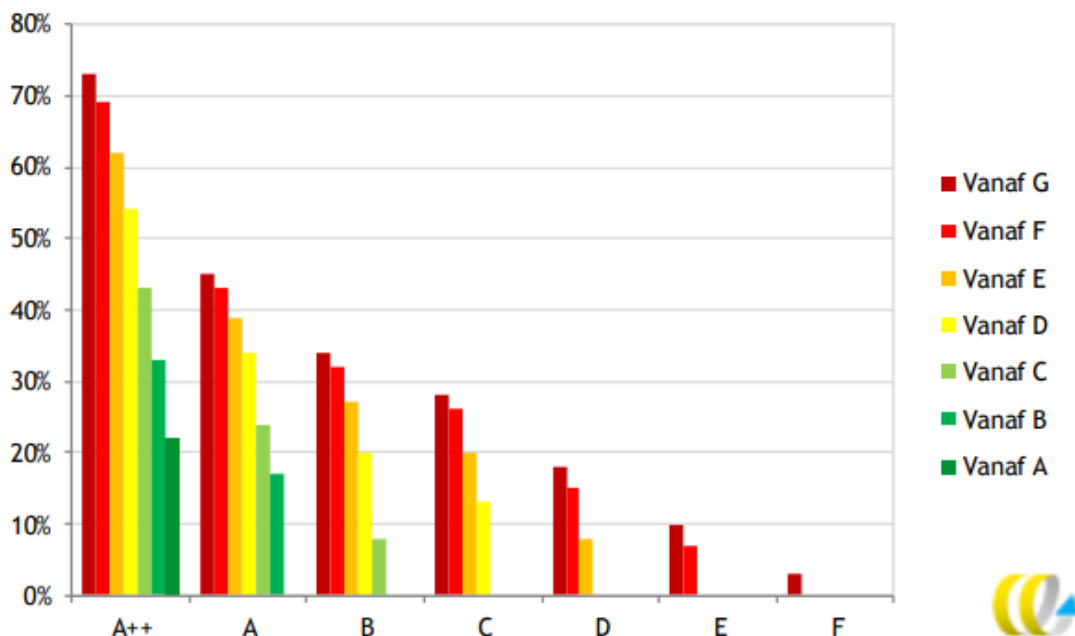
Het verbeteren van de schil van een gebouw zorgt er ook voor dat het energielabel verhoogd, zie het voorbeeld in Figuur 8. In het energielabel worden ook andere maatregelen, zoals zonnepanelen of een warmtepomp, meegenomen. Deze hebben geen invloed op de schil van het gebouw en daarmee de energiebesparing. De energiebesparing bij schilverbetering vanaf verschillende energielabels kan oplopen tot 75%, zie Figuur 9.

IN 7 STAPPEN VAN ENERGIELABEL G NAAR A



Figuur 8: De te nemen stappen bij een voorbeeldwoning om van label G naar label A te gaan. Let op dat slechts sommige stappen warmteverlies daadwerkelijk verminderen.





Figuur 9: Energiebesparing bij het verbeteren van de schil per energielabel.

Benodigde isolatie voor verwarming met 70, 60 of 50 graden

Voor het kiezen van een aanvoertemperatuur van de duurzame warmte in Everdingen is het relevant om te weten welke aanpassingen er nodig zijn in de gebouwen in Everdingen bij elke aanvoertemperatuur.

Elke woning kan op 70 graden verwarmd worden (Kees Stap). Slechts enkele woningen met label F krijgen het misschien niet warm wanneer het buiten -10 is. Ook wanneer woningen slechts zeer kleine radiatoren hebben en slecht geïsoleerd zijn kunnen op de koude dagen wellicht niet goed warm worden. In deze gebouwen zijn dan kleine aanpassingen nodig.

In diverse studies wordt echter aangegeven dat er hogere energielabels nodig zijn. In een haalbaarheidsstudie voor aquathermie in Heeg staat dat schillabel B sowieso voldoende moet zijn voor een warm huis, maar dit is wellicht ook mogelijk met label C of D (Inenergie, 2019). In een studie van IfTechnology gaan ze ervan uit dat Label C voldoende is (Amersfort Schothorst, IF Technology 2019) (Label B is gemiddelde Rc 2,5 (PBL, 2020) en label C gemiddelde Rc gevel 1,3, dak en vloer 2,5 (CE Delft, 2016)).

Wanneer de aanvoertemperatuur richting de 60 of 50 graden gaat, verwachten we in meer gebouwen comfortproblemen op de koude dagen en zullen er meer maatregelen getroffen moeten worden. Vooral door (koude) ventilatie en koude-straling van dubbel glas (niet HR++) voelt het fris in huis. Ook het aanwarmvermogen van de woning kan dan te laag zijn. Het is in dit geval mogelijk om de verwarming ook 's nachts aan te laten om het huis op temperatuur te houden. Dit heeft als nadeel het hogere energieverbruik.

Beter is om een aantal maatregelen te treffen. Bijvoorbeeld (extra) spouwmuurisolatie, dakisolatie (binnenzijde hellend dak, buitenzijde plat dak), vloerisolatie, glas in de woonkamer vervangen door HR++ of HR+ en kierdichting ramen en deuren. (Dit zijn de maatregelen van 'scenario comfort', Rc=2, door Kees Stap, 2020).

We starten een onderzoek waarbij een aantal huishoudens in Everdingen hun CV-ketel op 50, 60 of 70 graden instellen tijdens de winter van 2020-2021 om te kijken of de gewenste temperatuur in huis hiermee behaald kan worden.

Elektrisch koken

Bij het overgaan op een duurzame warmtebron zal ook het gaskooktoestel vervangen moeten worden. Bijvoorbeeld een inductiekookplaat op elektriciteit. Huidige inductie toestellen zijn geschikt voor 230V en behoeven dus geen aanpassing in de meterkast.

Gas afsluiten

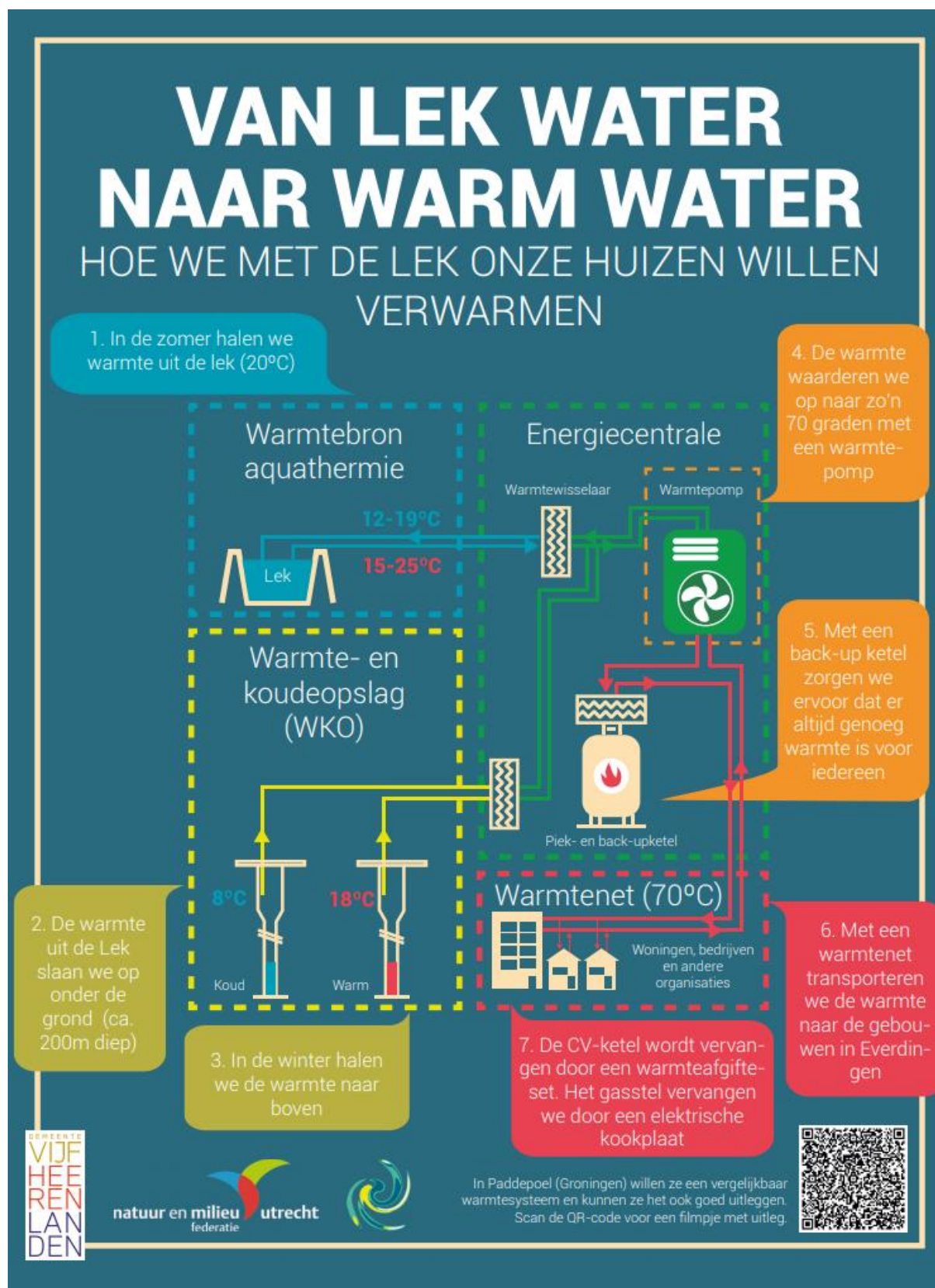
In opdracht van een bewoner kan netbeheerder Stedin de gasaansluiting afsluiten.

. Overzicht: van Lek water naar warm water

Uit eerdere studies naar de mogelijkheden voor duurzame warmte in Everdingen (ten Have, 2020 en UU, 2020) lijkt aquathermie de meest geschikte energiebron voor de kern van Everdingen. Andere onderzochte mogelijkheden, zoals zonne- en/of windenergie in combinatie met waterstof, individuele (bodem-)warmtepompen en thermische zonne-energie in combinatie met een hoge temperatuuropslag (90 graden, bijvoorbeeld Ecovat) lijken minder geschikt voor Everdingen. Ofwel gezien de hoge kosten en grote verliezen (Ecovat, waterstof), ofwel gezien de vele benodigde aanpassingen aan gebouwen (individuele warmtepompen) is de denkrichting nu aquathermie. Omdat de spreiding van de gebouwen in het buitengebied groot is, zullen daar individuele oplossingen, of in kleine clusters, gevonden moeten worden voor duurzame warmte. Bijvoorbeeld warmtepompen, al dan niet gekoppeld aan opslag in de bodem. We geven hier een overzicht van het beoogde energiesysteem in Everdingen op basis van aquathermie.

In het kort

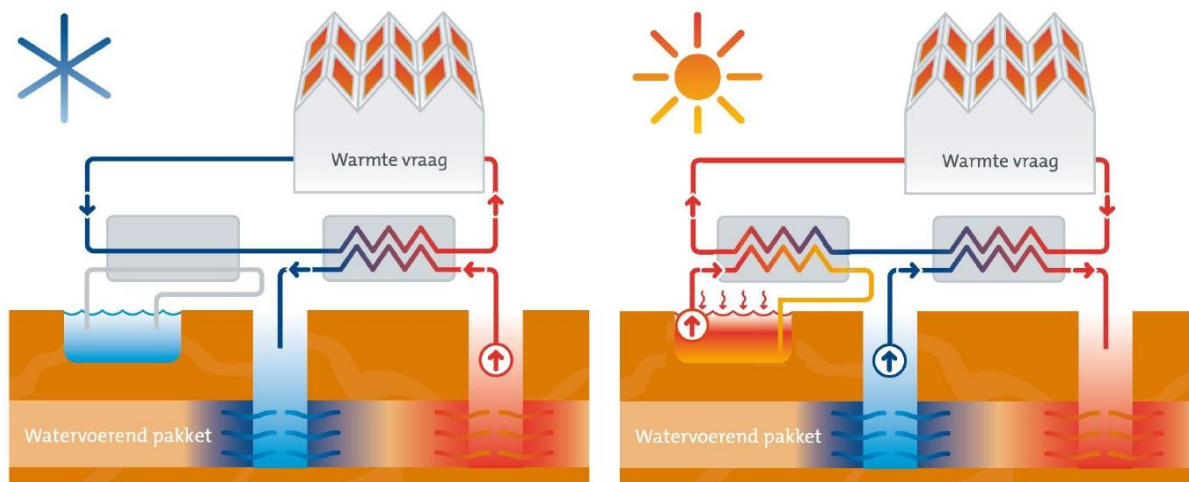
Een aquathermie warmtesysteem bestaat uit een aantal onderdelen die ervoor zorgen dat warmte in de warme maanden uit de Lek wordt “geoogst” en in de koudere maanden weer wordt afgegeven aan de gebruikers. Er is een warmtebron: de Lek, een warmteopslag in de grond, een energiecentrale en een warmtenet om de warmte naar de huizen te transporteren, zie Figuur 10.



Figuur 10: Overzicht beoogd aquathermiesysteem voor Everdingen

Om de warmte uit de Lek te halen is er een pompsysteem die warm water uit de Lek haalt, deze afkoelt en weer terug stort in de Lek. Dit proces vindt vooral plaats in de zomer, wanneer het Lek

water warmer is dan 15°C, zie ook Figuur 11 (rechts). Deze warmte wordt dan direct gebruikt of opgeslagen voor de winter in een warmte koude opslag (WKO).



Figuur 11: Aquathermiesysteem in de winter (links) en in de zomer (rechts).

Een WKO bestaat uit een aantal diepe (tot 200m) waterputten waarin in de helft koud grondwater zit en in de andere helft warm grondwater, opgewarmd met de Lek. Dit warme grondwater wordt 's winters gebruikt voor verwarming, zie Figuur 11 (links).

Daar de temperatuur in de Lek, en dus ook in de opslag, te laag is om huizen en drinkwater direct te verwarmen dient de temperatuur eerst verhoogd te worden. Dit wordt gedaan in een “energiecentrale” met een grote wijk warmtepomp die het water van 15-20 graden opwarmt naar rond de 70°C. Een warmtepomp werkt met hetzelfde principe als een koelkast of airconditioning. Hiervoor is net zoals bij een koelkast of airconditioning elektriciteit nodig om dit voor elkaar te krijgen. De elektriciteit kunnen we halen uit zonne- of windenergie uit de buurt. Zonder zon op dak, is er zo'n 2-4 ha zonnenveld nodig of een vijfde van een grote windmolen.

Om voor voldoende zekerheid te zorgen dat er altijd warm water kan worden geleverd, is het systeem ook van een reserve verwarmingsketel voorzien. Deze kan gestookt worden op aardgas, maar kan eventueel ook elektrisch, op biomassa of, in de toekomst, waterstofgas.

Wanneer het water eenmaal op een goede temperatuur is, wordt de warmte getransporteerd door een warmtenet. Het warmtenet eindigt in iedere woning waar een afgifteset dient te worden geplaatst welke in plaats komt van de CV-ketel. Deze afgifteset levert warmte zoals een stadsverwarmingssysteem dat ook doet.

Uitwerking systeem

De verschillende onderdelen van dit systeem zullen in de volgende hoofdstukken uitgewerkt worden. Er zijn verschillende onderliggende aannames en keuzes gemaakt in overstaand schetsontwerp van het beoogde toekomstige warmtesysteem. Deze worden ook toegelicht.

Warmtebron

We bespreken de hoeveelheid warmte die de warmtebron moet leveren en gaan vervolgens in op een aantal technische punten om de haalbaarheid van warmte uit de Lek als primaire bron. Hierbij zijn de volgende technische punten essentieel (vergunningen en economische zaken worden hier niet uitgewerkt):

- De hoeveelheid energie in het natuurlijk watersysteem welke in theorie benut kan worden
- Geografische mogelijkheden voor uitwerking van het systeem
- Welke systemen zijn mogelijk en welke systeemonderdelen zijn noodzakelijk om de warmte te winnen.

Benodigde warmteproductie en bronnen

De warmteproductie is de warmtevraag zoals beschreven in de analyse van het energiesysteem van Everdingen, plus de verliezen in het systeem, met name in het warmtenet. In een warmtenet van 70°C, zijn deze zo'n 10% (factsheet TNO).

Om economische redenen maken we onderscheid tussen de basislast en de pieklast. Volgens GreenVis is voor de piek van 20% energie 50% meer vermogen nodig. Deze vuistregel volgende, nemen we een basislast van 80% en pieklast van 20% (GreenVis, 2020 en STOWA, 2020). Dit lichten we verder toe in het hoofdstuk 'Energiecentrale'.

We willen dus 80% van de energie uit water & elektriciteit halen, en de overige 20% van een andere bij voorkeur duurzame bron. De basislast (water op 70°C) wordt gevormd door water op lage temperatuur (15-20°C) en elektriciteit. Bij gebruik van een collectieve warmtepomp met SCOP 3,1 (o.b.v. ontwerp Kaag en Braasem en Amersfoort Schothorst 2019, IFTechnology) (zie hoofdstuk energiecentrale voor onderbouwing van deze aanname) komt 13.6TJ uit water en 6,0TJ uit elektriciteit, zie Tabel 4.

