

Bodemenergieplan Merwedekanaalzone te Utrecht

Projectnummer: C17020

Status: definitief

25 oktober 2018

Colofon

Auteur

Niels Schuurman (Buro Bron)
Ko Hage (TTE)
Coen Dijkhoorn (Buro Bron)

Datum

25 oktober 2018

Vrijgave

Arne Alphenaar (TTE)

Projectnummer

C17020

Opdrachtgever

Gemeente Utrecht

Project

Bodemenergieplan Merwedekanaalzone

TTE Consultants B.V.
Keizerstraat 16
7411 HH DEVENTER
Tel. 0570-665870
Web www.engineers.nl
Mail info@engineers.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	De Merwedekanaalzone	2
1.3	Uitgangspunten	2
2	Plankaart en ordeningsregels	3
2.1	Plankaart	3
2.2	Ordeningsregels	5
3	Bevoegd gezag	7

Bijlage 1: Referenties

Bijlage 2: Bodemenergiesystemen en energieconcepten

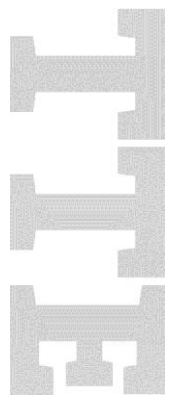
Bijlage 3: Bodempotentie Merwedekanaalzone (*wat heeft de bodem te bieden*)

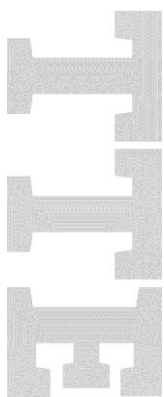
Bijlage 4: Circulair bouwen

Bijlage 5: Inschatting energie- en vermogensvraag

Bijlage 6: Analyse vraag versus aanbod

Bijlage 7: Diepere watervoerende lagen



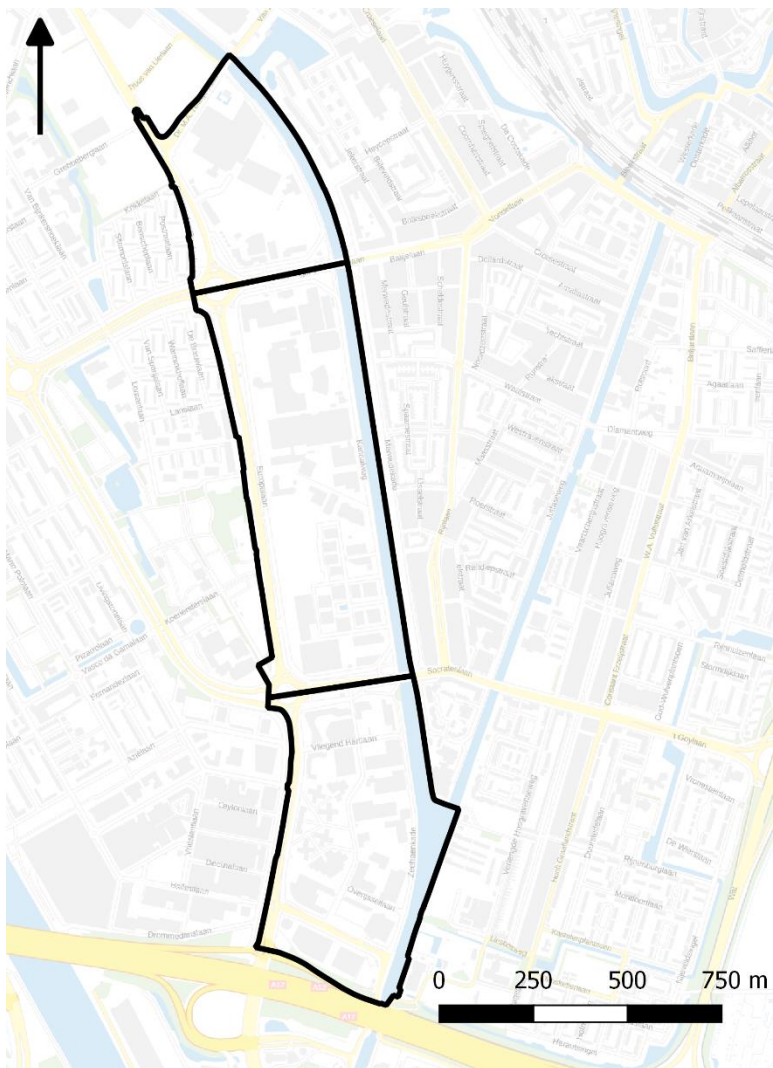


1 Inleiding

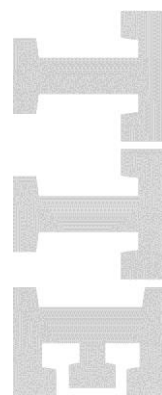
1.1 Aanleiding

De gemeente Utrecht heeft een ambitieuze energieagenda. Het doel is om in 2030 energieneutraal te zijn. De gemeente signaleert dat bodemenergie een significante bijdrage kan en moet leveren aan de in gang gezette energietransitie. De gemeente en de provincie Utrecht werken daartoe samen aan de Utrechtse Bodemenergie Agenda. Het doel is op een duurzame wijze, rekening houdend met alle functies van de ondergrond, de bijdrage van de bodem aan de energietransitie te vergroten.

Een van de deelgebieden binnen de gemeente Utrecht met veel dynamiek is de Merwedekanaalzone (zie figuur 1.1). De komende tien jaar vinden in de Merwedekanaalzone veel nieuwbouw- en herontwikkelingen plaats. Er zijn een aantal open bodemenergiesystemen (ook wel WKO's) binnen en in de directe omgeving van het plangebied aanwezig. Voor zover bekend zijn geen gesloten bodemenergiesystemen (bodemwarmtewisselaars) binnen en in de directe omgeving van het plangebied aanwezig. De exacte ruimtelijke invulling in dit stedelijk gebied is niet altijd bekend en zal de komende jaren verder vorm krijgen.



Figuur 1.1: Plangebied “Merwedekanaalzone”



1.2 De Merwedekanaalzone

De Merwedekanaalzone is door de gemeente Utrecht bestempeld als een zogenaamd interferentiegebied. Met de invoering van de AMvB Bodemenergie per 1 juli 2013 heeft de gemeente Utrecht de mogelijkheid om interferentiegebieden aan te wijzen. Binnen het interferentiegebied van Merwedekanaalzone zijn sturingsprincipes en ordeningsregels van toepassing. Deze zijn opgenomen in dit Bodemenergieplan. De sturingsprincipes worden door de gemeente Utrecht en de provincie Utrecht gehanteerd om, in het kader van doelmatig grondwatergebruik efficiency te vergroten en de ondergrondse ruimteclaim zowel in aanvraag als praktijk te beperken. Ontwikkelaars/gebruikers dienen zich bij de ruimtelijke inrichting van hun bodemenergiesysteem te conformeren aan deze ordeningsregels; vergunningaanvragen worden hieraan getoetst.

1.3 Uitgangspunten

De uitgangspunten die gehanteerd zijn bij het opstellen van een plankaart en de ordeningsregels, zijn opgenomen in de bijlagen bij dit Bodemenergieplan. Het gaat daarbij om de volgende aspecten.

Keuze van het type bodemenergiesysteem en het energieconcept

Er bestaan verschillende bodemenergiesystemen en energieconcepten. In bijlage 2 worden deze kort toegelicht.

Potentie van de bodem

De potentie van de bodem voor het toepassen van bodemenergie wordt bepaald door verschillende factoren, zoals de bodemopbouw, het ondergronds ruimtegebruik van de bestaande bodemenergiesystemen en andere functies van het (toekomstig) ondergronds ruimtegebruik zoals hemelwaterinfiltratie. Op deze aspecten wordt in bijlage 3 nader ingegaan.

Een belangrijk uitgangspunt hierbij is dat bodemenergiesystemen (open en gesloten) in de Merwedekanaalzone (onderdeel van dynamische zone gebiedsplan) alleen in het 1^e watervoerend pakket zijn toegestaan.

Inschatting van vermogens- en energievraag

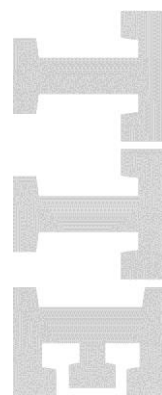
Op basis van de bestaande (bovengrondse) ruimtelijke plannen is een inschatting gemaakt van de warmte- en koudevraag (bijlage 5).

Vraag vs. aanbod

Door de vermogens- en energievraag te vergelijken met de bodempotentie, kan worden vastgesteld waar bodemenergie kan worden toegepast in de Merwedekanaalzone en in welke mate deze de vraag dekt. Deze analyse is opgenomen in bijlage 6.

Diepere lagen

Zoals eerder aangegeven, zijn bodemenergiesystemen in de Merwedekanaalzone(dynamische zone gebiedsplan) alleen toegestaan in het 1^e watervoerend pakket. In bijlage 7 worden kort de eigenschappen van de diepere lagen geschetst.



2 Plankaart en ordeningsregels

Uit de vergelijking van vraag en aanbod (zie bijlage 6) blijkt, dat binnen het plangebied Merwedekanaalzone voor nieuwe bodemenergiesystemen behoefte is aan ordeningsregels om de capaciteit van de ondergrond optimaal te benutten. In dit hoofdstuk worden de plankaart en de ordeningsregels gepresenteerd. Aan deze ordeningsregels liggen sturingsprincipes ten grondslag. Deze sturingsprincipes zijn door de gemeente en provincie geformuleerd en gelden voor de gehele gemeente:

1. Reductie van de energie- en vermogensvraag van het gebouw teneinde de ondergrondse ruimteclaim te beperken.
2. Doelmatig grondwatergebruik om efficiency te vergroten en de ondergrondse ruimteclaim zowel in aanvraag als de praktijk te beperken.
3. Benutting van samenwerkingsvoordeel teneinde de ondergrondse ruimteclaim te beperken.
4. Borgen van andere bodem- en grondwaterbelangen en verantwoordelijkheden van initiatiefnemers.
5. Optimale energetische werking tijdens exploitatie (beheerfase).

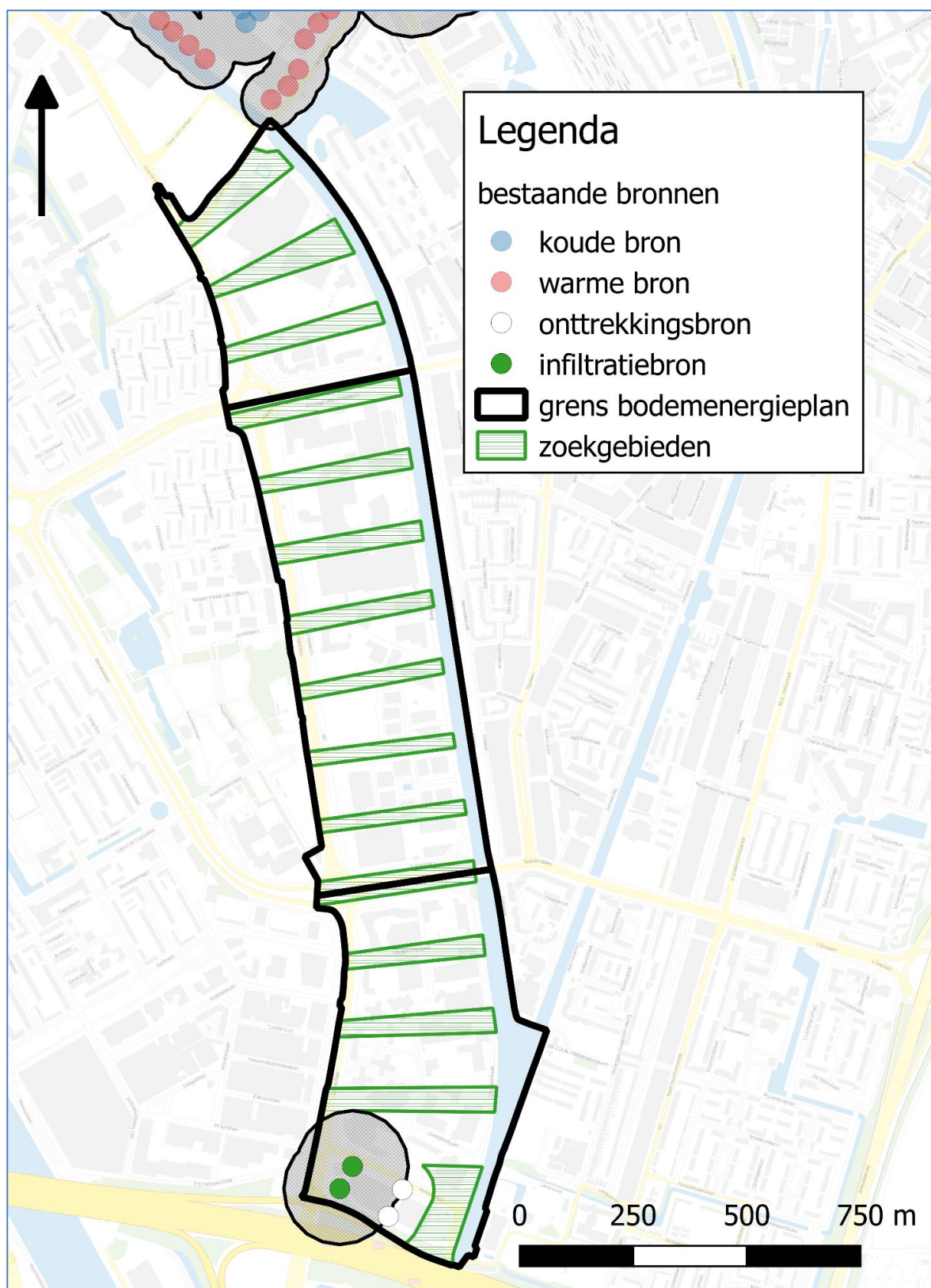
2.1 Plankaart

In figuur 2.1 is de plankaart voor open bodemenergiesystemen weergegeven. Een beperkt deel van het plangebied wordt in beslag genomen door de (invloedssfeer van) bestaande open bodemenergiesystemen. Wat resteert voor nieuwe open bodemenergiesystemen zijn de (groen gearceerde) zoekgebieden.

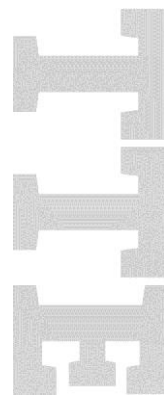
Per zoekgebied kunnen vier bronnen worden geplaatst. Dat kunnen vier dezelfde bronnen zijn (vier warme of vier koude) of twee paren van twee bronnen (twee koude bronnen geclusterd en twee warme bronnen geclusterd).

Uitzondering is het meest zuidelijke zoekgebied. Hierin kan één doublet (een warme en een koude bron) gesitueerd worden.

In de plankaart zijn geen gesloten bodemenergiesystemen opgenomen.



Figuur 2.1.: Plankaart met grens Bodemenergieplan, bestaande open bodemenergiesystemen en zoekgebieden.



2.2 Ordeningsregels

Binnen het plangebied Merwedekanaalzone gelden de volgende 14 ordeningsregels voor nieuwe bodemenergiesystemen:

Collectiviteit

De mogelijkheid om voor bodemenergiesystemen een vergunning aan te vragen in de Merwedekanaalzone zijn beperkt.

1. Als regel geldt: collectief vergunning aanvragen, tenzij. Collectief betekent dat de aanvraag gebaseerd is op grootschalige bodemenergie (open of gesloten). Dit kan een gecombineerd bodemenergiesysteem zijn voor meerdere panden, of meerdere individuele systemen in een collectieve vergunningsaanvraag. Tenzij betekent dat hierop kan worden afgeweken indien wordt aangetoond, dat de individuele aanvraag geen andere (toekomstige) bodemenergiesystemen (open of gesloten) in de weg staat.

Open bodemenergiesystemen

Positionering open bodemenergiesystemen

2. Open bodemenergiesystemen zijn alleen toegestaan in het 1^e watervoerende pakket. Doublet-systemen zijn toegestaan. Monobronnen en recirculatiesystemen zijn niet toegestaan.
3. Warme en koude bronnen dienen te worden gepositioneerd binnen de groene zoekgebieden van de plankaart opgenomen in figuur 2.1.
4. Per zoekgebied kunnen maximaal vier bronnen worden geplaatst. Dat kunnen vier dezelfde bronnen zijn (vier warme of vier koude) of twee doubletten (twee koude en twee warme bronnen). Uitzondering is het meest zuidelijke zoekgebied. Hierin kunnen twee bronnen (een warme en een koude) gesitueerd worden.
5. Bronnen dienen aan te sluiten. Ze worden aan de randen van het interferentiegebied of aansluitend op de bestaande systemen geplaatst; óf ze houden zoveel ruimte over ten opzichte van de randen en bestaande systemen dat er nog een toekomstig doublet tussen/naast past.

Dimensionering systeem

6. Elke bron moet geschikt zijn om 80 m³/uur te verwerken. Eventuele overcapaciteit van een grondwaterbron dient beschikbaar te zijn voor andere initiatiefnemers.
7. In het ontwerp van nieuwe open bodemenergiesystemen dient rekening te worden gehouden met een extra verlaging van 1 meter in de bronnen ten gevolge van de hydrologische invloed van andere open bodemenergiesystemen.

Energie

8. Een bodemenergiesysteem dient thermisch in balans te zijn. De Provincie verwoordt deze balanssituatie in de beschikking van de Waterwet.