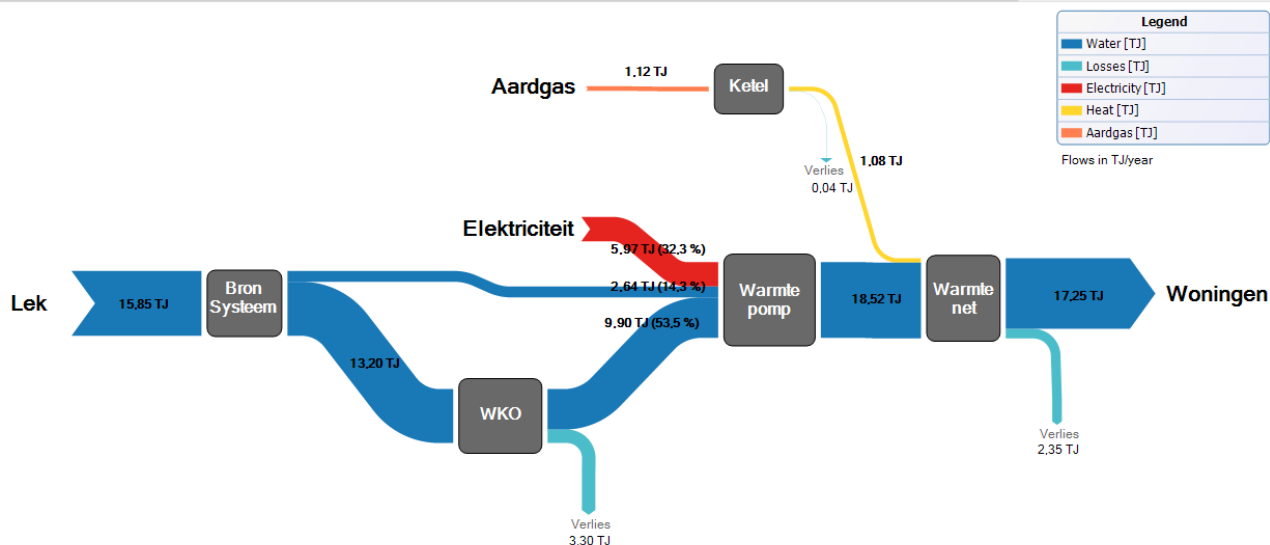
	Everdingen (TJ/jr)	Everdingen kern (TJ/jr)
Warmtevraag, totaal	29,2	17,3
Verliezen	8,5	5,7
Warmteproductie, totaal	37,7	23,0
Basislast (93,5%)	35,8	21,9
-waarvan warmte uit water	26,0	15,9
-waarvan uit elektriciteit	9,8	6,0
Pieklast (6,5%)	1,9	1,1

Tabel 4: Overzicht van de benodigde warmte en de verschillende onderdelen waaruit dit bestaat voor Everdingen in totaal en voor Everdingen kern.

Om bovenstaande verder te verduidelijken is onderstaande sankey diagram opgesteld voor de Everdingen kern case waarbij alle warmtestromen visueel weergegeven zijn, zie Figuur 12.

Aquathermie Everdingen

Scenario: Dorpskern 100% deelname



Figuur 12: Sankey diagram Aquathermie dorpskern 100% deelname

Water als bron van koude

De voornaamste behoefte van woonhuizen is warmte. Echter door de toenemende temperaturen en met name een toenemend aantal hete dagen dient koude niet uit het oog te worden verloren. Met aquathermie in combinatie met een WKO vormt is er in de zomer ook een koude bron voorhanden. Echter, in dit systeem met een warmtenet op 70°C, is het warmtenet niet geschikt om koude te transporteren. Dit is wel het geval wanneer er voor een lage temperatuur (LT) warmtenet zou worden gekozen.

Om koude te leveren is dus een extra koude-net nodig. Deze wordt dan gevoed in de zomer met koud water uit de WKO. Wanneer de temperatuur van de koude bron in de WKO onvoldoende is voor koudelevering zal in de winter het aquathermiesysteem de koude WKO bron extra kunnen koelen. Hierdoor wordt dan het Lekwater enigszins opgewarmd. Echter, niet alle bestaande afgiftesystemen in gebouwen zijn geschikt voor afgifte van koude (hier is een lage-temperatuur afgifte systeem voor nodig.)

De economische haalbaarheid van een extra koude-net schatten wij laag in vanwege de geringe vraag en beperkte hoeveelheid geschikte woningen. Daarom richt dit plan zich alleen op warmte.

Basislast, warmte uit water (aquathermie)

Uit water willen we zo'n 13,6TJ aan energie onttrekken om aan de volledige warmtebehoefte van de Everdingen dorpskern te kunnen voldoen.

Thermische Energie uit Oppervlaktewater (TEO)

Aquathermie is de verzamelnaam voor Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO), Thermische energie uit afvalwater (TEA) en Thermische energie uit Drinkwater (TED). TED geeft alleen voor drinkwaterbedrijven mogelijkheden en dus niet voor Everdingen. TEA is met name geschikt voor rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI) maar ook geschikt voor grotere afvalwaterleidingen. TEO kan gewonnen worden uit stromend (rivieren, kanalen), stilstaand water (meren, vijvers) en gemalen. De belangrijkste potentiële bron van warmte is de Lek, zie ook het overzicht in Figuur 13 en Tabel 5 (aquathermievier, STOWA, 2020).



Figuur 13: De aquathermieweert van STOWA geeft de potentie voor aquathermie in Everdingen weer

Tabel 5: Technische potentie van aquathermie rondom Everdingen (STOWA, 2020)

Uit oppervlaktewater (TEO)	Technische potentie (GJ/jaar)
De Lek	3.600.000
Zijarm Lek (optelsom van aangegeven gebieden)	$8725 + 2550 + 11512 + 15598 = 38400$
Plassen in de uiterwaarde	19393
Uit afvalwater (TEA)	
Gemaal Graaf Huibertlaan	498
Gemaal tienhovenseweg	0 of onbekend
Rioolleiding Tienhovenseweg	1645
Enkele punten op de Graaf Huibertlaan (richting A2)	1146
Weiland achter Van Dieren	498

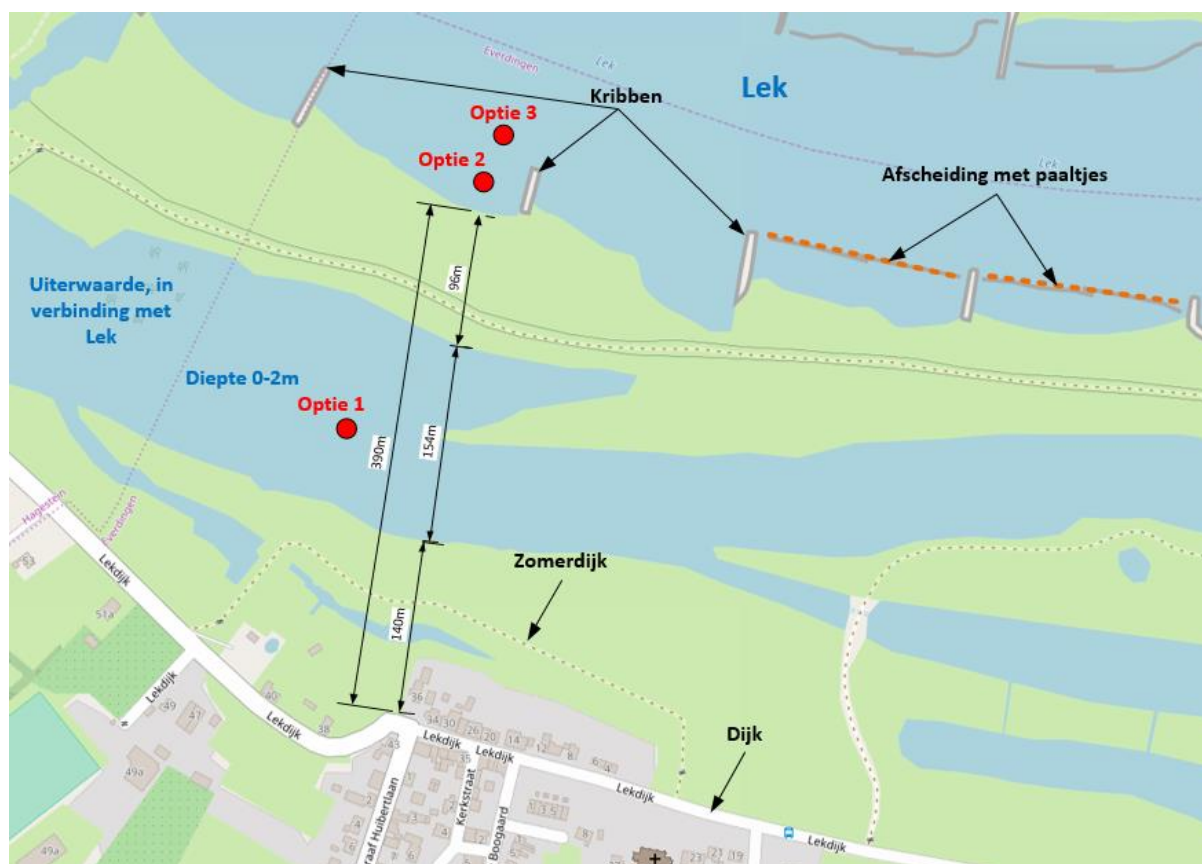
De uiterwaarden worden niet of niet correct weergegeven maar worden gezien als dezelfde bron als de lek. De uiterwaarden kunnen alleen ook dienen als mogelijk inname/lozingspunt. De plassen in de uiterwaarde hebben ook potentie, maar zijn verder weg van de kern en onderdeel van een natuurgebied.

Verder kunnen de rioolwaterleiding bij de Tienhovenseweg en bij de graaf Huibertlaan (in het buitengebied richting A2) eventueel ook een bron van warmte vormen.

We kiezen ervoor om de Lek als bron van warmte voor Everdingen verder uit te werken gezien de grootte van deze bron.

Locatie TEO bij Everdingen

Het uitgangspunt van de aanleg van het bronsysteem is om de leidingen zo kort mogelijk te houden, dus zo dicht mogelijk bij de rand van het dorp, zie Figuur 14.



Figuur 14: Verschillende opties om warmte te winnen uit de Lek op de kaart.

Het inlaatpunt van het aquathermiesysteem dient stroomopwaarts te liggen van het uitlaatpunt. Hiervoor zijn 3 opties aangegeven.

Optie 1: In gebied in de uiterwaarden. Dit is ondiep water, stroomt weinig. Alleen door waterniveau verandering en regen.

Optie 2: In de Lek tussen de kribben. Minder stroming, makkelijker toegankelijk. Lage waterniveaus.

Optie 3: In de Lek in het stromend gedeelte. Veel stroming, voldoende diep. grootste afstand Everdingen. Minst toegankelijk.

Daar de stroomsnelheid in de lek in de zomer zeer laag kan zijn (zie verderop in dit hoofdstuk) is het van belang dat de afstand tussen het inlaatpunt en uitlaat punt voldoende groot is om kortsluiting van water te allen tijde te voorkomen. Dit zal in de detailfase van het project verder worden uitgewerkt.

Voor de concept ontwerpfase zal gekozen worden voor een minimale afstand van 50m.

Aandachtspunt bij al deze locaties is het natuurgebied waar de leidingen doorheen lopen. Mogelijk zal de waterinlaat en lozing veel westelijker gekozen moeten worden, waar de Everdingse waarden zeer smal zijn en de natuurwaarde lager.

Technische uitwerking warmte onttrekken

Voor de technische uitwerking zijn twee verschillende principes mogelijk. De klassieke oplossing is het water uit de Lek in te nemen en te transporteren naar de warmtewisselaar in de energiecentrale en vervolgens weer te lossen. Om warmte te winnen dient nabij de Lek een pompsysteem te worden geïnstalleerd die het water uit de Lek pompt, naar de warmtewisselaar en weer terug de Lek in. Een aantal aandachtspunten voor het klassieke systeem zijn:

- Voor de pomp nabij de Lek is een stroomkabel nodig, die door Stedin aangelegd zou moeten worden.
- Pomp maakt geluid in natuurgebied

- Pomp vergt onderhoud, o.a. de filters
- Bescherming van de pomp tegen mogelijk hoog water van de Lek

Een alternatieve oplossing is om de warmte direct te onttrekken waarbij de warmtewisselaar in het water wordt geplaatst, zie Figuur 15. De typische afmetingen van een module voor 150kW is 7x1,2x0,1m (Lengte x Diepte x Breedte). Een dergelijk systeem kan door MEFA energy systems (<http://mefa-energy-systems.nl/index.html>) worden geleverd. Een eerste inschatting is dat er voor Everdingen een installatie van 7m lang, 1m breed en en 1,20 hoog, in zijn geheel 30cm onder water, nodig is. (Ongeveer 10 'platen' van elk 150 kW.) (bron: wandeling met EnNatuurlijk en MEFA november 2020).



Figuur 15: Warmtewisselaars die in het water worden geplaatst. Het is ook mogelijk om het water vanuit de Lek te transporteren naar warmtewisselaars in de energiecentrale (klassieke oplossing).

Voordelen van dit systeem zijn:

- Nauwelijks onderhoud. 0,5mm aangroei per jaar. Geen filter systeem.
- Onzichtbaar onder water, geen elektriciteitskabel nodig of geluid in de uiterwaarden.
- Wanneer de warmtewisselaars leeg zijn zullen ze drijven, wat onderhoud makkelijk kan maken.

Enkele risico's of nadelen:

- Werking bij laag water
- Werking bij weinig stroming (afhankelijk van optie 1,2 of 3)
- Performance om voldoende temperatuur te winnen voor WKO.

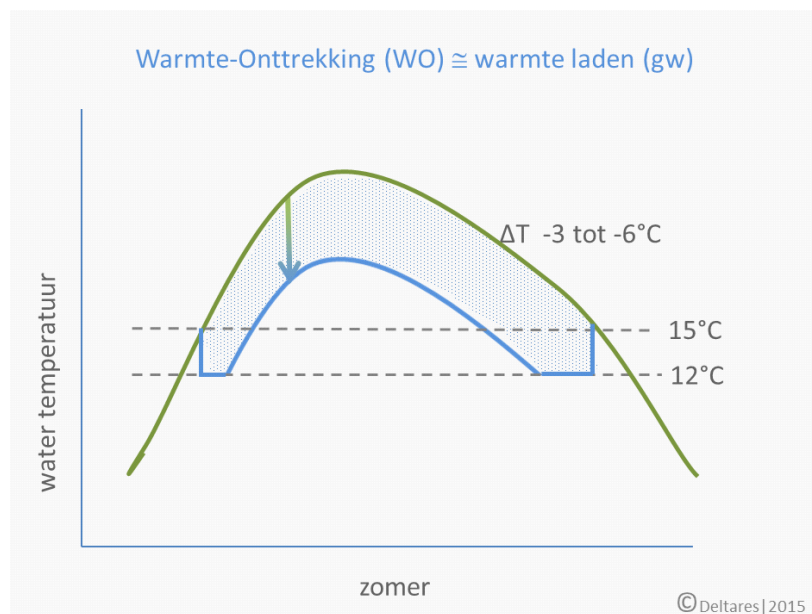
Warmte oogsten, algemeen

Om warmte te onttrekken aan oppervlaktewater gelden er een aantal uitgangspunten, zie Figuur 16.

	Koudeonttrekking	Warmteonttrekking
Temperaturen	onttrekking van koude als de temperatuur van het opp. water $< 7^{\circ}\text{C}$	Onttrekking van warmte als de temperatuur van het opp. water $> 15^{\circ}\text{C}$
	- opwarmen van het water tot max. 10°C - maximale temperatuurstijging 3°C	- afkoelen van opp. water niet verder dan tot 12°C - maximale temperatuurdaling van 6°C .
Stromend of stilstaand water	stromend: de onttrekkingscapaciteit is een functie van de afvoer Q [m^3/s] en de maximale temperatuurverandering	stromend: de onttrekkingscapaciteit is een functie van de afvoer Q [m^3/s] en de maximale temperatuurverandering
	stilstaand: hierbij is ook berekend hoeveel warmteoverdracht er via het wateroppervlak naar de atmosfeer plaatsvindt.	stilstaand: meegerekend is de koudeoverdracht via het wateroppervlak naar de atmosfeer.
Wettelijke eisen [4]	- de opwarming ΔT mag buiten de mengzone niet groter zijn dan 3°C en - als gevolg van de opwarming mag de watertemperatuur (T_{max}) niet hoger worden dan 28°C (niet relevant voor de Nederlandse wintersituatie).	niet van toepassing

Figuur 16: Uitgangspunten warmte onttrekken (Kansenkaart voor energie uit oppervlaktewater.H2O online 2015)

Wanneer men deze uitgangspunten in acht neemt ziet de warmte-onttrekking uit oppervlaktewater door het jaar heen er als volgt uit, zie Figuur 17.