Gesloten bodemenergiesystemen

Het toepassen van grootschalige gesloten bodemenergiesystemen is minder gewenst o.a. in het kader van circulair bouwen (zie ook bijlage 4). De toepassing van gesloten bodemenergiesystemen wordt onder de volgende voorwaarden toegestaan:

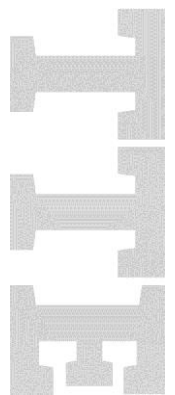
9. Er mogen alleen verticale bodemwarmtewisselaars worden toegepast (geen horizontale, korven of andere vormen van bodemwarmtewisselaars)
10. Per meter bodemwarmtewisselaar wordt minimaal 50 kWh aan warmte onttrokken
11. De bodemwarmtewisselaarsystemen moeten jaarlijks in thermische balans zijn.

12. Voor aanvang van de realisatie moet een effectenstudie worden opgesteld. Middels modelberekeningen moet aangetoond worden dat de toepassing van toekomstige open en gesloten bodemenergiesystemen niet negatief wordt beïnvloed.

Overig

13. Initiatiefnemers van bodemenergiesystemen dienen hun bronlocaties en leidingtracés voorafgaand aan een vergunningaanvraag af te stemmen met de gemeente.
14. Afwijking van de ordeningsregels in dit Bodemenergieplan zijn mogelijk (met uitzondering van ordeningsregel 2), mits aangetoond wordt dat deze afwijking geen nadelige gevolgen heeft voor (toekomstige) belangen. De gevolgen van de afwijkingen worden met de gemeente (en provincie) besproken alvorens een vergunning wordt aangevraagd.

De Merwedekanaalzone is de komende 20 jaar sterk in ontwikkeling. Het bepalen van de locaties van nieuwe bronnen en de bijbehorende kabel- en leidingtracés is geen sinecure. Een initiatiefnemer dient hierover in een vroegtijdig stadium contact te hebben met de gemeentelijke gebiedsontwikkelaar en/of de duurzaamheidsregisseur van de Merwedekanaalzone [ref. 6].

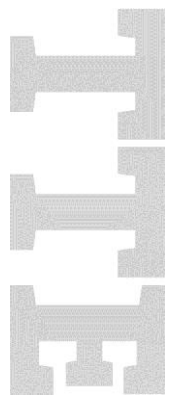


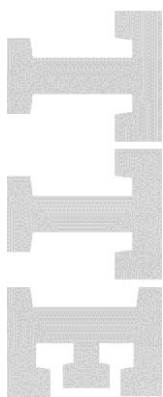
3 Bevoegd gezag

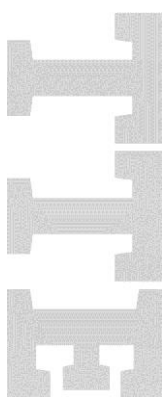
Voor een nieuwe aanvraag van een vergunning Waterwet voor een open bodemenergiesysteem in de Merwedekanaalzone is de provincie Utrecht bevoegd gezag. De RUD (Regionale Uitvoeringsdienst) Utrecht voert de vergunningverlenings-, handhavings- en adviestaken voor de provincie Utrecht uit. Een aanvrager zal zich dan ook allereerst wenden tot de RUD. De RUD weet dat voor de Merwedekanaalzone door de gemeente Utrecht een interferentiegebied met een onderliggend Bodemenergieplan is opgesteld en zal de aanvrager aanraden om ook contact op te nemen met de/een duurzaamheidsregisseur binnen de gemeente Utrecht [ref. 6].

De RUD neemt de aanvraag in behandeling en toetst aan de regels. Onderling vindt afstemming plaats over de aanvraag tussen gemeente, provincie en RUD.

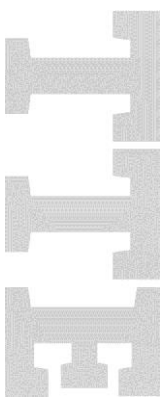
Voor gesloten systemen binnen het aangewezen interferentiegebied Merwedekanaalzone moet een OBM (Omgevingsvergunning Beperkte Milieutoets) bij de gemeente Utrecht worden aangevraagd. De OBM is een vergunning zonder voorschriften, met een beperkt aantal weigeringsgronden, die met de reguliere procedure wordt voorbereid.







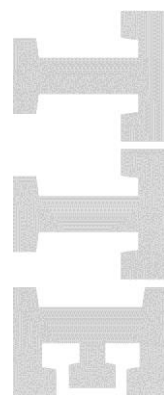
Bijlagen





Bijlage 1: Referenties

1. Plan gemeentelijke watertaken 2016-2019; gemeente Utrecht
2. "Increasing Freshwater Recovery Upon Aquiferstorage", Koen G. Zuurbier, 2016
3. Besluitvormings Uitvoerings Methode (BUM)
4. Hoofdrapport "Gebiedsplan gebiedsgericht Grondwaterbeheer en visie op duurzaam gebruik van de ondergrond"; Gemeente Utrecht, Royal HaskoningDHV; april 2015.
5. Utrechtse Bodemenergie Agenda 2016-2018; "Meer energie uit de bodem"
6. Omgevingsvisie Merwedekanaalzone; juni 2017
7. "Kansen voor Ondiepe Geothermie voor de glastuinbouw"; Kema, IF Technology, DLV glas & energie; juni 2012.
8. "Merwedekanaalzone deelgebied 5 te Utrecht", IF Technology; februari 2018
9. Bodem-, Water- en Milieuplan 2016-2021, provincie Utrecht , december 2015



Bijlage 2: Bodemenergiesystemen en energieconcepten

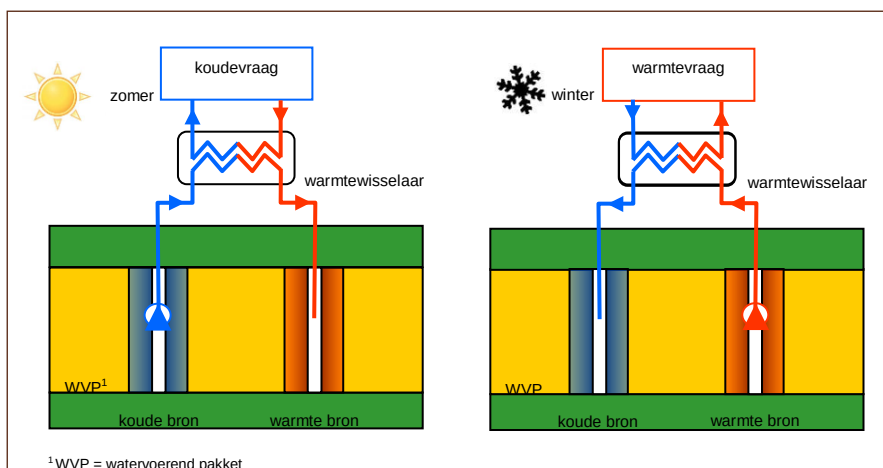
Type bodemenergiesystemen

Er kan onderscheid gemaakt worden tussen twee soorten bodemenergiesystemen: open systemen (WKO) en gesloten systemen (bodemwarmtewisselaars).

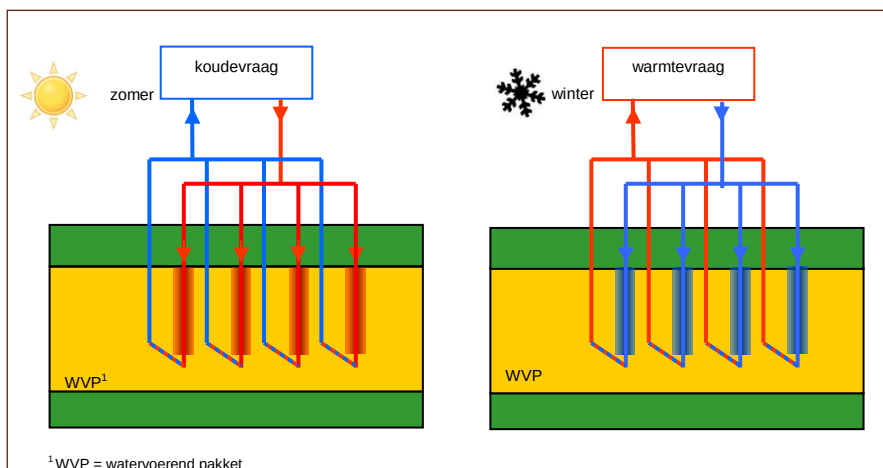
Bij een open systeem wordt het in de bodem aanwezige grondwater als opslagmedium voor omgevingswarmte en koude gebruikt (zie figuur 1). Het grondwater wordt onttrokken uit één van de bronnen (afhankelijk van het seizoen) en geeft via een warmtewisselaar koude of warmte af aan het gebouw, waarna het grondwater weer geïnjecteerd wordt in de andere bron.

Monobronnen (warme en koude filter boven elkaar) en recirculatiesystemen (geen warme en koude bron, maar een onttrekkingsbron en een infiltratiebron) zijn in de Merwedekanaalzone niet toegestaan, omdat ze ruimtelijk moeilijk inpasbaar zijn in combinatie met (bestaande) doubletten. Het toepassen van monobronnen en recirculatiesystemen leidt tot inefficiënt ruimtegebruik in de bodem.

Bij een gesloten systeem wordt een mengsel van water met een koelvloeistof rondgepompt in een gesloten circuit van bodemlussen (zie figuur 2). Afhankelijk van het seizoen wordt warmte of koude onttrokken uit de bodem en afgegeven aan het gebouw.



Figuur 1: Principe van een WKO



Figuur 2: Principe van bodemwarmtewisselaars

Energieconcepten

Bij de toepassing van bodemenergie kunnen verschillende energieconcepten worden gekozen. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen monovalente en bivalente varianten.

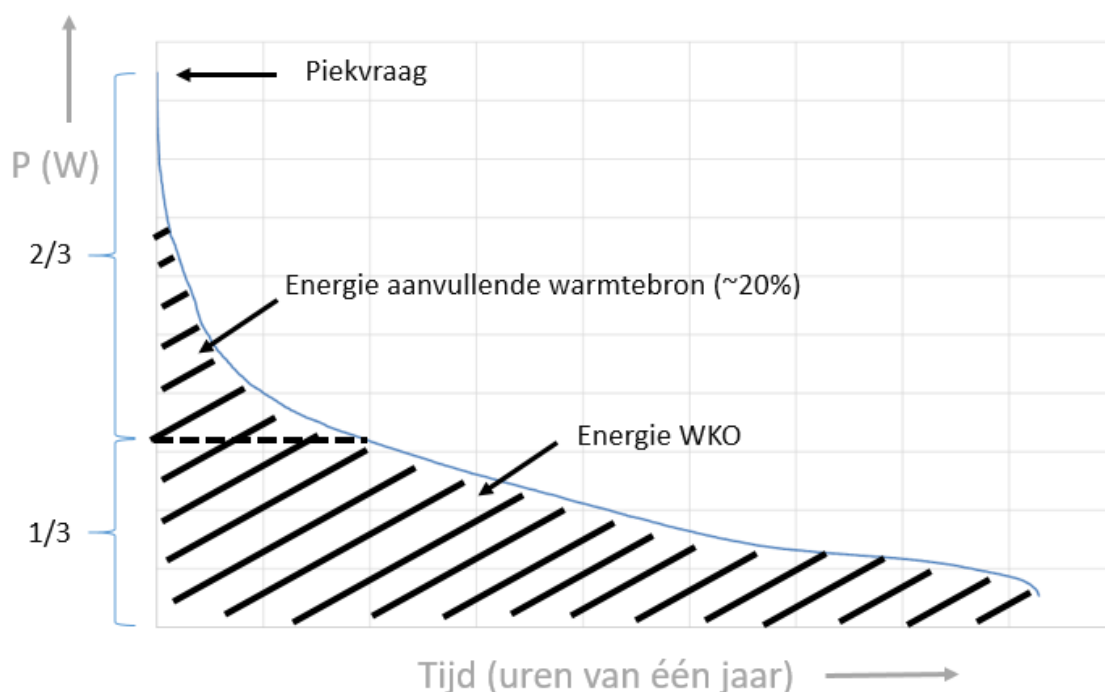
Bij een monovalente variant wordt alle warmte en alle koude vanuit de bodem geleverd. De warmte dient als bron voor de warmtepomp. De efficiëntie van een warmtepomp wordt vaak uitgedrukt met een COP, ofwel Coëfficiënt of Performance. De COP-waarde geeft aan hoeveel keer de energie die in het systeem wordt gestopt, wordt omgezet in benutbare energie. Een warmtepomp met een COP van 4 levert met 1 deel elektra 4 delen warmte. Met andere woorden 75% van de warmte en het vermogen worden vanuit de bodem geleverd.

Bij een bivalente installatie wordt de piek van de warmtelevering geleverd door een andere warmtebron dan de warmtepomp/ bodemenergiesysteem. Een veel gebruikte verhouding is dat 1/3 van het *vermogen* en 80% van de *energie* met de warmtepomp/ bodemenergiesysteem geleverd wordt.

In onderstaand kader wordt het verschil tussen vermogen en energie nader toegelicht.

Vermogen en energie

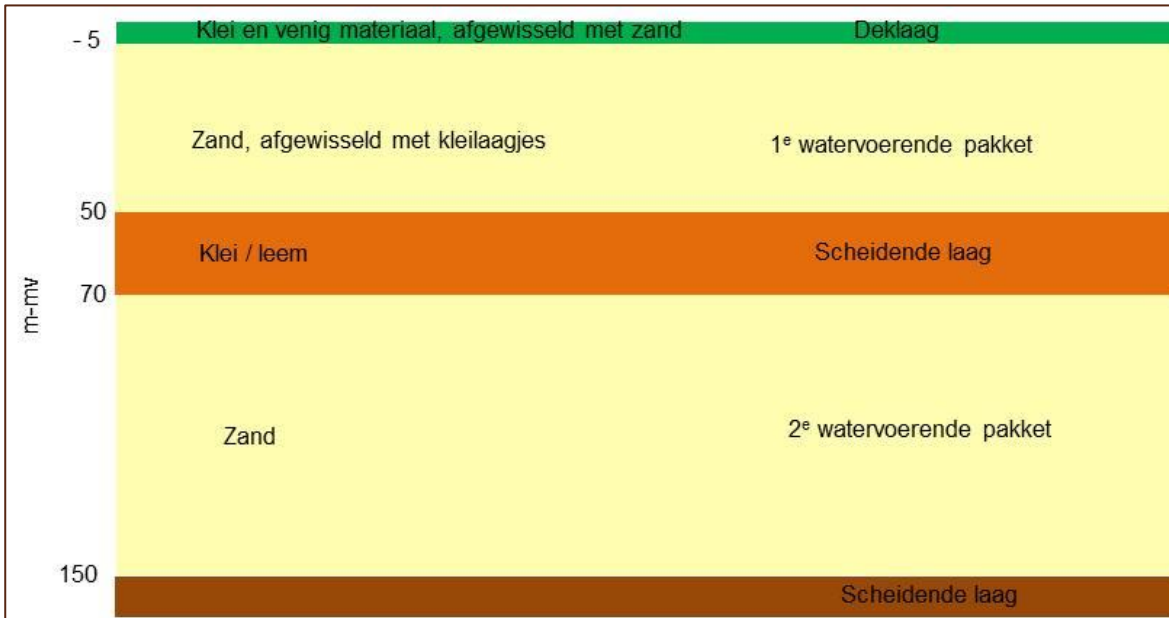
In onderstaande figuur is een jaarbelastingduurkromme weergegeven. Op de verticale as is het vermogen weergegeven (P , in MW) en op de horizontale as de tijd. Circa 2/3 van het vermogen betreft een piekvraag (winter en warm tapwater). De oppervlakte onder de curve ($P \times t$) is de hoeveelheid geleverde energie. Bij een monovalent systeem wordt deze volledige hoeveelheid energie geleverd door de warmtepomp/bodemenergiesysteem. Bij een bivalent systeem wordt het "blauwe" deel geleverd door de warmtepomp/ bodemenergiesysteem; de vermogenspiek (rode oppervlak) wordt geleverd door een andere warmtebron.



Bijlage 3: Bodempotentie Merwedekanaalzone (wat heeft de bodem te bieden)

Bodemopbouw

De bodemopbouw ter plaatse van de Merwedekanaalzone is schematisch weergegeven in figuur 3.



Figuur 3: Schematische weergave bodemopbouw ter plaatse van plangebied Merwedekanaalzone

Potentie voor een open bodemenergiesysteem

Beleidsmatig

Het toepassen van een open bodemenergiesysteem is in de Merwedekanaalzone alleen toegestaan in het 1^e watervoerend pakket. Het doorboren van de eerste scheidende laag is niet toegestaan volgens het Gebiedsplan gebiedsgericht Grondwaterbeheer [ref. 4]

Potentie per doublet (wat heeft de bodem te bieden)

Op basis van de hiervoor geschetste bodemopbouw is in het 1^e watervoerend pakket per doublet een maximaal debiet van circa 80 m³/uur mogelijk. Op basis van dit debiet kan een bepaald vermogen met een bron worden gerealiseerd. Afhankelijk van het aantal vollasturen dat de bron wordt ingezet, wordt de potentie aan waterverplaatsing en energiehoeveelheid per doublet vastgesteld. De potentie voor bronnen in dit pakket is weergegeven in tabel 1.