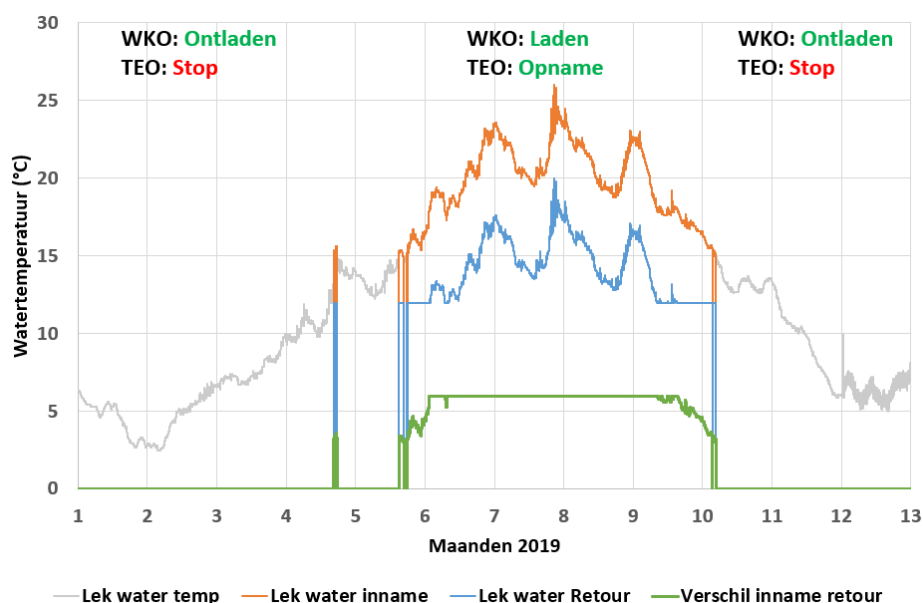
Figuur 17: Warmte-onttrekking van oppervlaktewater volgens de uitgangspunten in Figuur 12. Bron: Nationaal potentieel van aquathermie, CE Delft, Deltaris 2018.

De groene lijn is de watertemperatuur van de rivier. Wanneer deze boven de 15°C komt wordt gestart met het onttrekken van warmte. Onder deze temperatuur is de te winnen energie te laag om voldoende rendement te halen. Bij een hogere temperatuur starten met onttrekken kan ook echter dient dan de volumestroom groter te worden om dit te realiseren. Het water wordt vervolgens in een tegenstroomapparaat (TSA) afgekoeld tot maximaal 12°C. Dit om te voorkomen dat het koude water invloed heeft op de ecologie. Om dezelfde reden mag het water ook niet verder afgekoeld worden dan 6°C. Wanneer het oppervlakte water 18°C of warmer is wordt er dus maximaal gekoeld wordt met een temperatuurverschil van 6°C.

Daar er geen wettelijk kader is voor deze uitgangspunten dienen deze getoetst te worden bij RWS.

Warmte oogsten, uit de Lek bij Everdingen

De beschreven uitgangspunten kunnen we ook toepassen op de Lek in Hagestein Boven (vlakbij Everdingen), met de temperaturen van 2019, zie Figuur 18.



Figuur 18: Warmte onttrekken aan de Lek volgens de uitgangspunten in Figuur 17, op basis van de temperatuur van de Lek in 2019 bij Hagestein Boven.

We nemen aan dat de watertemperatuur van de Lek bij Hagestein boven gedurende het jaar gelijk is aan de temperatuur in Everdingen - zie de grijze lijn. De temperatuur varieert van minimaal 2,5°C begin februari en maximaal 26°C eind juli. De eerste mogelijke warmtewinning c.q. water onttrekking begint eind mei wanneer het water boven de 15°C is, zie de oranje lijn. Tot begin juni wordt er dan geloosd met een temperatuur van 12°C, zie de blauwe lijn. Het warmteverschil varieert tussen de 3 en 6 °C, zie de groene lijn. Het geloosde water varieert van 12°C tot 20°C. Tot half september wordt er dan warmte gewonnen met het maximale temperatuurverschil van 6°C. Tussen half september en begin oktober wordt er dan weer water geloosd van 12°C.

De gevolgen van het onttrekken van warmte uit de Lek is een lichte afkoeling hiervan. Om een idee te geven moet hierbij gedacht worden aan 0.0034°C wanneer je op basis van de gemiddelde Lek flow berekend (gedurende het laden). En 0.013°C bij de lage lek flow van 25m³/s. De lokale afkoeling bij het lozingspunt kan uiteraard wel rond de 6°C zijn. De gevolgen hiervan op milieu en ecologie worden besproken in het hoofdstuk Ecologie.

Beschikbare en benodigde stroomsnelheid

Voor het onttrekken van warmte dient ten alle tijden voldoende stromend water ter beschikking te zijn. Daar de Lek een minimale ingestelde stroom hoeveelheid heeft van 25m³/s is dit geen probleem voor het systeem in Everdingen (Bron: Peter ten Have, 2020).

Het is mogelijk om de minimale benodigde volumestroom voor Everdingen te berekenen met de volgende formule (COP; Rapport - Business case integrale aanpak TEO en klimaatadaptatie in Amersfoort Schothorst):

$$Q = m * C_p * (T_{in} - T_{uit})$$

Hierin is Q de warmtestroom in kW, m de water massa stroom in kg/s. C_p de warmtecapaciteit van water 4.18 kJ/kg.°C, T_{in} de water inlaat temperatuur en T_{uit} de water retour temperatuur.

Op basis van de stroomsnelheden voor 2019 voor Hagestein Boven ⁴ is uitgerekend welke volumestroom er noodzakelijk is voor realiseren van **15.9 TJ** (Scenario 1) aan warmte per jaar. Toepassen van bovenstaande formule resulteert in een volumestroom van **192m³/hr**. Deze hoeveelheid wordt gemiddeld gedurende de warme 4,6 maanden (137.2dagen) van het jaar geoogst. Dit resulteert in een gewogen gemiddelde warmte stroom van **1337kWth**. 192m³/hr is 0,053 m³/s wat veel minder dan de minimale stroomsnelheid (25 m³/s) van de Lek.

Warmtevoorziening van de Lek in de toekomst

Wat als alle steden en plaatsten langs de Lek nu warmte gaan oogsten, blijft er dan genoeg over voor Everdingen? Het oppervlaktewater in Nederland heeft een enorm potentieel om warmte te leveren aan buurten in Nederland (Deltaris, 2018). Zo'n 40 procent van de huidige warmtevraag kan geleverd worden door TEO, waarbij rekening gehouden wordt met de warmteleveringscapaciteit van de bronnen.

Volgens onderzoeker Marco van Schaik (persoonlijk gesprek, 2020) koelt de rivier slechts 1°C af wanneer alle langs liggende steden en plaatsen warmte uit de Lek/Rijn zullen onttrekken. De afgelopen jaren is de riviertemperatuur juist 3°C gestegen, o.a. door klimaatopwarming en restwarmte van industrie. Ook voor de natuur kan het een verlichting zijn als de rivieren afgekoeld worden in de zomer.

Indien grootschalige aquathermiesystemen daadwerkelijk stroomopwaarts worden gerealiseerd, zou het kunnen leiden tot (tijdelijke) tekorten van warmte in de rivier, bijvoorbeeld door stagnerende stroming in de zomer. Dit risico zal met Rijkswaterstaat en de riviergemeenten onderzocht moeten worden.

Basislast, bronnen van duurzame elektriciteit

Naast warmte uit water is er ook elektriciteit nodig om deze warmte op te waarderen met de collectieve warmtepomp. De belangrijkste mogelijke elektriciteitsbronnen zijn zonne-energie op dak, zonne-energie in veldopstelling, grootschalige windenergie (grote molens van 3MW, zoals windpark Autena bij knooppunt Everdingen) of kleinschalige windenergie (kleine molens van 15kW, bijvoorbeeld 30m hoog). Het is ook mogelijk om stroom van de (toekomstige) waterkrachtcentrale bij de stuw van Hagestein in te kopen.

Alle opties voor duurzame elektriciteit hebben verschillend effect op het landschap en zijn meer of minder lokaal, zie Tabel 6. Op basis van een eerste inschatting van de grote daken in en nabij Everdingen zou hiermee nog eens 11 TJ per jaar mee opgewekt kunnen worden.

⁴ Bron: Rijkswaterstaat <https://waterinfo.rws.nl/#!/thema/Waterbeheer/>)

	Benodigde duurzame elektriciteit (TJ)	Zon op dak (aantal huizen)	Zon op veld zuidopstelling / met natuur (ha)	3MW windmolen (aantal)	15 kW windmolen (aantal)	Waterkracht (aandeel stuw Hagestein)
Opmerkingen		Opbrengt obv 11 panelen per dak en 12,4 GJ per dak. Werkelijk aantal huishoudens is 370	Uitgaande van 2300 GJ/ha en 1200 GJ/ha	Grote impact op landschap, mogelijk langs de A2. Uitgaande 24000 GJ per windmolen	Onderlinge afstand zorgt voor grote bedekking	Minder lokaal, inkoop vanuit Hagestein. Obv potentiële opwek 23400 GJ ⁵
Warmte kern van Everdingen	6	484	2,5 / 5	0,25	56	0,25
Elektriciteit kern van Everdingen	15	1212	6,4 / 13	0,63	139	0,64
Warmte en elektriciteit kern van Everdingen	21	1697	9 / 18	0,88	194	0,90

Mogelijke warmtebronnen pieklast

De back-up ketel kan gestookt worden met ingekocht groen-gas, biomassa of waterstof (in de toekomst). Het is ook mogelijk om een elektrische back-upketel te installeren.

Aanvullende warmtebronnen

Het is mogelijk om dit schetssysteem uit te breiden met aanvullende warmtebronnen. Hiervoor zijn twee interessante opties:

- Thermische energie op dak of in het veld, eventueel gecombineerd met photovoltaïsche cellen gebruikt worden (PVT). Recent onderzoek laat zien dat het mogelijk is om op deze manier slechts door dakgebruik hele wijken verwarmd kunnen worden (lage-temperatuur feed-in zonnewarmtenetten, 2020). Thermische energie kan direct gebruikt worden voor warm tapwater of verwarming, of via het warmtenet gedeeld worden en/of opgeslagen in de WKO. Bijvoorbeeld in aanvulling op warm water uit de Lek.
- Zonnekracht, ook wel concentrated solar power (CSP) genoemd. Een opstelling van 'zonnebloemen' van spiegels kan warmte op hoge temperaturen (70°C-90°C) produceren voor direct gebruik of opslag (na menging) in de WKO. Zie ook bijlage 3.

⁵ <https://e-lekstroom.com/wp-content/uploads/2019/02/Waterkrachtcentrale-Hagestein.pdf>

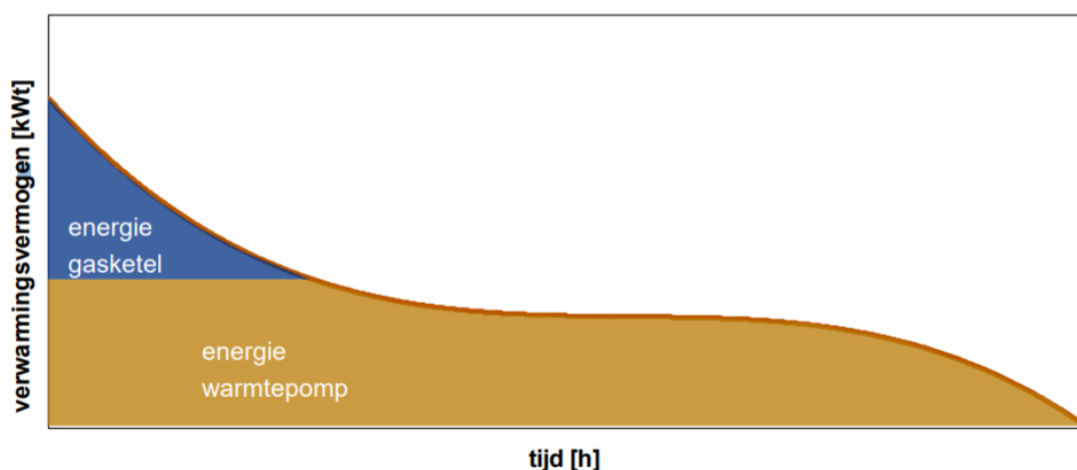
Energiecentrale

De energiecentrale is het gebouw waarin zich de warmtepompen, warmtewisselaars, back-up/piek ketel en warmtenet pompen bevinden.

Basis- en pieklast

De warmtevraag hangt sterk af van de buitentemperatuur. Slechts enkele uren per jaar is het zeer koud, waardoor er op deze momenten sprake is van een piekbelasting. Het is mogelijk om het vermogen van de collectieve warmtepomp te halveren wanneer er voor 20% van de energie een piekketel ingezet wordt, zie Figuur 19 (GreenVis, 2020 en STOWA, 2020). Om de kosten te drukken gaan we uit van 80% basislast door de collectieve warmtepomp en 20 procent piekbelasting door andere ketel.

Een verdere analyse waarin de economische, duurzaamheids- en andere belangen worden meegenomen zal de werkelijke verhouding tussen basis- en pieklast moeten bepalen. In 11 projecten met aquathermie i.c.m. WKO en MT-warmtenet varieert het vermogen van de pieklast voorziening van 0-75% en het aandeel warmte van 0-20% (IF Technology kentallen rapport, 2019).



Figuur 19: Het aantal uur waarop meer dan de helft van het vermogen gebruikt wordt is slechts 20% van de totale energie, bron business cases thermische energie p. 70.

Alternatieve bepaling totaal vermogen

Het totale benodigde vermogen van de collectieve warmtepomp en piekketel hangt samen met de piekvraag van warmte op de koudste tijden van het jaar.

Om een inschatting te kunnen maken van het benodigde vermogen gebruiken we de volgende formule om het aantal vollasturen te bepalen, zie Figuur x6 (kentallen IF Technology, 2019):

$$t = 320,59 \ln \ln (Q) - 1215,3$$

Waarbij t het aantal vollasturen in uren en Q de geproduceerde warmte in GJ. Deze formule is gebaseerd op 11 (nog niet gerealiseerde) projecten met aquathermie, WKO en MT warmtenet. Er is een correlatiefactor van 0,63 voor de relatie gevonden. Dit verklaren ze o.a. doordat de projecten erg

verschillen. Nieuwbouw heeft bijvoorbeeld veel minder vollasturen en een relatief hoger vermogen t.o.v. de warmtelevering door de goede isolatie.

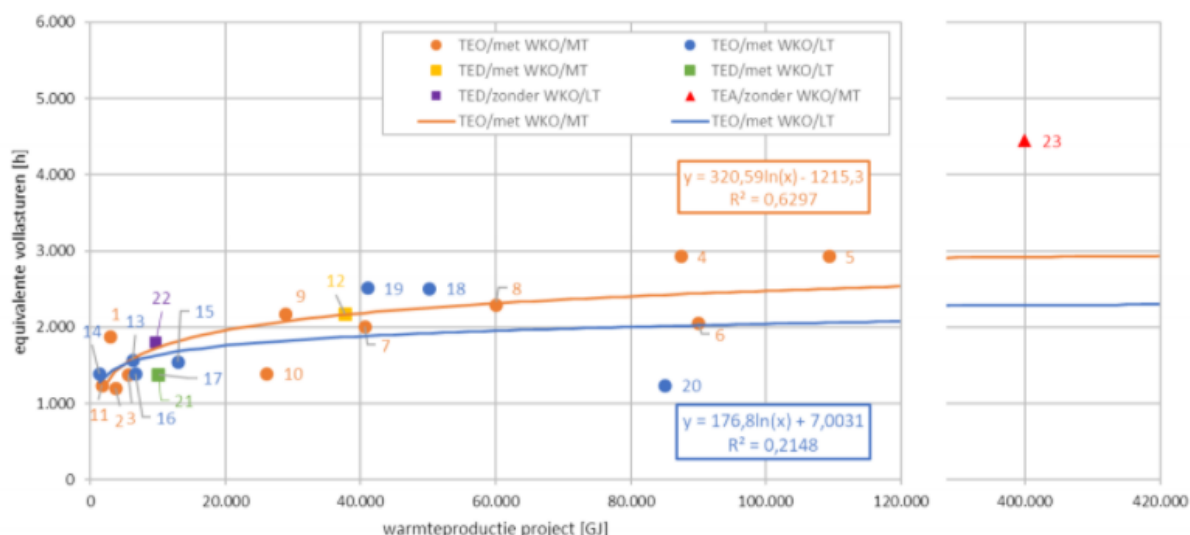
Vervolgens rekenen we de vollasturen om in benodigd vermogen,

$$P(Q) = \frac{Q}{t}$$

Waarbij P het totale vermogen in MW, Q de geproduceerde warmte in MWh en t het aantal vollasturen.

Voor de geproduceerde warmte van 19.600 GJ (5449 MWh) voor de kern van Everdingen levert dit de inschatting op van 1902 vollasturen per jaar voor een vermogen van 2,4 MW. Gezien de onzekerheid in de formule, zie de spreiding in Figuur 20, houden we rekening met een vermogen dat tussen de **1,2 en 3,6 MW** zit.

Uitgaande van een verdeling van 50% piekvermogen en 50% basisvermogen moet er een collectieve warmtepomp van 0,6-1,9 MW opgesteld worden.