Tabel 1: Potentie per doublet (1 warme en 1 koude bron) in 1^e watervoerende pakket

	Eenheid	Aantal
Vermogen	kW	650
Energiehoeveelheid	MWh/seizoen	600 à 1.000
Debiet	m ³ /uur	80
Waterverplaatsing	m ³ /seizoen	100.000 à 160.000

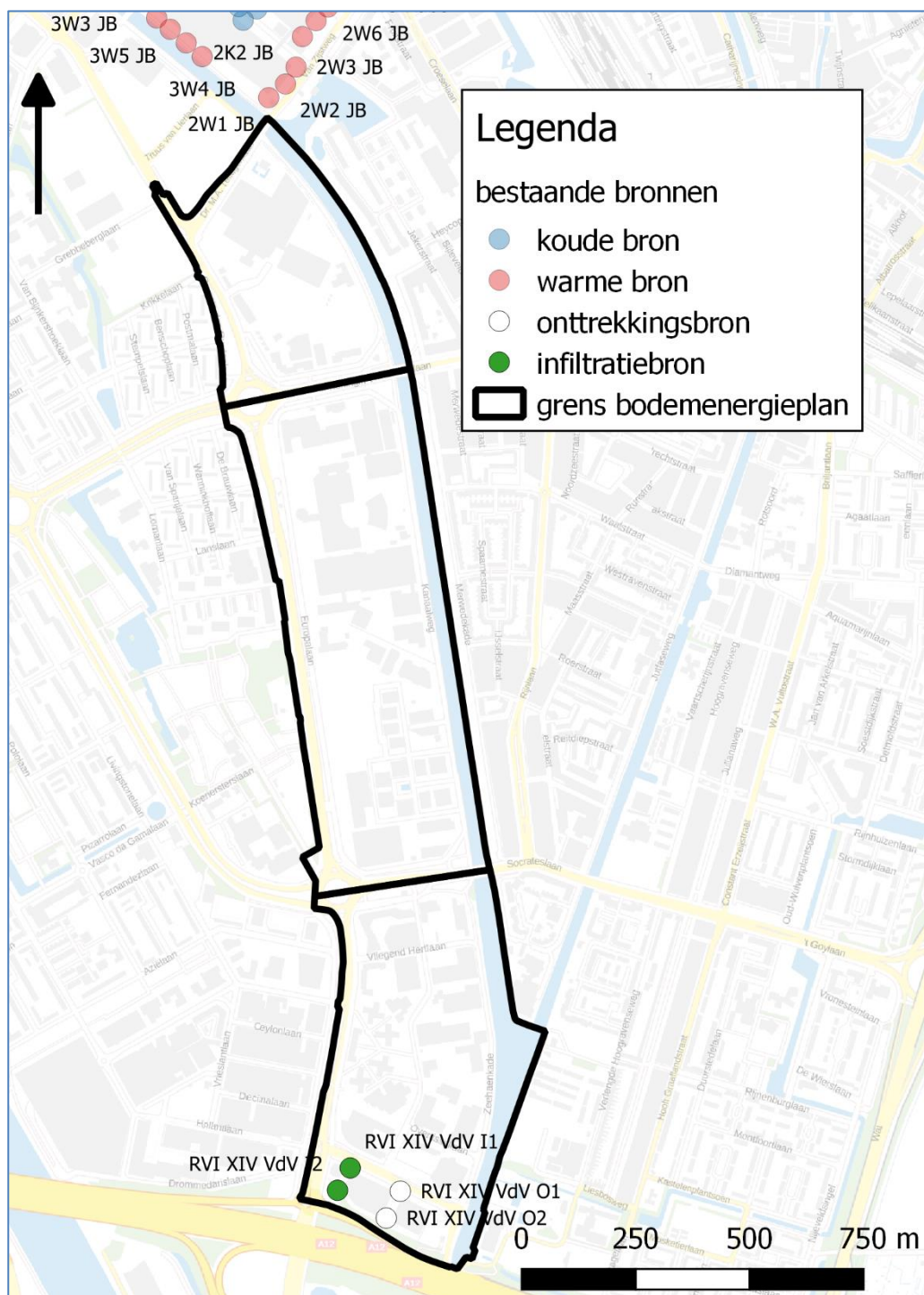
Uitgangspunten bij het inschatten van de potentie per doublet zijn:

- Temperatuurverschil tussen een warme en een koude bron tijdens het leveren van het maximaal vermogen (ontwerp ΔT) is 7 °C.

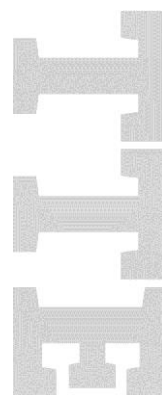
- Het gemiddelde temperatuurverschil over het seizoen tussen een warme en een koude bron (gemiddelde ΔT) is 5 °C.

Bestaande open bodemenergiesystemen

De bestaande open bodemenergiesystemen in en nabij het plangebied zijn weergegeven in figuur 4. Het betreffen de systemen van der Valk en kantoor (zuidkant) en Jaarbeurs (noordkant).



Figuur 4: Vergunde open bodemenergiesystemen binnen en in de nabijheid van de grens van het plangebied van Bodemenergieplan Merwedekanaalzone.



Mogelijke bronconfiguraties (wat heeft de bodem te bieden)

De minimale afstand tussen warme en koude bronnen wordt bepaald door de hoeveelheid energie die wordt opgeslagen (MWh) en is gerelateerd aan de waterverplaatsing ($\text{m}^3/\text{seizoen}$). De afstand moet dusdanig groot zijn, dat de bronnen elkaar thermisch niet negatief beïnvloeden. Voor het vaststellen van de bodempotentie is uitgegaan van een minimale bronafstand van $2,5 \times$ de thermische straal [ref. 3].

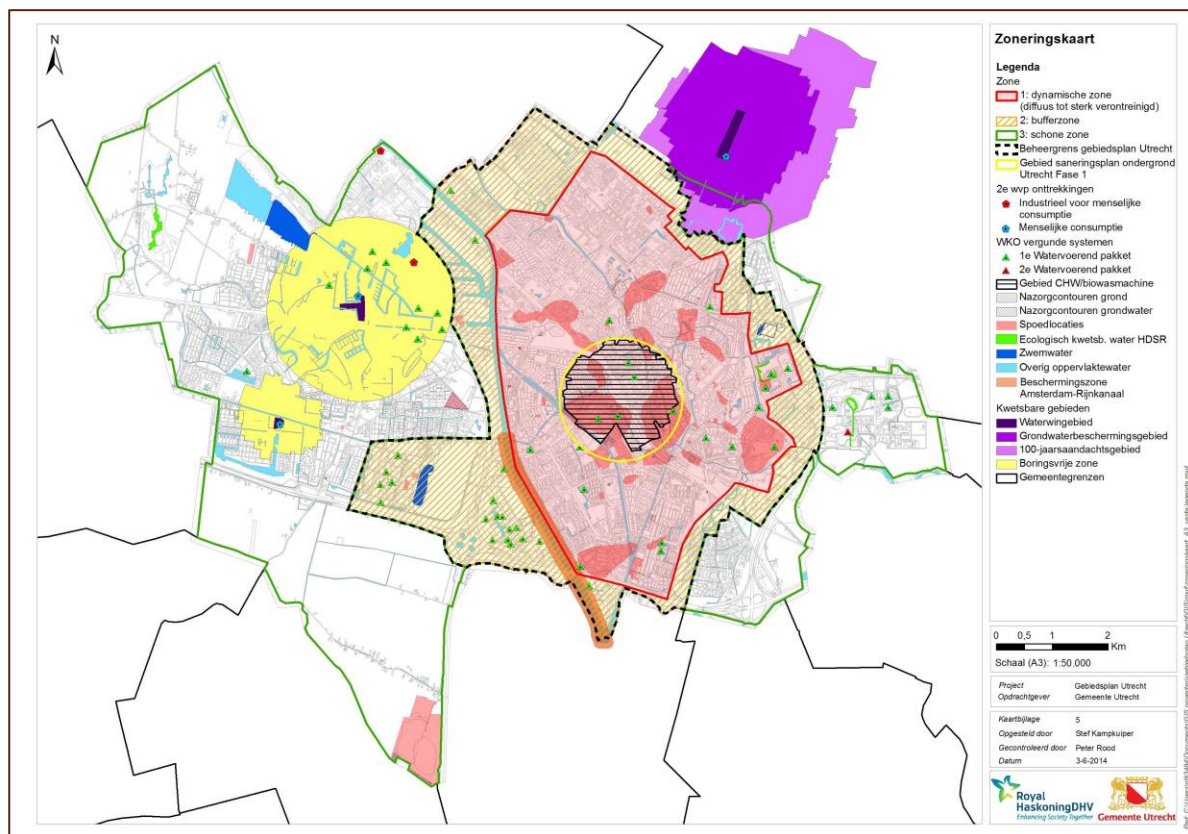
In drukke gebieden is het van belang dat de systemen in balans zijn. Er wordt op lange termijn evenveel warmte als koude opgeslagen en onttrokken aan de bodem. Als de systemen niet in balans zijn, nemen ze meer ruimte in beslag in de bodem. De afstand tussen de koude en warme bronnen moet dan significant groter zijn om thermische interactie te voorkomen.