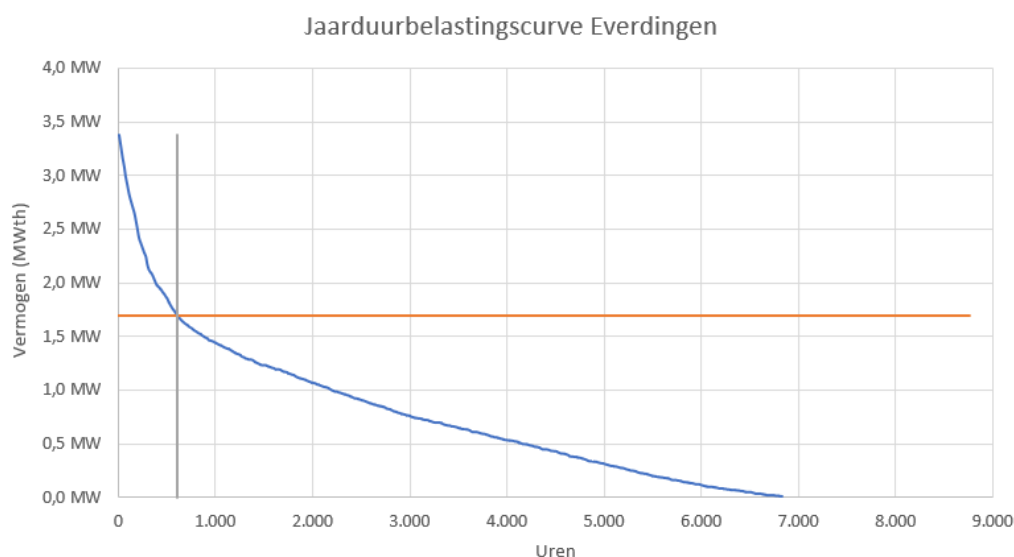
Figuur 20: Verband tussen warmteproductie en equivalente vollasturen van onderzoeken naar aquathermieprojecten in Nederland (kentallen aquathermie, IFTechnology 2019).

Geschat vermogen op basis van Genderdal

Op basis van de methode beschreven in de introductie van dit hoofdstuk is door IF technologie een analyse uitgevoerd voor de jaar duurbelasting voor Genderdal in Eindhoven. Dit project is voor een groot deel vergelijkbaar met Everdingen. Deze jaarbelastingsduurcurve is met name afhankelijk van het type woningen en daardoor voor ieder project specifiek. Een vergelijk met andere projecten leert dat de afwijking zeer gering waardoor voor deze voorstudie deze jaarbelastingsduurcurve bruikbaar is.

In Figuur 21 is de jaarbelastingsduurcurve vertaald naar de energiebehoefte van Everdingen waarbij het oppervlak onder de grafiek de totaal te leveren warmte aan het warmtenet is. Het te leveren piek vermogen volgens deze curve is **3.4MW**. Dit is in lijn met het vermogen voor het Genderdal project. De oranje lijn is de **50%** belasting waarboven de piekketel in werking treed. Voor Everdingen zal dit **606 uur** per jaar zijn waarbij er dan **1,7MW** maximaal wordt toegevoegd aan energie. De totale toegevoegde energie in deze 606 uur is 1.27TJ (6,5% van het jaarverbruik). Het restant van het

vermogen, dus ook **1,7MW** zal maximaal door de warmtepomp geleverd moeten worden. Deze waarde valt in hetzelfde bereik als de bepaling op basis van de equivalent vollasturen curve.



Figuur 21: Jaarduurbelastingscurve Everdingen.

Relatie individueel en collectief vermogen

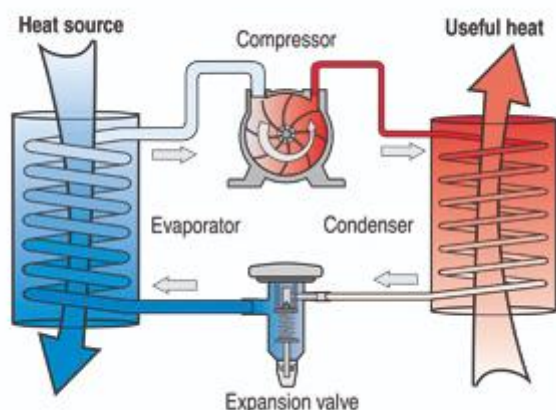
De som van de benodigde piekvermogens van de huishoudens is niet het totale benodigde vermogen, aangezien niet iedereen tegelijk thuis is of een douche neemt. Voor verwarming kunnen we uitgaan van een gelijktijdigheidsfactor van 80%, voor warm water een factor $\sqrt{n}$, waarbij n het aantal aansluitingen (onderzoek Heeg, InEnergie 2019).

Collectieve warmtepomp

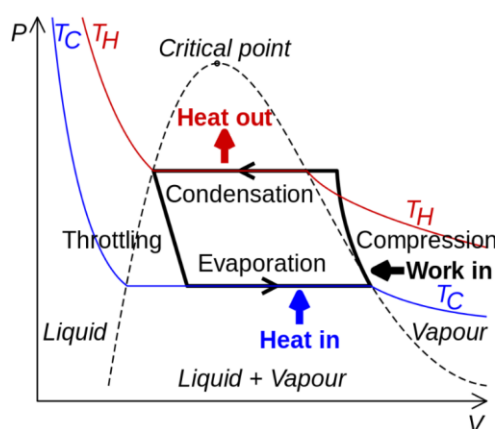
De warmtepomp zorgt ervoor dat warmte uit het bronsysteem of WKO met een maximale inlaat temperatuur van 25°C wordt opgewaardeerd naar een bruikbare temperatuur, bijvoorbeeld 70°C voor het warmtenet. Hieronder gaan we uit van een aanvoertemperatuur in het warmtenet van 70°C. De warmtepomp moet de basislast leveren aan het warmtenet.

Werking

Een warmtepomp werkt met een soortgelijk principe als een koelkast, zie Figuur 22 en 23. De warmte uit het bronsysteem (heatsource) wordt afgekoeld in een warmtewisselaar. Aan de andere zijde van de warmtewisselaar wordt met deze warmte een koudemiddel verdampt (evaporator). Het verdampte koudemiddel wordt vervolgens met een elektrisch aangedreven compressor (compressor) gecomprimeerd naar een hogere druk en tegelijkertijd een hogere temperatuur. De hete damp wordt vervolgens in een condensor (condensor) gecondenseerd en geeft zo zijn warmte af aan het warmtenet waar retourwater van ongeveer 40°C wordt opgewarmd naar de gewenste 70°C. Het gecondenseerde koudemiddel wordt ten slotte geëxpandeerd over een expansieklep waarbij de druk en temperatuur dalen naar de condensor druk en temperatuur.



Figuur 22: Werking van een warmtepomp.



Figuur 23: Druk en volume in het proces van een warmtepomp.

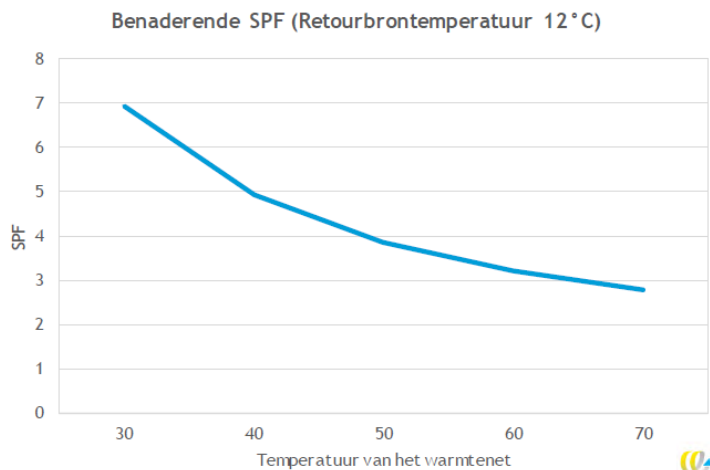
Dit proces van compressie, condensatie en verdamping kan ook twee keer gedaan worden om de gewenste temperatuur te halen. Dit noemt men dan een multistagewarmtepomp in plaats van een singlestagewarmtepomp. Het is ook mogelijk om het water bij de huizen nogmaals verder op te waarden door ter plaatse een extra booster te installeren.

Omzettingsefficiëntie collectieve warmtepomp

De Coëfficiënt of Performance (COP) geeft voor een warmtepomp aan hoe efficiënt deze warmte opwekt. De COP bepaalt namelijk de hoeveelheid elektriciteit die nodig is om warmte op te opwaarden naar hogere temperaturen. Bij een COP gelijk aan 3 komt één derde van de warmte uit elektriciteit. Bij een COP gelijk aan 5 komt nog maar 20% uit elektriciteit.

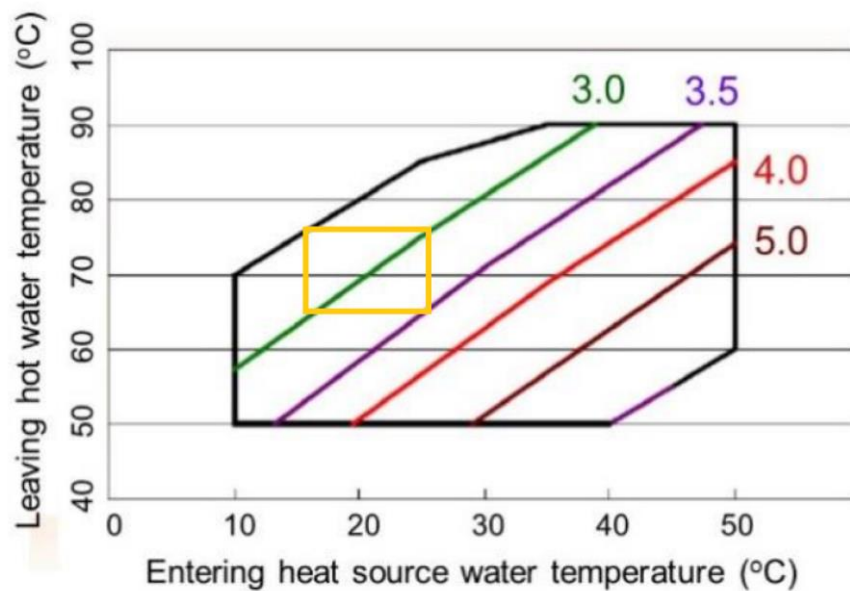
Hoe hoger de COP, des te efficiënter het systeem werkt en hoe minder elektriciteit er nodig is voor dezelfde hoeveelheid warmte. De COP hangt af van de temperaturen waartussen de warmtepomp opereert. Hoe groter het verschil tussen de temperatuur van het warmtenet en de temperatuur van de bron, des te lager de COP zal zijn.

Omdat de temperatuurniveaus door het jaar heen niet geheel constant zijn, varieert de COP gedurende het jaar. De Seasonal Performance Factor (SPF) geeft het gemiddelde van de COP door het jaar heen. De SPF is afhankelijk van de gewenste temperatuur in het warmtenet, zie Figuur 24.



Berekend als 50% van de theoretische efficiëntie met een condensor en evaporator Delta T van 2°C.

Figuur 24: De SPF is afhankelijk van de temperatuur van het warmtenet.

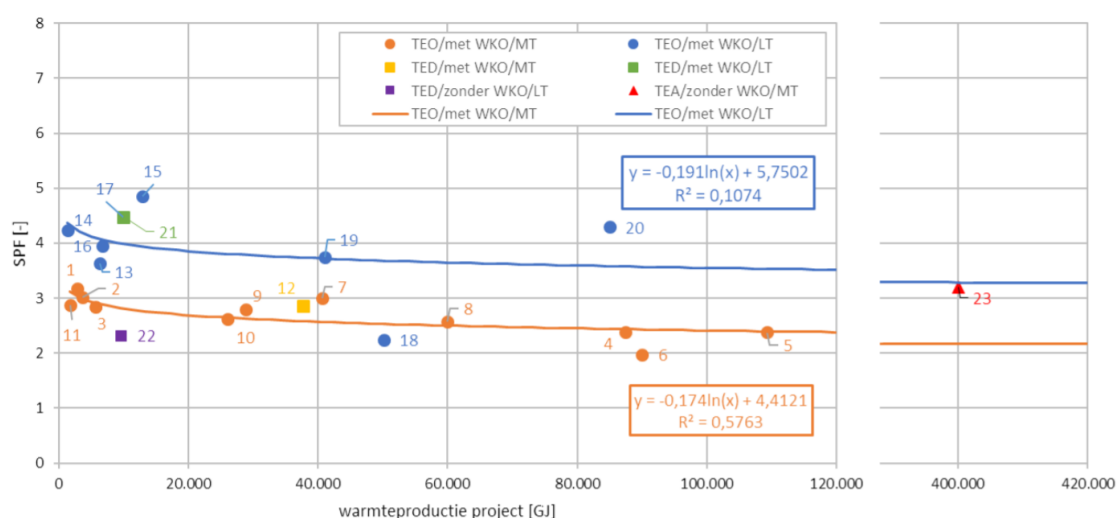


Figuur 25: COP waarden van een industriële water-water warmtepomp bij variërende inlaat en uitlaat temperaturen. Gele kader is verwachte bedrijfskader voor Everdingen.

SPF collectieve warmtepomp Everdingen

De SPF die in Everdingen gehaald kan worden is dus afhankelijk van zowel de temperatuur die uit de WKO gehaald kan worden, als van het temperatuurverschil waarmee het water in het warmtenet opgewaardeerd moet worden, zie Figuur 25. Op basis van vergelijkbare projecten, met aquathermie, WKO en 70°C warmtenet nemen we aan dat we een SPF van 3,1 voor de warmtepomp kunnen halen (o.b.v. Kaag en Braasem en Amersfoort Schothorst, IF Technology. Voor Heeg wordt een SPF van 3,5 berekend door InEnergie.)

Onderzoek naar de SPF (van totale warmteproductie, warmtepomp en piekvoorziening (gasketel)) van verschillende aquathermie-installaties bevestigt de inschatting van een SPF van 3,1, zie Figuur 26 (oranje lijn, TEO met WKO/MT) (IF Technology, 2019). Uitgaande van zo'n 17 TJ warmteproductie in Everdingen is dat een SPF van 2,7 voor de warmtepomp en piekkel. De piekkel heeft een maximale SPF van 1,0. Stel de piekkel is verantwoordelijk voor 20% van de warmte, dan zal de SPF van de warmtepomp 3,1 zijn.



Figuur 26: Relatie tussen SPF (warmtepomp en piekkel) en warmteproductie. De oranje lijn correspondeert met een vergelijkbare situatie als in Everdingen beoogd wordt. Bron: IF Technology 2019 kentallen onderzoek

Type warmtepomp Everdingen

We zullen een industriële warmtepomp nodig hebben, zie Figuur 27. Dit onderdeel moet nog verder uitgewerkt worden.

Opties:

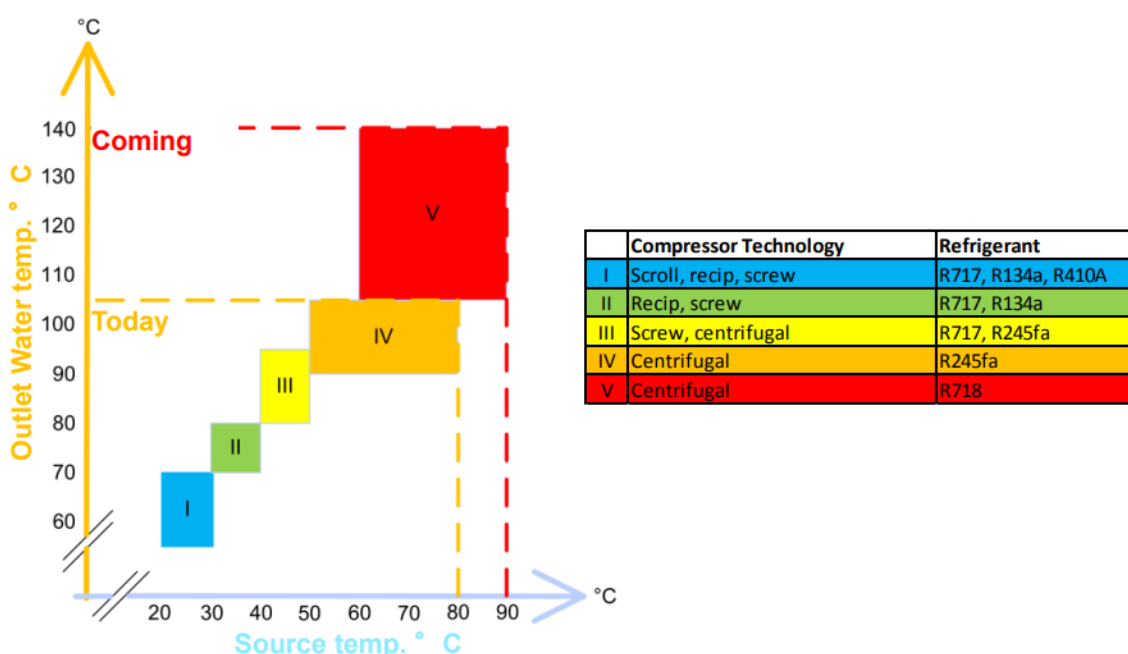
- Single stage warmtepomp
- Multistage warmtepomp
- Single stage warmtepomp met Booster (EcoPac)

De gekozen temperaturen en drukken van de warmtepomp worden in een volgende fase van het project gedefinieerd.