Omdat het pakket relatief ondiep is gelegen, hebben de bronnen relatief veel invloed op de grondwaterstand. Teveel bronnen van hetzelfde soort (warm of koud) clusteren, leidt tot te grote grondwaterstandsveranderingen (de effecten van de individuele bronnen versterken elkaar). Bronnen van het verschillende soort (warm of koud) dempen elkaars effect op de grondwaterstand uit. De effecten op de grondwaterstand worden voornamelijk bepaald door het debiet (m^3/uur), dat gerelateerd is aan het vermogen (kW) dat een bron kan leveren, en minder door de waterverplaatsing ($\text{m}^3/\text{seizoen}$) die gerelateerd is aan de energiehoeveelheden (MWh).

Overige aspecten

Grondwaterverontreinigingen

De Merwedekanaalzone bevindt zich binnen de zogenaamde dynamische zone (zie figuur 5) zoals deze door de gemeente Utrecht is benoemd ten behoeve van een gebiedsgerichte aanpak van het grondwater [ref. 4]. Het grondwater binnen deze zone is diffuus tot sterk verontreinigd. De gebiedsgerichte aanpak maakt onderscheid tussen verschillende ambitieniveaus (hoog, midden en laag). Deze ambitieniveaus kunnen vertaald worden naar beschermen, verbeteren en benutten. Voor het 1^e watervoerende pakket binnen de dynamische zone is het ambitieniveau voor benutten op 'hoog' gezet vanwege (bijvoorbeeld) het maximaliseren van het gebruik van open bodemenergiesystemen.



Figuur 5: De 'dynamische zone' (rood omlijnd) t.b.v. een gebiedsgerichte aanpak [ref. 4]

Hemelwaterinfiltratie

In het Plan Gemeentelijke Watertaken [ref. 1] wordt uitvoerig gesproken over het infiltreren van hemelwater in het 1^e watervoerende pakket. De Merwedekanaalzone is aangegeven als een gebied waar met verticale drainage het hemelwater op grotere diepte wordt geïnfiltreerd (zie figuur 6).

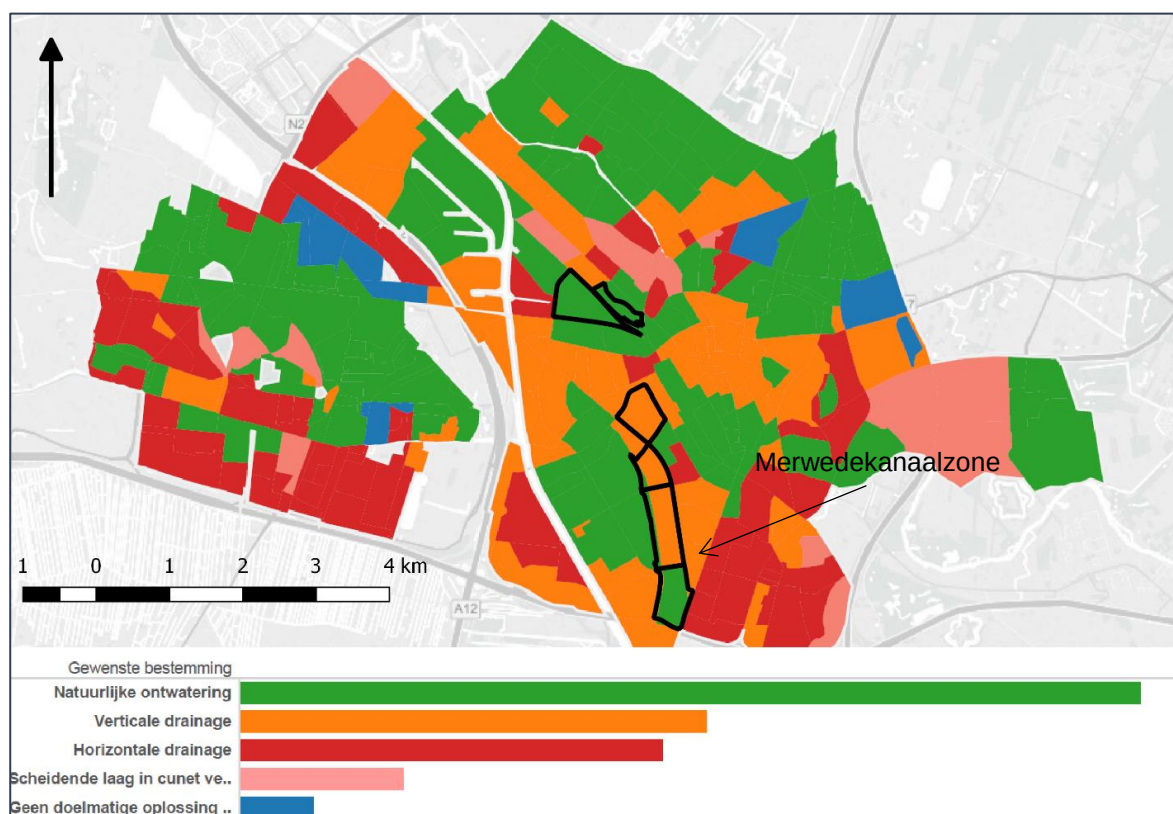
Het grondwater in het 1^e watervoerende pakket is zuurstofloos (anoxisch) en ijzerrijk. Het hemelwater dat wordt geïnfiltreerd is zuurstofrijk (oxisch). Als een bron van een open bodemenergiesysteem deze beide waterkwaliteiten aantrekt, treedt bronverstopping op (redoxverstopping).

Momenteel wordt het 1^e watervoerende pakket bovenin beschermd door een deklaag (tot enkele meters beneden maaiveld), waardoor het zuurstofrijke hemelwater de diepere lagen van het 1^e watervoerende pakket moeilijk kan bereiken. Door het toepassen van verticale hemelwaterinfiltratie vervalt deze beschermende werking.

Er is nog weinig onderzoek gedaan naar de invloed van hemelwaterinfiltratie op open bodemenergiesystemen in hetzelfde pakket. Uit promotieonderzoek [ref. 2] blijkt dat bij glastuinbouwprojecten waar zoet/oxisch hemelwater wordt opgeslagen in brakke anoxische watervoerende lagen, het zuurstof uit het hemelwater snel (binnen enkele meters) wordt afgebroken. Het pakket in Utrecht bevat echter veel grover zand en grindlagen. Vooral in deze grindlagen kan de zuurstof uit het hemelwater zich in potentie over grotere afstanden verplaatsen.

In dit kader is in de MWKZ de keuze gemaakt om het hemelwater niet op diepte te infiltreren maar oppervlakkig. Gezien de aanwezige scheidende lagen tussen de hemelwaterinfiltratie en de bodemenergiesystemen lijkt het risico op verstopping door redoxproblematiek hiermee verkleind. De lokale situatie nabij de open bodemenergiebronnen in relatie tot het aantrekken van zuurstofrijk water blijft een belangrijk aandachtspunt tijdens het ontwerp van open bodemenergiesystemen.

Een open bodemenergiesysteem kan ook invloed hebben op de werking van de hemelwaterinfiltratie. De grondwaterstanden worden door het open bodemenergiesysteem beïnvloed (verhoogd bij infiltreren en verlaagd bij onttrekken). Een deel van het jaar neemt de infiltratiecapaciteit van de hemelwaterinfiltratie af en een deel van het jaar neemt deze toe.



Figuur 6: Gewenste bestemming hemelwater zoals opgenomen in het Plan gemeentelijke watertaken 2016-2019 [ref. 1]

Inpasbare doubletten in Merwedekanaalzone

In tabel 2 zijn het aantal inpasbare doubletten in de toekomst weergegeven. *In het geval ook hemelwaterinfiltratie wordt toegepast neemt het aantal doubletten af.*

Tabel 2: Potentie Merwedekanaalzone 1^e watervoerende pakket (wat heeft de bodem te bieden)

Aantal doubletten*	29
Totaal vermogen [MW]	19
Totaal debiet [m ³ /uur]	2.320
Totaal energie [MWh/jaar]**	17.400 à 29.000
Totale waterverplaatsing [m ³ /seizoen]**	2,9 à 4,6 miljoen

* het inpassen van dit aantal doubletten is mogelijk indien deze conform de ordeningsregels worden geplaatst. De getallen voor vermogen, debiet, energie en waterverplaatsing zijn de potentie van één doublet vermenigvuldigd met het aantal doubletten.

** afhankelijk van de waterverplaatsing per doublet (100.000 tot 160.000 m³/seizoen).

Potentie voor een gesloten bodemenergiesysteem 1^e watervoerende pakket

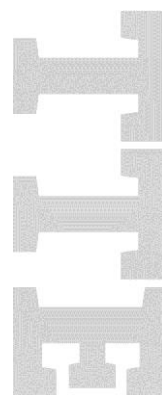
Bij toepassing van een gesloten bodemenergiesysteem in het plangebied (in het 1^e watervoerende pakket) zou de maximale lengte circa 45 a 50 m bedragen. Theoretisch is de potentie van de toepassing van gesloten bodemenergiesystemen significant. Op basis van de gedachte van circulair bouwen is deze echter beperkt (zie bijlage 4).