Het koude middel dat gebruikt dient te worden dient een zo laag mogelijk GWP (Global Warming Potential) te hebben en daarmee tot de BBT te behoren. De selectie van het koudemiddel zal in overleg met mogelijke leveranciers plaats vinden.



Figuur 27: Voorbeeld van een industriële warmtepomp.



Figuur 28:: Koudemiddel mogelijkheden afhankelijk van bron en uitlaat temperaturen.

Zoals in Figuur 28 is te zien is dat voor lage brontemperaturen een categorie I compressor mogelijk is. Dit zijn alle denkbare types en waarbij het koelmiddel R717, R134a of R410A kan zijn. De moderne lage GWP koudemiddelen staan hier nog niet in.

Piek/back-up voorziening

Leveringszekerheid

Volgens de Nederlandse warmtewet dient de zekerheid voor het ontvangen van warmte voor iedereen gewaarborgd te zijn. Daarom is een back-up ketel in het systeem aanwezig. Deze kan de volledige capaciteit leveren indien de warmtepomp in storting is of onderhoud nodig heeft. De back-up ketel kan bijvoorbeeld gestookt worden met ingekocht groen-gas, biomassa ketel of waterstof (in de toekomst). Het is ook mogelijk om een elektrische back-upketel te installeren.

Piekvoorziening

Voor de piekvoorziening kan dezelfde of een vergelijkbare ketel gebruikt worden als de back-upketel.

Buffervat voor dag/nacht opslag warmte

Een kleine opslag voor warmte op de temperatuur van het warmtenet heeft aangetoond dat hiermee pieken opgevangen kunnen worden zonder gebruik te maken van de piek/back-up voorziening. Tevens maakt deze back-up het mogelijk om gas te gebruiken in daluren wanneer de gasprijs het laagst is.

Warmte koude opslag

Een warmte koude opslag (WKO) is in een aquathermie systeem noodzakelijk zodat het overschot aan geoogste warmte in de zomer periode opgeslagen kan worden. In de winter kan het dan vervolgens weer gebruik worden. Eigenlijk spreken we dus alleen van warmte opslag. Bij het systeem is echter wel een koude bron noodzakelijk.

De achtergrondtemperatuur van grondwater ligt in Nederland globaal tussen 10 en 13°C. Een open WKO-systeem bestaat steeds uit één of meer warme en één of meer koude bronnen. Uit de koude bron wordt 's zomers 'koud' grondwater onttrokken voor koelingdoeleinden. Bij die koeling wordt het water opgewarmd en vervolgens in de warme bron geïnjecteerd. De temperatuur van het geïnjecteerd water verandert in de grond maar weinig door de isolatie van de omringende grond. Daarom kan het warme water in de warme bron 's winters worden opgepompt voor verwarmingsdoeleinden en (daardoor afgekoeld) weer in de koude bron worden geïnjecteerd. Het grondwater wordt dus heen en weer gepompt tussen de warme en koude bel rond de desbetreffende bronnen. Die belen komen pas na een aanloopperiode van enkele jaren goed tot stand.

Met een WKO slaan we de temperatuur van het warme Lek-water op – onze bronwarmte. We spreken dus niet over het opslaan van hoge temperatuur warmte. Dit is de warmte direct voor het warmtenet. Technologieën voor grootschalige hoge temperatuur opslag staan nog in de kinderschoenen en zijn economisch zeer uitdagend. Een WKO is echter een veel toegepaste techniek in Nederland.

Een aquifer en een waterput

Een WKO benut reeds aanwezig grondwater en de grote isolerende werking hiervan. Het wordt ook wel gebruik van bodemwarmte genoemd. Voor een WKO zijn er twee componenten noodzakelijk, te weten een aquifer en een waterput.

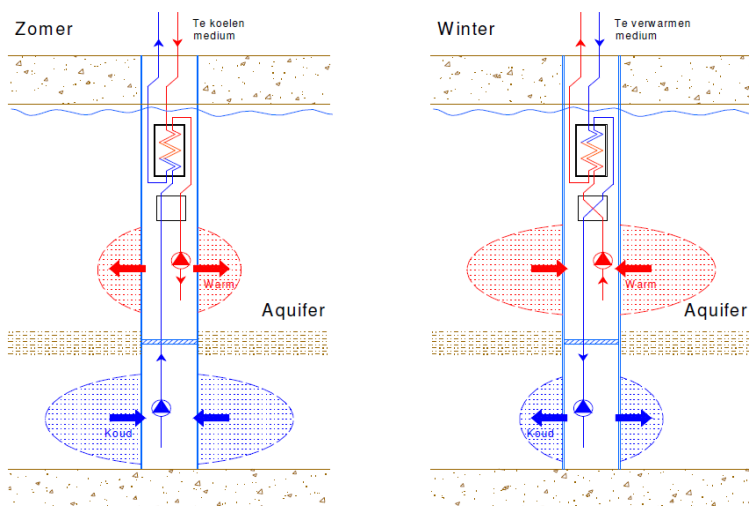
Aquifer

Een aquifer is een ook in Nederland gebruikte Engelse term voor een watervoerende bodemlaag van zand of poreus gesteente, doorgaans op 25 à 200 meter diepte, die als bron of opslagplaats van warmte of koude kan dienen. Met watervoerend wordt bedoeld dat de laag water kan bevatten en dat het water er (enigszins) door kan stromen. Een aquifer is geen ondergronds meer maar het water bevindt zich in het "gesteente" van deze aardlaag. Het water treedt door regen, rivieren, ondergrondse stromen e.d. de laag binnen totdat de aquifer verzadigd is van water (alle lucht is er uit).

Waterput

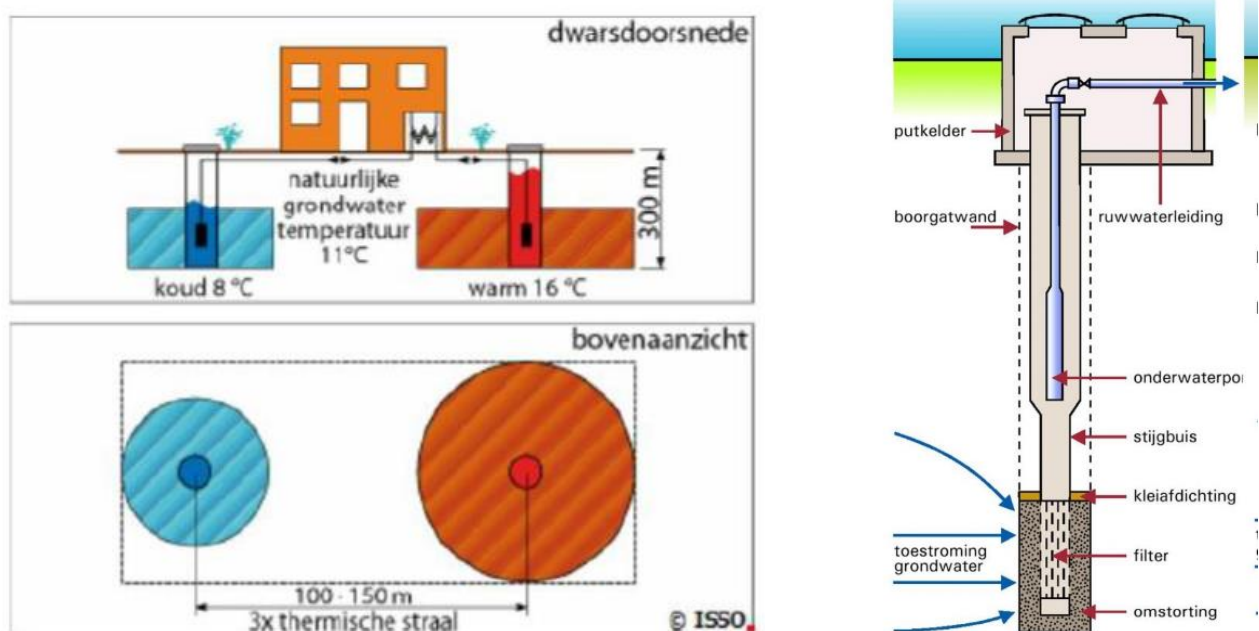
Er zijn twee type open bronnen: een doublet of een monobron, dit is met name afhankelijk is van de ondergrondse structuur.

Bij een monobron is het vereist dat er een waterafsluitende laag aanwezig is waardoor een warme en koude zone boven elkaar kunnen bestaan, zie Figuur 29.



Figuur 29: Afbeelding van een monobron met ondergrondse warmtewisselaar.

Daar deze in Nederland zeer zeldzaam zijn wordt uitgegaan van een doublet, waarbij er twee bronnen worden geboord. Een voor de koude bron en een voor de warme bron, zie Figuur 30 links.



Figuur 30: Links: een doublet open bronnen, bron ISSO publicatie 39 (ISSO, kennisinstituut voor bouw- en installatietechniek, 2017, p. 56), rechts: tekening van een bron.

Het bovengronds gedeelte van een bron bestaat voornamelijk uit een putkelder, zie Figuur 30 rechts. Verder bestaat de bron uit een filterpakket waardoor het water uit de grond de put in kan stromen, een stijgbuis waar het water door naar boven stroomt en pomp bovenin de put die het water naar de warmtewisselaar en vervolgens naar de andere put. In de andere put staat de pomp uit en stroomt het water onder druk door de stijgbuis naar het filterpakket de grond in.

Broncapaciteit

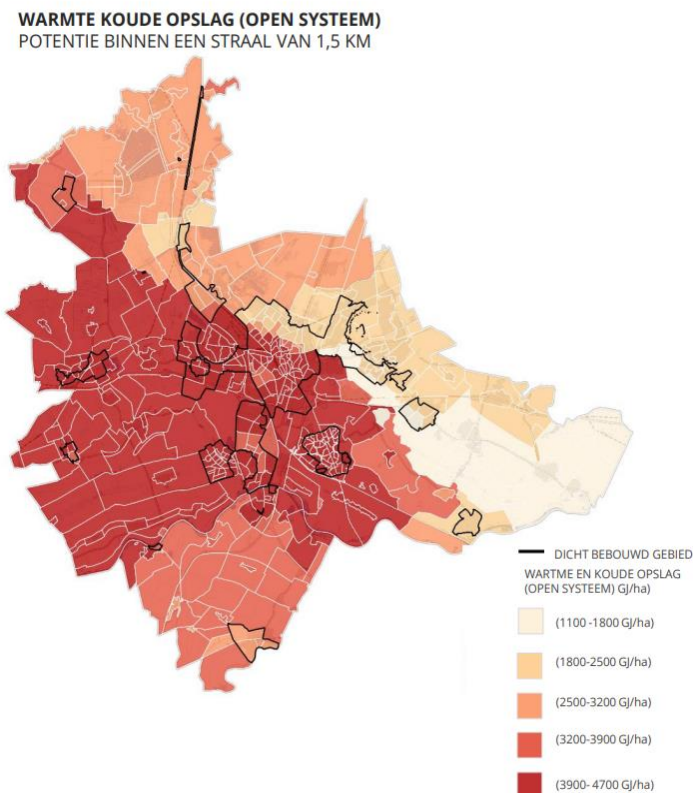
De benodigde capaciteit van de bron wordt met name bepaald door de hoeveelheid water die in de put geïnjecteerd dient te worden en dus niet door de hoeveelheid water die er uit stroomt. De

capaciteit van een put wordt door de diameter gedefinieerd. Waarbij een grotere diameter een grotere capaciteit heeft.

Bodemgeschiktheid bij Everdingen

Opslagpotentie rondom Everdingen

In de provincie Utrecht is de opslagpotentie onderzocht, zie Figuur 31.



Figuur 31: Opslagpotentie warmte koude opslag provincie Utrecht (Bron Energietransitie RES-Regio U16, Een verkenning van energieverbruik en potenties, december 2018)

Rond Everdingen is de potentie voor warmte/koude opslag tussen 3900 en 4700 GJ/ha/jr. De energietransitieviewer geeft een meer eenduidigere waarde aan van **4000 GJ/ha/jr**.

Het oppervlak waar warmte in ondergronds water is opgeslagen benodigd voor de opslag van de totale warmteproductie voor de kern is dus zo'n **3,30ha**. Hierin is gecorrigeerd voor 10% WKO warmteverlies (Bereik max 30%) en een warmtefractie van 20% welke direct uit de Lek naar de warmtepomp wordt getransporteerd in de warme maanden. Tegelijkertijd kan het voor de betrouwbaarheid van het systeem nodig zijn om op jaarbasis een klein overschot aan warmte op te slaan.

Beleidsvoorwaarden bodemopslag

Er worden vanuit de provincie voorwaarden gesteld aan bodemopslag. De provincie is hier ook vergunningverlener voor. Als eerste is het uitgangspunt bij bodemopslag een energiebalans in de bodem (gesprek provincie & RUD dec 2020). Dat betekent een gelijke energievraag aan de bodem. Het is mogelijk om een koude-overschot op te bouwen, voor een warmteoverschot wordt alleen in uitzonderlijke gevallen van dit beleid afgeweken.

In Everdingen kunnen we een energiebalans waarborgen door 's zomers de bron met warmte uit de Lek te voeden – ook wel regenereren van de bron genoemd - en 's winters deze warmte te onttrekken.

Door onbalans kan thermische kortsluiting ontstaan wat de werking en rendement van de WKO sterk verminderd. Daar dit ook invloed kan hebben op de bodemgesteldheid dient de energieonbalans tijdens bedrijf iedere 3 jaar geëvalueerd te worden.

Ten tweede gelden er rondom Everdingen regels vanwege de strategische grondwatervoorraad, zie Figuur 32.



Figuur 32: Strategische grondwatervoorraad (blauw) rondom Everdingen, uit de provinciale webkaart.

Dit betekent dat in het 'witte gedeelte', de kern van Everdingen, boringen gedaan mogen worden in het eerste, tweede en derde watervoerende pakket. Echter, in het 'blauwe gebied' alleen maar in het eerste watervoerende pakket (gesprek provincie en RUD, december 2020).

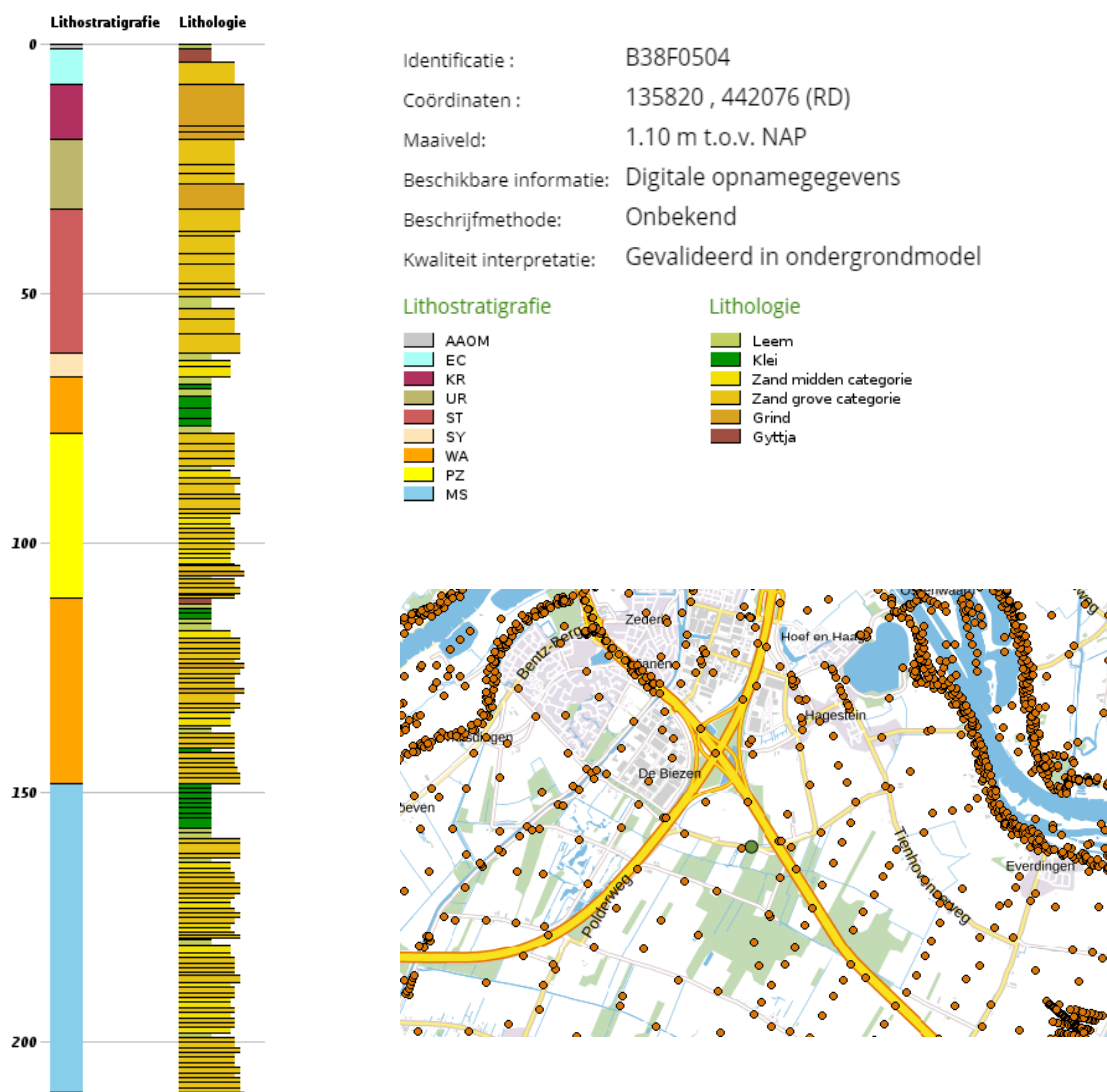
Als laatste moet bij een vergunningaanvraag een effectenstudie meegeleverd worden waarin de details staan zoals debieten, archeologie, effect op natuur, en thermische invloed.