Door de beperkte lengte van de gesloten bodemenergiesystemen, de onderlinge beïnvloeding, de suboptimale inpassing in verband met de bovengrondse infrastructuur in openbaar gebied en de eisen van de gemeente met betrekking tot circulair bouwen, is de potentie van de gesloten bodemenergiesystemen ~1,5 à 3 x zo klein als bij het gebruik van open bodemenergiesystemen in het 1^e watervoerende pakket.

Onbalans vs. balans bij bodemwarmtewisselaars.

Als gesloten bodemenergiesystemen in onbalans worden toegepast (dat wil zeggen: er wordt meer warmte uit de bodem onttrokken dan koude, bv bij woningen), dan is de invloed naar de omgeving op termijn significant. De bodem wordt per saldo afgekoeld. Door geleiding wordt, afhankelijk van de omvang en de onbalans van het systeem, een groter stuk ondergrond geclaimd dan de directe nabijheid van de gesloten bodemenergiesystemen. De invloed van een gesloten bodemenergiesysteem ten gevolge van geleiding reikt in dat geval tot vele tientallen meters (~50 m) van het gesloten bodemenergiesysteem. De grondwaterstroming versterkt dit effect benedenstrooms (~factor 2) en vermindert dit effect bovenstrooms (~factor ½).

Als gesloten bodemenergiesystemen in balans zijn (langjarig wordt evenveel warmte als koude onttrokken), beperkt het effect van het gesloten bodemenergiesysteem zich tot enkele meters (~5 m) van het gesloten bodemenergiesystemen.



Bijlage 4: Circulair bouwen

Circulair bouwen is het minimaal gebruiken en het maximaal hergebruiken van grondstoffen en producten bij het ontwerp en de exploitatie van gebouwen.

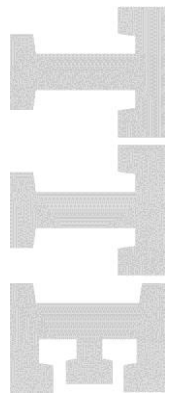
Minimaal gebruik van materialen

In het kader van het minimaliseren van het gebruik van materialen worden er bronnen met maximale capaciteit gerealiseerd. Dit houdt in dat met het gebruikte product/materiaal zoveel mogelijk energie kan worden opgewekt. Voor open bodemenergiesystemen betekent dit dat de bronconfiguraties geoptimaliseerd worden (maximale capaciteit doubletten met minimale bronafstand tussen de warme en de koude bronnen).

Bij gesloten bodemenergiesystemen betekent dit dat de hoeveelheid warmte en koude die per meter gesloten bodemenergiesysteem kan worden gewonnen, wordt gemaximaliseerd.

Maximaal hergebruik van materialen

Zowel open als gesloten bodemenergiesystemen zijn opgebouwd uit grondstoffen (o.a. kunststoffen). Open bronnen kunnen na de levensduur van het gebouw herbestemd of eventueel verwijderd worden (waarbij de grondstoffen hergebruikt kunnen worden). Bij het toepassen van gesloten systemen is dat (zover bekend) niet het geval. De grote aantallen gesloten bodemenergiesystemen zullen achterblijven en niet voor een ander doel hergebruikt kunnen worden. Het gebruik van grondstoffen voor het toepassen van de gesloten bodemenergiesystemen is significant groter dan bij open bodemenergiesystemen.



Bijlage 5: Inschatting energie- en vermogensvraag

In tabel 1 is een inschatting gemaakt van de warmte- en koudevraag op basis van de verwachte ontwikkelingen in de Merwedekanaalzone. Deze inschatting is gebaseerd op de Omgevingsvisie Merwedekanaalzone [ref. 6]. Ten behoeve van de inschatting is onderscheid gemaakt tussen de functies wonen, utiliteit en overig.

Voor deze functies zijn voor warmte en koude op basis van kentallen per m² zowel het benodigde vermogen (MW) als de benodigde hoeveelheid energie (MWh/jaar) ingeschat. Op basis van reële praktijkwaarden die Buro Bron dagelijks gebruikt, zijn onderstaande waarden tot stand gekomen.

Tabel 1: Inschatting warmte- en koudevraag

	Eenheid	Warmte- en koudevraag
Wonen		
Aantal	#	9.000
Vloeroppervlak	m ²	720.000
Warmtevraag	MWh/jaar	30.000
Warmtevermogen	MW	27 - 36 *
Koudevraag	MWh/jaar	8.000
Koudevermogen	MW	14
Utiliteit (kantoren)		
Vloeroppervlak	m ²	12.000
Warmtevraag	MWh/jaar	500
Warmtevermogen	MW	0,4
Koudevraag	MWh/jaar	500
Koudevermogen	MW	1
Overig (horeca, winkels, hotels, etc.)		
Vloeroppervlak	m ²	100.000
Warmtevraag	MWh/jaar	4.200
Warmtevermogen	MW	3
Koudevraag	MWh/jaar	4.200
Koudevermogen	MW	5
Totaal		
Vloeroppervlak	m ²	832.000
Warmtevraag	MWh/jaar	34.700
Warmtevermogen	MW	30 à 39
Koudevraag	MWh/jaar	12.700
Koudevermogen	MW	20

* bij respectievelijk 3 en 4 kW per woning

** Aangenomen is dat alle woningen worden gekoeld.

Er wordt benadrukt, dat de gepresenteerde getallen in tabel 1 de vraag van de gebouwen betreft. Afhankelijk van het gekozen energieconcept; monovalent of bivalent (zie bijlage 2) wordt een deel

van deze vraag geleverd door het bodemenergiesysteem. In tabel 2 zijn de totalen uit tabel 1 overgenomen en is per energieconcept aangegeven welk aandeel van de warmte- en koudevraag wordt geleverd vanuit de bodem

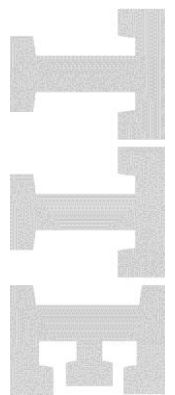
Tabel 2: Warmte- en koudevraag (benodigde bijdrage vanuit de bodem)

	Eenheid	Warmte- koudevraag*	Benodigde bijdrage vanuit de bodem	
			Monovalent	Bivalent
Warmtevraag	MWh/jaar	34.700	26.000	21.000
Warmtevermogen	MW	30 – 39	22 - 30	8 – 10
Koudevraag	MWh/jaar	12.700	12.700	12.700
Koudevermogen	MW	20	20	20

* totalen die zijn overgenomen uit tabel 1

Uitgangspunten bij het inschatten van de bijdrage vanuit de bodem zijn:

- De COP van de warmtepomp is 4. Met 1 deel elektra kan de warmtepomp dan 4 delen warmte maken. Van de 4 delen warmte die door de warmtepomp aan de gebouwen geleverd worden, worden 3 delen door het bodemenergiesysteem geleverd en 1 deel door het elektriciteitsnet (voeding warmtepomp).
- Er wordt in beide energieconcepten direct gekoeld met grondwater (zonder tussenkomst van een warmtepomp). 100% van de koude (energie en vermogen) wordt vanuit het grondwatersysteem geleverd.
- In de bivalente situatie wordt 1/3 van het verwarmingsvermogen door de warmtepomp geleverd en 2/3 door een andere energiebron. 100% van de koude (energie en vermogen) wordt in deze situatie door het bodemenergiesysteem geleverd.
- In de bivalente situatie wordt 80% van de warmte (energie) geleverd door de warmtepomp en 20% door een andere energiebron.

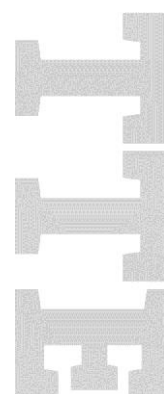


woningen	aantal	oppervlak [m ²]	
energievisie	9.000	720.000	
totaal	9.000	720.000	
Gemiddelde oppervlakte per woning:			80 m ²
verwarmen (ruimteverwarming + tapwater)			
	<i>uitgangspunt</i>		<i>totaal</i>
vermogen hoog	4 kW per woning		36.000 kW
vermogen laag	3 kW per woning		27.000 kW
energie	0,15 GJ/m ²		30.000 MWh
koelen			
	<i>uitgangspunt</i>		<i>totaal</i>
vermogen	20 W/m ²		14.000 kW
energie laag	0,04 GJ/m ²		8.000 MWh
opgemerkt wordt dat de vraag is of alle woningen gekoeld gaan worden.			
opgemerkt wordt dat in sommige concepten de koudevraag hoger wordt ingeschat			

utiliteit	oppervlak [m ²]		
energievisie	12.000		
totaal	12.000		
verwarmen			
	<i>uitgangspunt</i>		<i>totaal</i>
vermogen	30 W/m ²		360 kW
energie	0,15 GJ/m ²		500 MWh
koelen			
	<i>uitgangspunt</i>		<i>totaal</i>
vermogen	50 W/m ²		1.000 kW
energie	0,15 GJ/m ²		500 MWh

Overig	oppervlak [m ²]		
stedebouwkundig plan +			
energievisie	100.000		
totaal	100.000		
verwarmen			
	<i>uitgangspunt</i>		<i>totaal</i>
vermogen	30 W/m ²		3.000 kW
energie	0,15 GJ/m ²		4.200 MWh
koelen			
	<i>uitgangspunt</i>		<i>totaal</i>
vermogen	50 W/m ²		5.000 kW
energie	0,15 GJ/m ²		4.200 MWh

Figuur 7: Uitgangspunten berekeningen



Bijlage 6: Analyse vraag versus aanbod

Benodigd aantal doubletten

In bijlage 5 is de energievraag van het bouwprogramma van de Merwedekanaalzone beschreven en vertaald naar de benodigde bijdrage vanuit de bodem (zie tabel 2 van bijlage 5). In tabel 1 van bijlage 3 is aangegeven wat de capaciteit is van één doublet bronnen. Door de benodigde bijdrage vanuit de bodem te vergelijken met de bijdrage per doublet is het aantal benodigde doubletten bepaald.