Watervoerende pakketten bij Everdingen

De watervoerende pakketten bij Everdingen liggen waarschijnlijk tussen de 20-60m (eerste watervoerende pakket), 80-150m (tweede watervoerende pakket) en 170-(>)200 (derde watervoerende pakket), op basis van een boring tot 200 meter in de buurt, zie Figuur 5 (boring B38F04F05, DINOloket). De pakketten worden van elkaar afgescheiden door een laag klei (groen in de figuur). In de tweede watervoerende laag zit rond de 120m ook wat klei, dit is geen probleem voor eventuele bodemopslag.

Het eerste watervoerende pakket lijkt in een oogopslag prima geschikt om meerdere open bronnen in aan te brengen. Het is een goed doorlatend zandpakket met een dikte van ca. 50 m, zie Figuur 33. In deze laag heb je lokaal invloed op de grondwaterstand, 's zomers tot enkele meters hoger in de warme bron en 's winters hoger in de koude bron.

Wanneer gekozen wordt voor boringen aan de rand van de kern naar het tweede of derde watervoerende pakket heeft het de voorkeur om de koude bronnen te laten grenzen aan het beschermingsgebied (notitie provincie en RUD, dec 2020).

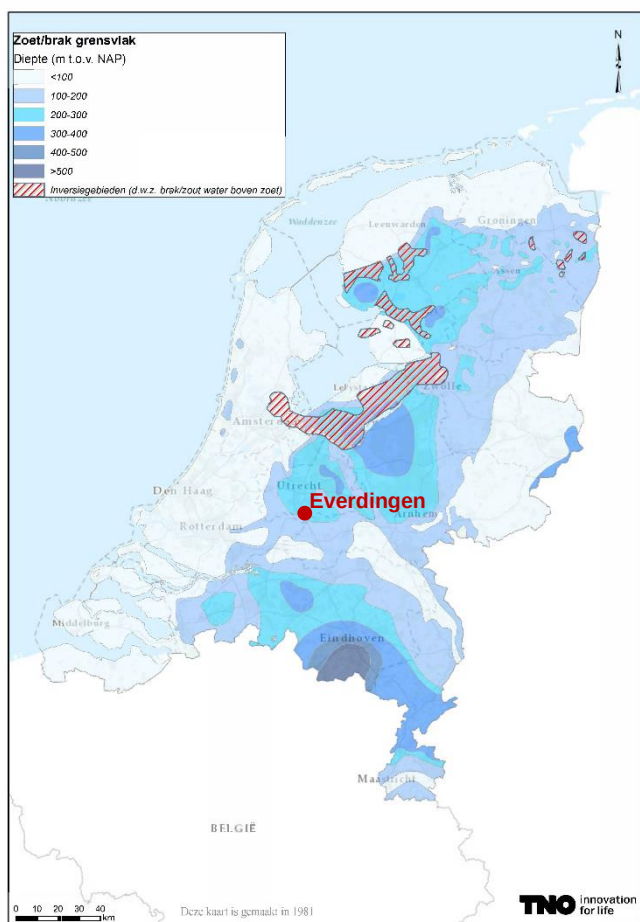


Figuur 33: Links boormonsterprofiel, rechtsboven gegevens van de boring en legenda boormonsterprofiel, rechtsonder boorlocaties rondom Everdingen. Het groene stipje is deze diepe boring (anderen gaan niet diep genoeg). Bron: www.dinoloket.nl

Gesteldheid van de grond

Belangrijk bij een ondergronds warmte opslag systeem is de gesteldheid van de grond. Over Everdingen valt het volgende te zeggen:

- De horizontale permeabiliteit (kh) is 10-100m/dag is wat ruim voldoende is voor een opslag systeem. De verticale snelheid (kv) dient echter laag te zijn, deze is maximaal 0.05m/dag, zie Figuur 33.
- Een van de te toetsen risico's zijn ondergrondse waterstromen die het warmte water kunnen wegspoelen. Dit is in de omgeving Everdingen niet te verwachten maar dient wel te worden getoetst.
- Ten aanzien van de hydrologie valt af te leiden dat het tweede watervoerende pakket tot **150m** diepte realiseerbaar is. Er dient hierbij te alle tijde voorkomen te worden dat het zoet/brak water grensvlak niet wordt gebruikt, zie Figuur 34. Volgens deze kaart is dit grensvlak rond Everdingen tussen de 200 en 300m diep.



Figuur 34: Het zoet/brak grensvlak ligt in Everdingen waarschijnlijk rond de 200 meter diep. Een eventuele WKO moet daarboven komen.

Bron: https://www.grondwatertools.nl/sites/default/files/zoet_brak.pdf

Bodemtemperatuur

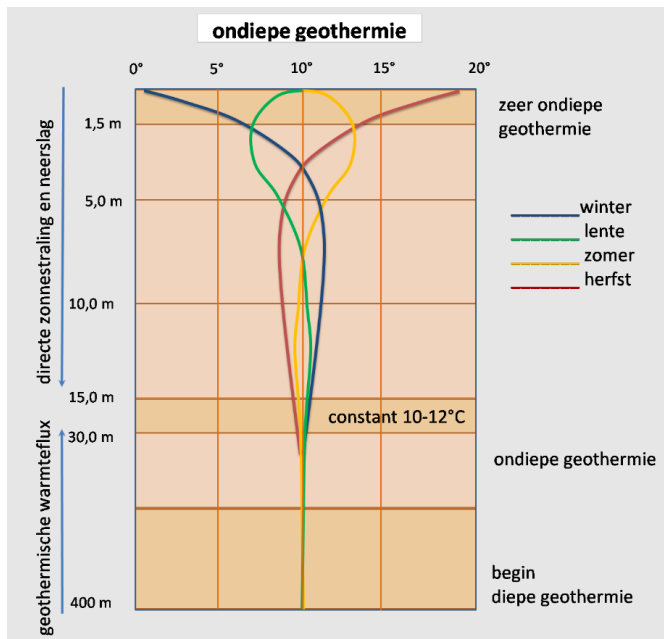
De natuurlijke temperatuur van de aquifer varieert tussen de 10 en 12°C, zie Figuur 35. Al vanaf 15m diep is er geen invloed meer van de seizoenen op de temperatuur. Ook de geothermische warmteflux is zeer laag.

Wat betreft de maximale injectietemperatuur is wettelijk 25°C vastgelegd (website RVO⁶, 2020). De ideale temperatuur voor een WKO is 18-20°C voor de warme bron en 6-8°C voor de koude bron. Doordat de natuurlijke bodemtemperatuur hier middenin ligt kan deze warmte worden gebruikt tijdens het eerste jaar om de temperaturen van de warme en koude bron in te stellen.

Daar het aantal dagen dat de Lek boven de 25°C komt zeer gering is kan zo goed als alle warmte uit de lek opgeslagen worden. De berekende gemiddelde infiltratie temperatuur ($dT_{In}=1^{\circ}C$) is berekend op **18.7°C** voor 2019. Deze gemiddelde temperatuur past zeer goed in het gewenste bereik zoals hierboven is aangegeven.

Doordat de temperatuur van de warme en koude bron warmer is dan de natuurlijke temperatuur van 10-12°C zal een natuurlijke afkoeling optreden. Dit zijn warmte verliezen in de WKO welke extra opgeslagen dienen te worden.

⁶ <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/duurzame-energie-opwekken/nationaal-expertisecentrum-warmte/bodemenergie-en-aardwarmte-geothermie/bodemenergie>



Figuur 35: Bodemtemperatuur afhankelijk van de diepte, bron: <https://www.smartgeotherm.be/wp-content/uploads/2012/10/temperatuurverloop-ondergrond.png>

Bronefficiëntie en verliezen

Tijdens de opslag van thermische energie zal warmtetransport met de omgeving optreden. De efficiëntie van een bron wordt gegeven door het verschil in opgeslagen en onttrekbare thermische energie. Het thermisch verlies van de bron is afhankelijk van de volgende factoren:

- Diffusie van warmte door het water;
- Achtergrondstroming;
- “eigen interferentie” (de warme bron pompt de koude bel op);
- Diffusie van warmte door het zand

Een WKO onder ideale condities heeft een verlies van rond de 2%. Bij grotere WKO system (thermische straal groter dan 40m)

Uitgangspunt voor een goed werkend WKO systeem met een energieverlies van **25%**, welke bij minder efficiënte systemen, door boven genoemde verliezen, op kunnen lopen naar 30% (Bron: Effecten van wko op de grondwaterkwaliteit, Deltares, 2010 , A-10).

De SIBK geeft in haar Protocollen (Bron: Ontwerp, realisatie en beheer van het ondergrondse deel van bodemenergiesystemen – SIBK Protocol 11001) aan dat er minimaal thermisch rendement van 60% moet worden gestreefd.

Door de verliezen en benutting van de warme bron daalt de temperatuur van de bron aan het einde van het seizoen tot nabij 12°C (achtergrondtemperatuur) voor verwarming via een warmtepomp. Bij deze temperatuur wordt dan ook de keuze gemaakt om over te schakelen naar het bron systeem als deze warmer water kan leveren dan de WKO. Met dien verstande dat ook de thermische balans in acht gehouden moet worden.

Afmetingen/locatie van bodemopslag bij Everdingen

Voor de afmeting van de bronnen zijn er twee mogelijkheden:

1. Bronnen buiten de kern van maximaal 40m (1^e watervoerend pakket)
2. Bronnen binnen de kern van maximaal 180m (1^e, 2^e en 3^e watervoerend pakket). Waarbij de zoet/braklaag van 200m als voorlopige grens wordt genomen.

De thermisch straal voor een enkel doublet is gedefinieerd als volgt (Bron: Open WKO-systemen C: Hydraulisch gedrag en optimale configuraties, STROMINGEN 19 (2013), NUMMER 3&4).

$$r_{th}^2 = \frac{0,475 \cdot W}{0,322\pi \cdot D}$$

Waarbij:

- 0.322 De porositeit van de bodem
- 0.475 De verhouding tussen de soortelijke warmte van het water in de poriën en die van het volledige aquifermateriaal (beide per m³ aquifer)
- W De hoeveelheid geïnjecteerd water per doublet per seizoen [m³]
- D De dikte van de aquifer [m]

De totale hoeveelheid geïnjecteerd water is ongeveer 630000 m³ per seizoen.
De thermische straal dan 40m resp. 35m voor optie 1 en optie 2 wanneer we voor optie 1, 1 doublet kiezen en voor optie 2 6 doubletten. Deze hebben dan een minimale bronafstand van 81m resp. 70m.

Deze berekeningen dienen uiteraard in een detailleringsfase te worden getoetst.

Volgens de berekeningsmethode bodemopslagcapaciteit is onderstaande formule gebruikt om de thermische straal en het aantal bronnen te bepalen ⁷:

Voor het berekenen van de energiehoeveelheid (Qt, in GJ) is de volgende formule gebruikt:

$$Q_t = \rho \cdot c_p \cdot d \cdot A_b \cdot \Delta T_{gem} \cdot \theta \cdot 0.56$$

waarbij:

d	= totale dikte van de geschikte bodemlagen	[m]
A _b	= Beschikbare bruto oppervlak per bron	= 5.000 [m ² /ha]
c _p	= warmtecapaciteit van water	= 4.2 [kJ/kg °C]
ΔT _{gem}	= gemiddelde temperatuurverschil	= 6 [°C]
θ	= porositeit	= 0.3 [-]

Hierboven wordt uitgegaan van een maximale filterlengte van 80% van de pakketdikte en een maximaal benutbaar oppervlakte van 70%, waarmee de factor 0.56 verklaard is. Hiermee komt de hoeveelheid winbare energie per m³ grond uit op 21 GJ/ha per meter filterlengte, oftewel 0,0021 GJ/jaar per m³ zand.

Vervolg vragen

Om de exacte geschiktheid en validatie van bovenstaande gegevens te bepalen voor een WKO is verder onderzoek en eventueel proefboringen gewenst.

Hierin moet ook de afstand tot de energiecentrale/ tot de Lek-water bron meegenomen worden, respectievelijk de beperkingen die in het buitengebied van Everdingen gelden.

Er wordt nog altijd veel onderzoek gedaan naar de effecten van een WKO op de grondwater kwaliteit waarbij de maatgevende parameters, de temperatuur, verzilting, stijghoogte effecten en freatische grondwaterstandseffecten zijn.

⁷ Nationaal

potentieel van aquathermie, CE delft, Deltrares September 2018

Warmtenet

Een van de grootste onderdelen in het nieuwe duurzame warmte systeem is het warmtenet, zie buizen in Figuur 37. Warmtenetten bestaan in Nederland al in grote aantallen, onder de naam stadsverwarming, waarbij de oudste in Houten ligt en het (nog) enige in lokaal beheer in Culemborg (Eva-Lanxmeer).



Figuur 37: Foto van warmtenet-buizen

Temperatuur

Er zijn vier typen warmtenetten te onderscheiden op basis van de aanvoertemperatuur, zie Tabel 7 ⁸.

⁸ Bron <https://www.topsectorenergie.nl/tki-urban-energy/kennisdossiers/warmtenetten>)

Tabel 7: Type warmtenetten, aanvoertemperatuur, kenmerken en geschikte warmtebronnen. Bron: <https://www.topsectorenergie.nl/tki-urban-energy/kennisdossiers/warmtenetten>

Type warmtenet	Aanvoertemperatuur	Kenmerken	Geschikte warmtebronnen
Hogetemperatuur warmtenet (HT-net)	>75°C	Directe levering van hogetemperatuur warmte voor zowel ruimteverwarming als warm tapwater.	Geothermie, biomassaketels en restwarmte (van industrie, afvalverbranding en energiecentrales)
Middentemperatuur warmtenet (MT-net)	55-75°C	Directe levering van middentemperatuur warmte voor zowel ruimteverwarming als warm tapwater.	Geothermie, biomassaketels, restwarmte (van industrie, afvalverbranding en energiecentrales), zonthermie en warmtepomp (i.c.m. met (Z)LT bron).
Lagetemperatuur-warmtenet (LT-net)	30-55°C	Directe levering van lagetemperatuur warmte voor ruimteverwarming. Redelijke isolatie en LT afgiftesysteem nodig; warm tapwater door middel van een boosterwarmtepomp.	Ondiepe geothermie, LT restwarmte (bijvoorbeeld uit koelprocessen), zonthermie en warmtepomp (i.c.m. met ZLT bron).
Zeer lagetemperatuur warmte (ZLT) of bronnet	10-30°C	Geen directe warmtelevering; zeer lagetemperatuur warmte ten behoeve van een combiwarmtepomp die zowel warmte voor ruimteverwarming als voor warm tapwater maakt. Redelijke isolatie en LT afgiftesysteem nodig.	Aquathermie (uit riool- en oppervlaktewater), ZLT restwarmte en zonthermie.

De meeste warmte netten in Nederland worden gevoed met warmte van gasketels of industriële restwarmte en zijn hoge temperatuur warmtenetten (HT-netten).

Aquathermie is een zeer lage temperatuur bron (10-30°C) en kan in combinatie met een warmtepomp de aanvoertemperatuur van maximaal 70 graden bereiken. In dit document zijn we uitgegaan van de maximaal te behalen aanvoertemperatuur van 70 graden. Met deze temperatuur kunnen de meeste woningen goed verwarmd worden zonder aanpassingen (zie hoofdstuk “algemene stappen duurzame warmte”).

Verliezen in een warmtenet

Daar de grondtemperatuur gemiddeld zo'n 10°C is, treden er warmte verliezen op door het temperatuurverschil tussen het warme water in het warmtenet en de bodem. Door voldoende isolatie aan te brengen kunnen deze verliezen geminimaliseerd worden. hiervoor is echter wel een praktisch en economisch optimum te bepalen. Ook door de aanvoertemperatuur te verlagen treden er minder verliezen op in het warmtenet. Het warmtenet zorgt uiteraard ook voor minder verliezen.

Een andere belangrijke factor is het temperatuur verschil tussen de aanvoer en retourtemperatuur. Bij een zo hoog mogelijk temperatuurverschil is de retour temperatuur het laagst, waardoor de retour minder warmte verliest alsmede dat er minder water nodig is waardoor de leidingen dunner kunnen worden gekozen. Een dunnere leiding met hetzelfde vermogen heeft een lager energie verlies.

Open source net

Om het net geschikt te maken voor de toekomst wordt een zogenaamd ‘open source’ net principe toegepast. Dit houdt in dat externe warmte leveranciers op het warmtenet aangesloten kunnen worden zodoende het systeem geschikt te maken voor een veranderende toekomst.

Aan externe warmte leveranciers kan gedacht worden zoals een boer die zijn biogas verbrand en daarmee warm water levert aan het net. Ook Plexwood met resthout uit de fabriek is een optie. Of

huishoudens die met thermische zonnecollectoren kunnen terugleveren. Uiteraard zijn goede afspraken nodig om betrouwbaarheid en betaalbaarheid te waarborgen.

Warmtenet in Everdingen

Ter illustratie hebben we een schets gemaakt van de inpassing van een warmtenet in de kern van Everdingen, zie Figuur 38. Naast deze leidingen komen er leidingen naar elke woning om deze aan te sluiten. Belangrijk bij het ontwikkelen van een warmtenet is de locatie van de energiecentrale en WKO putten. Van deze configuratie is de lengte van het totale warmtenet 2386m, zie Tabel 8. De huisaansluitingen schatten we op 3600m.



Figuur 38: schets van een warmtenet in de kern van Everdingen

Tabel 8: afstanden van het hoofd warmtenet in de straten van Everdingen

1	Graaf Huibertlaan	462 m
2	Graaf Florisstraat	357 m
3	Prinsbernhardstraat	342 m
4	Prins Johan Frisostraat	97 m
5	Prins Constantijstraat	93 m
6	Jan Van Arkelstraat	154 m
7	Bingse Boogaard	327 m
8	Kweldam	387 m
9	Lekdijk	167 m
	Totaal	2386 m

Om de lengte (en de kosten) van het warmtenet te beperken kan de locatie van de leidingen zorgvuldig overwogen worden. De leidingen kunnen in de straat, onder de stoep of zelfs onder de voortuinen aangelegd worden. Met nieuwe technieken kan dit door boringen, in plaats van graafwerkzaamheden.

Een warmtenet gaat zo'n 40 jaar mee (HT-warmtenet factsheet CE Delft).

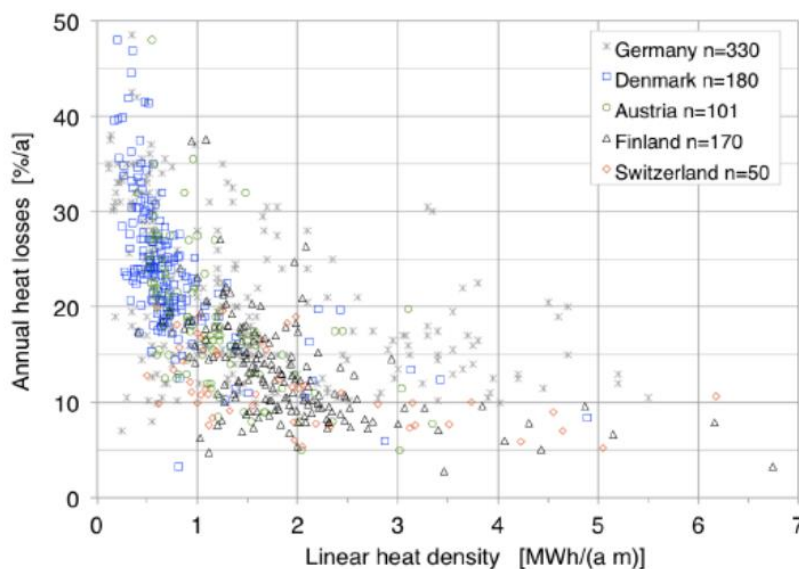
Verliezen in Everdingen

Een eerste inschatting op basis van 2400m net (hoofdnet) en een warmtevraag van 17.2TJ/jr levert een verlies van 12%, zie Figuur 39.

We gebruiken de formule,

$$\text{Linear heat density} = \frac{Q_{\text{supply}}}{L_{\text{net}}},$$

Waarbij de lineaire warmtedichtheid in J/m, warmtelevering Q in J en L_{net} de lengte van het warmtenet in m.



1.1.1

$$\text{Annual heat distribution losses in [\%a]} = 17 \cdot (\text{linear heat density})^{-0.5}$$

Figuur 39: Jaarlijkse verliezen in warmtenetten in verschillende Europese landen op basis van de warmtedichtheid. Bron

In vergelijkbare projecten wordt een verlies van (9 procent in Heeg, Inenergie, managementrapportage Haalbaarheid Energie uit Oppervlaktewater Heeg, 2019) 10 procent aangehouden. In dit plan houden wij rekening met 12 procent verlies. Door de relatief lage woningdichtheid kan dit in werkelijkheid hoger liggen. Verder onderzoek is hiernaar nodig.

Alternatieve mogelijkheden 70 graden warmtenet

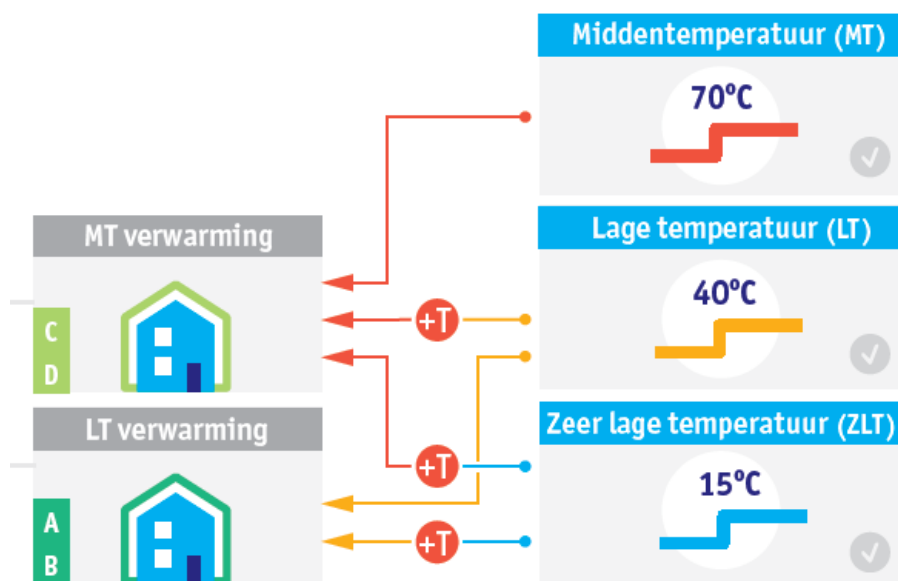
Het verlagen van de aanvoertemperatuur van het warmtenet heeft twee grote voordelen:

- Verhoogde energie-efficiëntie (SPF) van de (collectieve) warmtepomp
- Minder verliezen in het warmtenet

Daar staat tegenover dat met een lagere aanvoertemperatuur sommige tot vele huizen aanpassingen nodig hebben om op de koudste dagen goed warm te worden. Er zijn een aantal mogelijkheden te bedenken rondom deze overweging, zie ook Figuur 40.

- De temperatuur van het warmtenet variëren op basis van de buitentemperatuur (en evt. windsnelheid). Alleen op de koudste dagen zal er dan 70 graden aangevoerd worden, op mildere dagen tot minimaal 45-50 graden – zodat huidige afgiftesystemen nog geschikt zijn. Voor tapwater kan er dan een boosterwarmtepomp in elke woning geplaatst worden om de benodigde 60 graden te halen. Het warmtenet van Thermobello in Culemborg varieert tussen de 20-50 graden door het jaar heen.
- De temperatuur van het warmtenet jaarlijks verlagen. Bijvoorbeeld naar 50 graden over 5 jaar, 40 graden over 10 jaar. Zo kunnen inwoners direct meedoen aan het warmtenet en krijgen ze rustig de kans om maatregelen te treffen die hun woning geschikt maakt voor verwarming op lagere temperatuur. Tegelijkertijd worden collectieve kosten langzaam lager door verhoogde SPF en verminderde verliezen. Het moet uitgezocht worden of de buizen van het warmtenet geschikt zijn voor het aanpassen van de temperatuur.
- Kiezen voor een lage-temperatuur warmtenet (30-55 graden) en daarbij een uitleenconcept voor extra individuele warmtepompen ontwikkelen voor woningen die (nog) niet geschikt zijn voor deze verwarming. Inwoners lenen de warmtepomp, die het water van 30-55 graden opwaardeert naar de benodigde temperatuur, en kunnen deze terug geven zodra de woning geschikt is gemaakt voor lage-temperatuurverwarming (afgiftesysteem en isolatie). Misschien is het opwaarderen van de temperatuur ook wel mogelijk met bestaande CV-installaties?

Nader onderzoek naar de wensen van inwoners en de mogelijkheden op technisch-economisch gebied is benodigd om deze opties goed te kunnen afwegen.



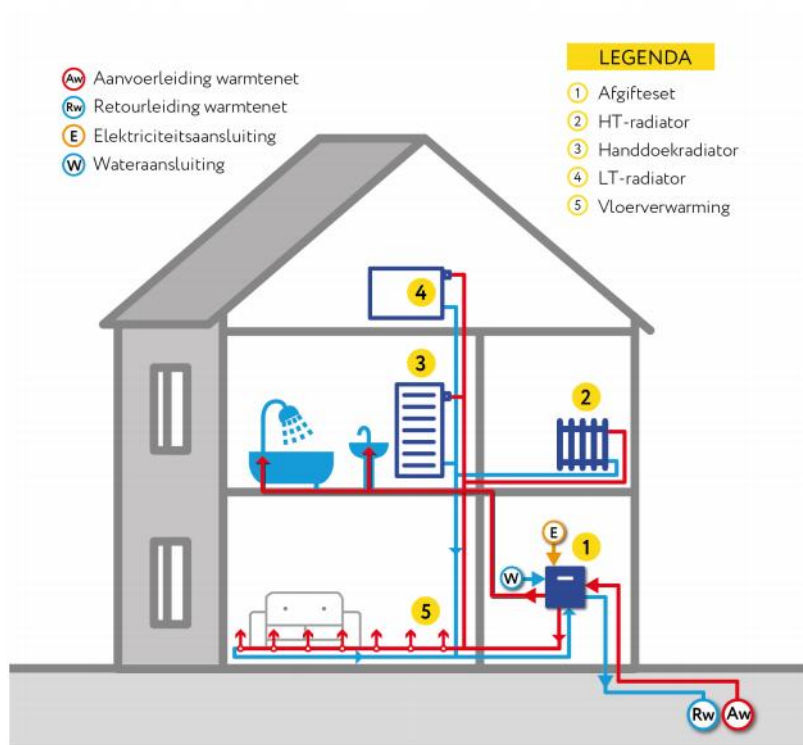
Figuur 40: Mogelijkheden voor de combinatie van MT, LT en ZLT aanvoer en MT en LT verwarming.

Warmtelevering

Na transport van warmte door het warmtenet kan de warmte in woningen afgeleverd worden. Dit moet op de juiste plek, namelijk bij de bestaande leidingen van een woning – op de plek van de huidige CV-ketel. De afgifteset die geplaatst wordt meet de hoeveelheid warmte die afgenomen wordt.

Aansluiten op leidingen in huis

Uiteraard moet de warmte aangesloten worden op de warmwaterleidingen in huis, zie Figuur 41. In deze woning is een afgifteset geplaatst in de meterkast. Bestaande leidingen moeten daarvoor vaak in pandig aangepast worden. Bij de meeste woningen loopt het leidingwerk namelijk vanaf de CV-ketel op zolder.



Figuur 41: Warmwaterleidingen in huis en aansluiting op het warmtenet.. Bron: HT-warmtenet factsheet CE Delft

Het is ook mogelijk om de afleverset te plaatsen op de oude plek van de CV-ketel. Dan moeten er leidingen naar zolder aangelegd worden, in pandig of aan de buitenzijde van het pand. Het nadeel hiervan kunnen grotere energieverliezen zijn.

Afleveren warm tapwater

Met betrekking tot warm tapwater zitten er een aantal eisen aan de afleveringstemperatuur, vanwege het voorkomen van de vorming van legionellabacteriën die ziekte kunnen veroorzaken.

De wettelijke eisen zijn:

- De temperatuur aan de tappunten in een woninginstallatie zonder circulatie moet ten minste **55 °C** kunnen bereiken.

- De temperatuur aan de tappunten in een woninginstallatie met circulatie en in een collectief warm water leidingnet moet ten minste **60 °C** kunnen bereiken.
- Bij warmtapwatervoorzieningen en warmtapwaterinstallaties met circulatie moet de temperatuur van het water in de retourleiding(en) ten minste **60 °C** kunnen bereiken.

Afgifteset

Een afgifteset heeft een afmeting van circa 0,6m x 0,2 m x 0,4 m (Factsheet HT warmtenet CEDelft), zie Figuur 42.



Figuur 42: Afleverset geplaatst in de meterkast (links) en open (rechts).

Er zijn twee redenen dat er een afgifteset geplaatst wordt in een woning (DHCHolland, 2014):

1. Het verschil tussen de specificaties van het distributienet en de specificaties van de binneninstallatie van een pand (druk en/of temperatuurregeling)
2. Het verwarmen van het leidingwater ten behoeve van de warme kraan (warm tapwater). Dit gebeurt d.m.v. een warmtewisselaar om een fysieke scheiding tussen distributiewater en drinkwater voor warm water te houden.

Daarnaast hebben veel afleversets een warmtemeter om de kosten voor de afgenomen warmte in rekening te kunnen brengen.

Onderdelen van een afgifteset

Hieronder is een gedetailleerde omschrijving gegeven van de onderdelen van een afgifteset, uit "Overzicht afleversets voor warmtelevering" van DCHHolland, 2014, zie ook Figuur 43.



Figuur 43: Voorbeeld van een afleverset (HSF)

1. Retour warmtedistributienet:

Aansluiting voor het (distributie)water dat retour stroomt naar de warmtebron (centrale of warmteoverdrachtstation). Dit water heeft energie afgestaan aan de cv-installatie of de warmtewisselaar voor warm tapwater en is daarom afgekoeld t.o.v. de aanvoer. Zoals later zal worden uitgelegd is voldoende uitkoeling (dus een lage temperatuur van het retour water) van belang voor de efficiëntie van het warmtedistributiesysteem.

2. Aanvoer warmtedistributienet:

Aansluiting voor het hete (distributie)water en de energiebron voor de warmtebehoefte voor ruimteverwarming en warm tapwater.

3. Filter:

Een filter vlak na de aanvoer warmtedistributienet om te voorkomen dat vervuiling uit het distributienet in de afleverset en binneninstallatie komt. Voor zover bekend worden geen filters in de retour toegepast waardoor er wel vervuiling van de binneninstallatie in het warmtedistributienet kan komen. Er is een geval bekend waarbij onderzoek van TNO heeft uitgewezen dat dit tot galvanische corrosie heeft geleid in ondergrondse distributieleidingen.

4. Aansluitleiding koud leidingwater:

Dit leidingwater zal worden gebruikt voor de warm water tappunten (zie item 5).

5. Aansluitleiding warm tapwater:

Dit is het leidingwater dat via de aansluitleiding koud leidingwater (item 4) in de warmtewisselaar is opgewarmd ten behoeve van de tappunten waar heet water is gewenst, zoals douches, wasbakken etc.

6. Aanvoer naar cv-installatie:

Aansluitpunt voor de aanvoerleiding richting de cv-installatie. Bij dit type afleverset wordt het distributiewater rechtsreeks doorgezet naar de cv-installatie voor ruimteverwarming (radiatoren, convectoren, vloerverwarming etc.). Sommige afleversets zijn voorzien van een (extra) warmtewisselaar om een fysieke scheiding aan te brengen tussen het distributiewater en het water van de cv-installatie. Er is dan wel een extra pomp en expansievat nodig in de binneninstallatie ten behoeve van de circulatie van het water en een goede regeling om voor voldoende uitkoeling te zorgen.

7. Retour van cv-installatie:

Aansluitpunt voor de leiding waardoor het water terug komt van de cv-installatie.

8. Drukverschilregelklep:

Dit component zorgt voor een drukverschil tussen de aanvoer (item 6) en retour (item 7) van de cv-installatie waardoor er water kan circuleren. Dit heeft dezelfde functionaliteit als een

pomp. Het type drukverschilklep bepaalt de hoogte van het drukverschil dat beschikbaar is voor de cv-installatie. Bij het ontwerp én het installeren van de cv-installatie moet hier rekening mee worden gehouden. Pompen van gasgestookte cv-ketels hebben vaak een overcapaciteit waardoor een extra hydraulische weerstand in de cv-installatie niet tot prestatieproblemen leidt maar bij warmtedistributie wel. Dit is een aandachtspunt voor installatiebedrijven.