- Bij een monovalent energieconcept zijn 33 tot 46 doubletten nodig (afhankelijk van het vermogen per woning).
 - o Maatgevend blijkt hier het benodigde verwarmingsvermogen van 22 tot 30 MW.
 - o Eén doublet kan 650 kW (0,65 MW) aan vermogen leveren
- Bij een bivalent energieconcept zijn 25 doubletten nodig.
 - o Maatgevend blijkt hier het koelvermogen van 16 MW

Inpasbare versus benodigde doubletten

In tabel 1 is het aantal inpasbare doubletten vergeleken met het aantal benodigde doubletten. Hieruit blijkt dat het 1^e watervoerende pakket beide concepten met open bodemenergiesystemen orde grote kunnen worden ingevuld. Beide varianten komen in theorie net te kort.

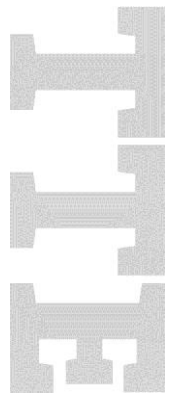
Opgemerkt wordt dat het warmtevermogen per woning een belangrijk aandachtspunt is. In deze studie zijn 3 kW/woning en 4 kW/woning aangehouden. Een gemiddeld lager vermogen per woning komt de verhouding tussen vraag en aanbod ten goede. Ook gelijktijdigheid speelt hier een rol.

Daarnaast is het benodigde vermogen voor koeling per woning relatief onzeker.

Tabel 1: Inpasbare doubletten versus benodigd aantal doubletten

	Aantal doubletten
1^e watervoerende pakket	
Inpasbare doubletten	29*
Benodigd doubletten bij monovalent energieconcept	32 a 43 doubletten
Benodigd doubletten bij bivalent energieconcept	30

* in het geval geen hemelwaterinfiltratie wordt toegepast, zie tabel 2 in bijlage 3





Bijlage 7: Diepere watervoerende lagen

Diepere watervoerende lagen

In het Gebiedsplan Gebiedsgericht Grondwaterbeheer [ref. 4] staat beschreven dat de eerste scheidende laag, gelegen tussen het 1^e en het 2^e watervoerende pakket in principe niet mag worden doorboord. Hierdoor worden een aantal watervoerende lagen onder deze 1^e scheidende juridisch uitgesloten voor bodemenergie. Voor de volledigheid van het beeld, is in onderstaande paragrafen de potentie van de watervoerende lagen onder de 1^e scheidende laag weergegeven.

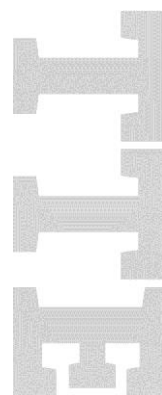
De potentie voor gesloten bodemenergiesystemen in de diepere lagen is niet beschreven, aangezien het risico op verspreiden van de verontreinigingen uit het 1^e watervoerende pakket naar het 2^e watervoerende pakket met deze techniek groot is (groot aantal perforaties). Bij sommige andere beschreven technieken (open bodemenergiesystemen, geothermie en hoge temperatuuropslag) is dit risico door maatregelen beheersbaar (o.a. aanbrengen van casings).

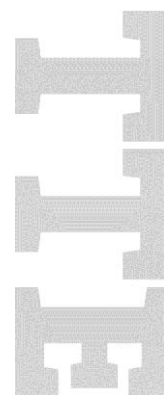
Open bodemenergiesystemen in 2^e watervoerende pakket

De potentie per doublet in het 2^e watervoerende pakket is meer dan 2 x zo groot als de potentie in het 1^e watervoerende pakket. Dit wordt veroorzaakt door:

- Er kan per bron significant meer bronfilter geplaatst worden. Hierdoor zijn de warme en koude bellen dikker en kan per hectare meer energie worden opgeslagen.
- Het 2^e watervoerende pakket is dieper gelegen en wordt aan de bovenkant begrensd door een dikke, slecht doorlatende kleilaag. De effecten op de grondwaterstand zijn hierdoor nihil. Bronnen van hetzelfde soort (warm of koud) kunnen dichter en met meer bij elkaar geplaatst worden.
- Het debiet (m³/uur) en daarmee het te leveren vermogen (kW) per bron is circa 2 keer zo groot.
- Het aantal doubletten neemt niet af in het geval hemelwaterinfiltratie wordt toegepast in het 1^e watervoerende pakket.

In tabel 1 is de potentie van het aantal inpasbare doubletten in het 2^e watervoerende pakket weergegeven. De potentie is circa 4 x zo groot als de potentie van het 1^e watervoerende pakket.





Geothermie

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland maakt voor wat betreft geothermie (warmte uit de aarde) onderscheid tussen drie verschillende dieptes¹: ondiep, middeldiep en zeer diep.

Geothermie (bron: RVO)

Ondiepe geothermie (500 tot 1.500 m)

Ondiepe geothermie biedt kansen voor lage-temperatuurverwarming van woningen en kassen (ca. 40°C). Door de geringere diepte blijven de kosten lager.

Middeldiepe Geothermie (middeldiepte 1.500 tot 4.000 m)

Aardwarmte van dieptes tussen 1500-4000 m wordt op dit moment in Nederland het meest toegepast. Tot nu toe vooral voor het verwarmen van kassen. Ook de verwarming van woningen is mogelijk. De temperatuur is, afhankelijk van de lokale situatie, 70 tot 90°C.

Zeer diepe geothermie (dieper dan 4.000 m)

Zeer diepe geothermie komt van dieper dan 4.000 m en levert warmte van meer dan 120°C, zodat ook stoomproductie mogelijk is. Hiermee kunnen industriële processen (zoals papierproductie en chemie) voorzien worden. Er zijn in Nederland nog geen toepassingen van deze techniek. Wel wordt er actief onderzoek naar gedaan.

Op basis van de beschikbare informatie [ref. 7] lijkt de bodem van Utrecht geschikt om ondiep (tussen 300 en 750 m-mv) aardwarmte te winnen. De potentie is onzeker, omdat weinig lokale informatie over de bodemeigenschappen beschikbaar is. Dit geldt ook voor de potentie van de diepere ondergrond en voor mogelijke risico's.

Geothermie kan een belangrijke bouwsteen worden van een duurzame energievoorziening in de toekomst. Meerdere partijen in Nederland zetten zich momenteel in om het potentieel en de risico's verder te onderzoeken. Er is eerst veel geologisch onderzoek nodig, zoals seismisch onderzoek en proefboringen. In de regio Utrecht zijn twee initiatieven gestart om te onderzoeken of geothermie haalbaar en veilig is: een onderzoek naar mogelijkheden tot 3 km en een onderzoek naar mogelijkheden tussen 5 en 7 km. Dit laatste project is onderdeel van het pilot project UDG (Ultra Diepe Geothermie) van het ministerie van Economische Zaken, waarbij onlangs een Green Deal is afgesloten.

Voor het toepassen van geothermie in de Merwedekanaalzone worden vooral mogelijkheden gezien in de toekomstige verduurzaming van het stadswarmtenet.

Hoge temperatuuropslag (HTO) en het Bodemenergieplan

De grote uitdaging in het benutten van duurzame bronnen is het (seizoensmatig) opslaan van warmte, bijvoorbeeld in de bodem. Bij het opslaan van hoge temperaturen (> 40 °C) spelen de eigenschappen van de bodem, de diepte en de mate van isolatie (hoe wordt de warmte bij elkaar

¹<http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/duurzame-energie-opwekken/bodemenergie/aardwarmte/aardwarmte>

gehouden) om te komen tot een acceptabel energetisch rendement en minimale onttrekkingstemperaturen een belangrijke rol. In Nederland is in het verleden enige ervaring opgedaan met HTO, maar deze projecten hebben niet tot een langjarig succes geleid. Er is dan ook dringend behoefte aan een nieuw prototype.

Voor het toepassen van HTO in de Merwedekanaalzone zijn de mogelijkheden nog onbekend. Wellicht zijn er mogelijkheden in buitengebieden ten behoeve van het seizoensmatig opslaan van duurzame warmte.