9. Regelklep warm tapwater (elektronisch):

Dit component heeft twee functies:

a. Capaciteitsregeling:

De warmtewisselaar verwarmt het drinkwater ten behoeve van warm tapwater. Dat betekent dat na het openen van een warm tappunt (bijv. douche) er water gaat stromen door de drinkwaterzijde van de warmtewisselaar (10). Aan de andere zijde van de warmtewisselaar moet er voldoende distributiewater stromen om het warm tapwater op de juiste temperatuur te brengen maar ook niet te veel omdat anders de temperatuur van het water dat retour gaat naar het warmtedistributienet te hoog is. Zoals later zal worden uitgelegd, is voldoende uitkoeling (dus een lage Overzicht afleversets voor warmtelevering, DHC Holland 2014 10 temperatuur van het retour water) van belang voor de efficiëntie van het warmtedistributiesysteem. De regelklep bij dit voorbeeld is een elektronische uitvoering maar er zijn ook mechanische varianten.

b. Warm houden van warmtewisselaar en distributieleidingen:

Deze functie moet de minimale circulatie bij sommige warmtenetten in stand houden om te voorkomen dat de warmtewisselaar (item 10) en de aanvoerleidingen van het warmtedistributienet te sterk afkoelen. Als er geen circulatie is, vindt er namelijk geen aanvoer van warm distributiewater plaats. Dit kan leiden tot klachten dat het (te) lang duurt voordat er warm water uit een tappunt komt ook al verhoogt een warmteleverancier de temperaturen en de drukken in het netwerk. Dit verschijnsel doet zich vooral voor bij een lage warmtevraag zoals in de zomermaanden. Andere warmtenetten voorzien in deze functionaliteit door bypasses in het systeem te plaatsen tussen aanvoer en retour maar dat gaat ten koste van de efficiëntie van het warmtedistributiesysteem (zie Paragraaf 2.3).

10. Warmtewisselaar warm tapwater:

De warmtewisselaar is een fysieke scheiding tussen het distributiewater en het drinkwater ten behoeve van warm tapwater. Er kan wel overdracht plaats vinden van energie (warmte) waardoor het distributiewater afkoelt en het drinkwater wordt verwarmd. Het totale oppervlak van de scheiding tussen die twee is een maat voor de capaciteit van de warmtewisselaar. Deze capaciteit wordt uitgedrukt in CW-klasse (Comfort Warm Water) conform het gaskeur1 dat is ontwikkeld voor gasgestookte cv-ketels.

11. Warmte-isolerende omkasting:

Bij een meterkastontwerp moet rekening gehouden worden met voldoende ventilatie om de warmte af te voeren die diverse componenten in de meterkast produceren. De totale warmteproductie van alle componenten in de meterkast mogen niet hoger zijn dan 100 Wth. Om de bijdrage van een afleverset aan de totale warmteproductie in de meterkast te beperken past men warmte-isolerende omkastingen toe.

12. Positie ten behoeve van warmtemeter:

Een warmtemeter voegt niets toe aan de functionaliteit van een afleverset. Toch is het logisch om de warmtemeter in een afleverset te integreren omdat zowel afleverset als warmtemeter vaak in eigendom zijn van één en dezelfde partij, de warmteleverancier. Aangezien dit vaak een eis was bij aanbestedingen door grote warmtebedrijven bieden veel leveranciers deze mogelijkheid standaard aan.

Ecologie

We hebben een verkenning gedaan van mogelijke risico's voor de natuur in de Everdingerwaarden.

Fasen

We onderscheiden drie fasen:

- Voorfase
- Aanlegfase
- Exploitatiefase

Per fase geven we de mogelijke risico's aan.

Voorfase

Eventueel vooronderzoek kan verstorend zijn.

Aanlegfase

Boring, algemeen

- Geen aantasting ecologie ⁹
- Roterende beweging van de boring (niet pulserend, geen trillingen)

Boring, bij uittredeput (op/nabij het water)

- Verstoring ecologie door geluid en gebiedsvreemd element, invloedssfeer zo'n 50 m (8)
- Indien machines en leiding via land, verstoring nabij de paden door geluid en aantasting bodemleven/planten op het pad.
- Structuurverlies en profielwijziging van de bodem nabij de put ¹⁰
- Stikstofdepositie is zeer beperkt door eenmalige en kortdurende werkzaamheden

Warmtewinning

- Open systeem: plaatsen pomp, inlaat en uitlaat met daarbij verstoring nabij de paden door geluid en aantasting bodemleven/planten op het pad
- Gesloten systeem: plaatsen en aansluiten warmtewisselaars in het water, per schip of over land met daarbij verstoring nabij de paden door geluid en aantasting bodemleven/planten op het pad

Exploitatiefase

Leidingen

- Geen directe effecten (zoals aantasting leefgebied)
- Aanwezigheid gebiedsvreemd element in de bodem
- Mogelijk effect op ecologie door lokale temperatuurwijziging ondergronds
- Warmte, maximaal: Lektemperatuur, tot max 25 graden. Verschil in temperatuur en verlies afhankelijk van isolatie en diepte van de leiding.
- Koude (6 graden lager dan Lektemperatuur/minimaal 12 graden).
- Lekkagerisico is zeer klein
- Lekkage van Lekwater (open systeem) of water, mogelijk met koelmiddel (gesloten systeem)

⁹ [Natuurtoets boring Zouweboezem](#)

¹⁰ <https://mer.lne.be/merdatabank/uploads/merntech3270.pdf>

Warmtewinning/koudelozing ¹¹

- Open systeem: Gebiedsvreemd element (pomp, tafelmodel grootte) op land. Geluid zeer zacht (vergelijkbaar huidige pomp in sluisje). Lokaal meer stroming, waterbeweging door opname en lozing.
- Gesloten systeem: Gebiedsvreemd element in de Lek, inname ruimte voor waterleven (of combineren met krib).
- Lokale afkoeling in de Lek met beperkte omvang, afhankelijk van stroomsnelheid. Door andere temperatuur komen organismen in een lokaal ander ecosysteem. Mogelijk op te lossen door lozing dieper (altijd al koeler) of verder in de Lek (ook koeler dan de inhammen).

Hittestress

Door het winnen van warmte wordt het Lekwater in de zomer afgekoeld wat een gunstig effect kan hebben op de waterkwaliteit en hittestress. Op warme dagen kan de hoge temperatuur van het oppervlaktewater negatieve effecten hebben op de waterkwaliteit, bijvoorbeeld door blauwalgen. Tevens versterkt warm oppervlaktewater hittestress (door het warme water koelt de lucht 's nachts minder af, waardoor de temperatuur overdag verder oploopt).

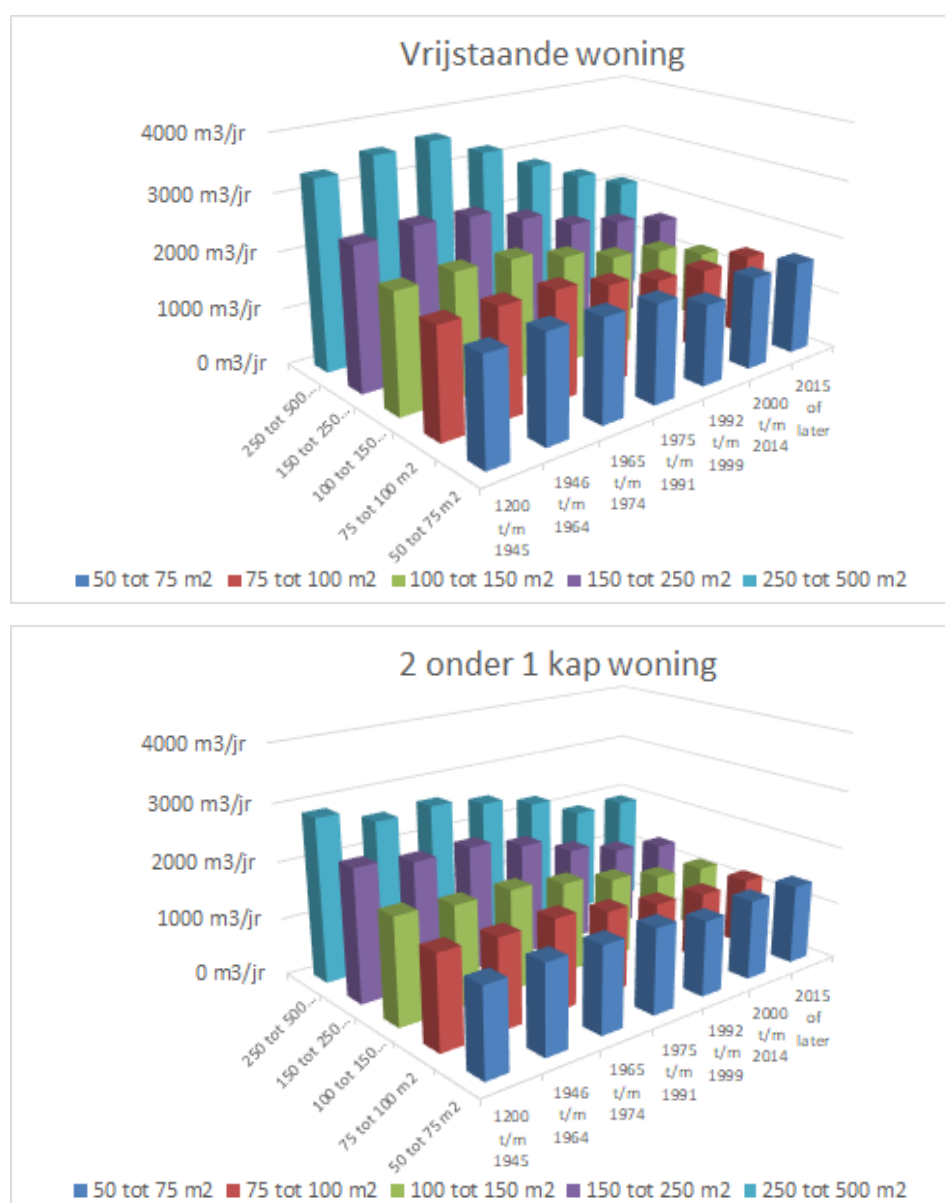
¹¹ Onderzoek koudelozing:

<https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/verzilting/ecologische-effecten-koudwaterlozingen> en https://www.warmingup.info/documenten/harezlak-2021-effecten-van-koudelozingen-op-het-ecologisch-functioneren-van-oppervlaktewatersystemen-literatuurstudie-warming-up_t3mp1r2v2-2.pdf

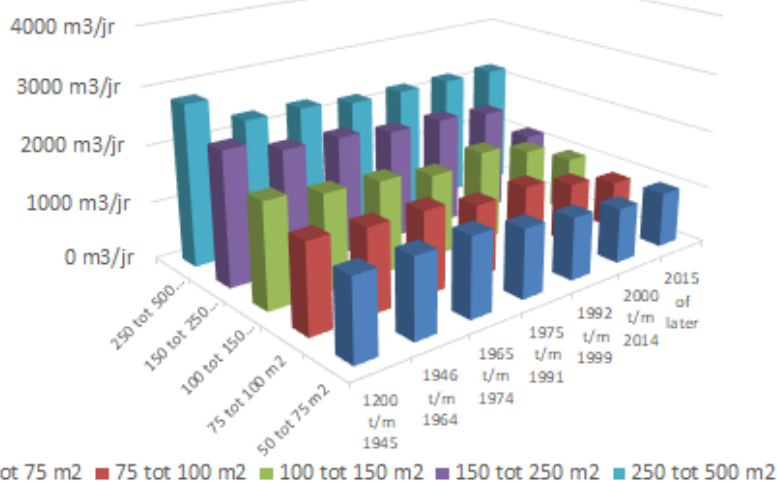
Bijlage 1

Gemiddeld energieverbruik o.b.v. woningkenmerken

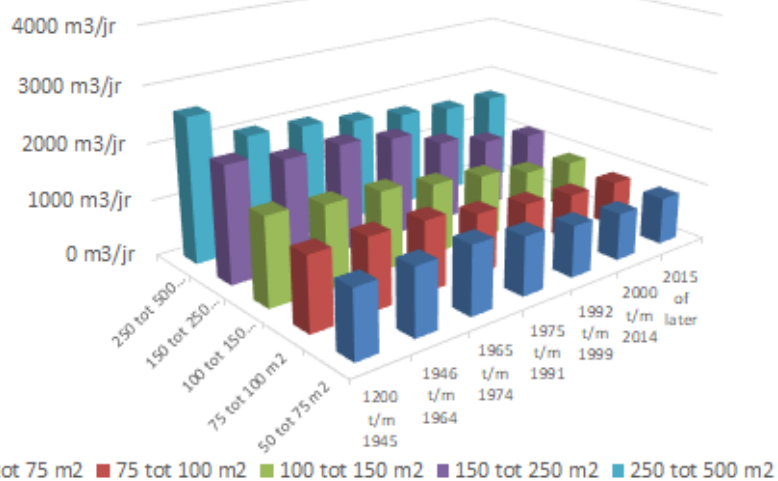
Bron: CBS



Hoekwoning



Tussenwoning



Bijlage 2

Aardgasverbruik per postcode

Aardgasverbruik per postcode in Everdingen (Stedin, 2019)

Straat	Postcode van	tot	Aantal aansluitingen	SJV (m3)	Totaal (m3)	Percentage (%)
Bingse Boogaard	4121EC	4121EC	18	1758	31644	3,4
Bingse Boogaard	4121ED	4121ED	11	1489	16379	1,8
Kweldam	4121EE	4121EE	14	1903	26642	2,9
Kweldam	4121EG	4121EG	18	2168	39024	4,2
Oranjestraat	4121EH	4121EH	21	1710	35910	3,9
Jan van Arkelstraat	4121EJ	4121EJ	14	1380	19320	2,1
Jan van Arkelstraat	4121EK	4121EL	46	2019	92874	10,0
Graaf Huibertlaan	4121EM	4121EM	13	2009	26117	2,8
Graaf Huibertlaan	4121EN	4121EN	18	2792	50256	5,4
Graaf Huibertlaan	4121EP	4121EP	25	1833	45825	4,9
Bolgerijsekade	4121ER	4121ES	18	1601	28818	3,1
Prins Constantijnstraat	4121ET	4121ET	12	1734	20808	2,2
Prins Bernhardstraat	4121EV	4121EV	29	1585	45965	4,9
Prins Bernhardstraat	4121EW	4121EW	31	1038	32178	3,5
Prins Johan Frisostraat	4121EX	4121EX	18	1251	22518	2,4
het Lijne Pad	4121EZ	4121KG	21	2554	53634	5,8

Lekdijk	4121KH	4121KH	16	2420	38720	4,2
Lekdijk	4121KJ	4121KJ	16	1892	30272	3,3
Noodweg	4121KK	4121KM	24	2605	62520	6,7
Diefdijk	4121KN	4121KN	23	2988	68724	7,4
Parallelweg	4121KR	4121KR	21	2350	49350	5,3
Tienhovenseweg	4121KS	4121KS	27	2494	67338	7,2
Tienhovenseweg	4121KT	4121KT	10	2419	24190	2,6
Everdingen totaal			464	2002	929026	100

Zonnekracht als bron van warmte

Alternatieve bron: zonnekracht

Een alternatieve warmtebron kan geleverd worden door een zonnekrachtcentrale, waar met geconcentreerd zonlicht (Concentrated Solar Power, CSP), warmte geproduceerd wordt. CSP kan op vele verschillende schalen toegepast worden en er zijn verschillende vormen. De meest logische keuze voor Everdingen lijkt TCT (de Haan, 2020) - een soort zonnebloem met vier spiegels van 1m² die naar een centraal punt concentreren, zie Figuur a. De opbrengst hiervan is **2,5 GJ/m²** spiegeloppervlak. Dat is ongeveer **0,83 GJ/m²** landoppervlak door de afstand van de spiegels wanneer deze in veldopstelling staan.



Figuur a: Afbeelding van een TCT spiegel, waarbij met geconcentreerd zonlicht warmte geproduceerd wordt.

Er zijn twee voorbeelden van CSP in noord-Europa. In Aalborg levert de opstelling warmte voor een warmtenet en in Antwerpen warmte voor de industrie. Beide maken geen gebruik van opslag. CSP levert vooral energie als de zon schijnt (vergelijkbaar met PV panelen). In voor- en naseizoen doet CSP het ook nog prima.

CSP in combinatie met aquathermie

CSP levert warmte op hoge temperaturen, bijvoorbeeld >70 graden. Wanneer er warmtevraag is en de zon schijnt, kan deze warmte zonder opwaardering door een warmtepomp getransporteerd worden naar huizen. Wanneer de warmtevraag laag is, kan deze warmte gemengd worden met Lekwater en opgeslagen in een WKO. Het is echter de vraag hoeveel warmte direct geleverd kan worden aan het net en hoeveel energieverlies er plaatsvindt bij het mengen en opslaan van water in de WKO.

Het kan een betere optie zijn om zogenaamde heat pipes (zonnewarmte, maar niet geconcentreerd) in te zetten om te mengen met Lekwater in de zomer. Deze zijn meer geschikt voor het produceren van warmte op 30-40 graden. Ook de opbrengst hiervan moet verder onderzocht worden.

CSP als warmtebron voor de basislast

Wanneer CSP als warmtebron voor de basislast wordt gekozen, zal daarbij een warmteopslag nodig zijn op een temperatuur van 65 graden of hoger. Bijvoorbeeld een Ecovat, HoCoSto, een betonkolos gevuld met basalt, magnetiet of water, of waterstof. Gezien de hoge temperatuur opslag, is er geen elektriciteit nodig voor het opwaarderen van de warmte.

Voor het aquathermie systeem is zo'n 2,6 ha met PV panelen nodig om op jaarbasis met aquathermie 34 TJ warmte te leveren (70 graden). Wanneer met TCT spiegels deze warmte geproduceerd wordt is hier 4,1 ha voor nodig.

Contact

Energiecoöperatie Huibertstroom

Ide Engelsma, ide@engelsma.nl

06 41859301

Natuur en Milieufederatie Utrecht

Sofie ten Have, s.ten.have@nmu.nl

06 41525449