

Besluit tot het wijzigen van de Nadere regels en beleidsregels fysieke leefomgeving Amersfoort inzake beleid voor bodemenergiesystemen

Burgemeester en wethouders van gemeente Amersfoort; gelezen het voorstel d.d. 22 augustus 2023, met kenmerk 1658887,

overwegende dat het gewenst is de Nadere regels en beleidsregels fysieke leefomgeving Amersfoort te wijzigen;

besluit vast te stellen:

Besluit tot het wijzigen van de Nadere regels en beleidsregels fysieke leefomgeving Amersfoort inzake beleid voor bodemenergiesystemen

Artikel 1 Wijzigingen

De Nadere regels en beleidsregels fysieke leefomgeving Amersfoort worden als volgt gewijzigd:

A

In Hoofdstuk I artikel 1.1. worden het kopje Bodemenergiesystemen en de begripsbepalingen onder het kopje Bodemenergiesystemen toegevoegd:

Bodemenergiesystemen

- a. Gesloten bodemenergiesysteem: installatie waarmee, zonder grondwater te onttrekken en na gebruik in de bodem terug te brengen, gebruik wordt gemaakt van de bodem voor de levering van warmte of koude ten behoeve van de verwarming of koeling van ruimten in bouwwerken, door middel van een gesloten circuit van leidingen, met inbegrip van een bijbehorende warmtepomp circulatiepomp en regeneratievoorziening, voor zover aanwezig.
- b. Open bodemenergiesysteem: installatie waarmee van de bodem gebruik wordt gemaakt voor de levering van warmte of koude ten behoeve van de verwarming of koeling van ruimten in bouwwerken, door grondwater te onttrekken en na gebruik in de bodem terug te brengen, met inbegrip van bijbehorende bronpompen en warmtewisselaar en, voor zover aanwezig, warmtepomp en regeneratievoorziening;
- c. Interferentiegebied: een of meerdere gebieden binnen de gemeente Amersfoort waarin ordening van bodemenergiesystemen wenselijk is met het oog op het voorkomen van negatieve onderlinge beïnvloeding van meerdere bodemenergiesystemen of anderszins ter bevordering van het doelmatig gebruik van bodemenergie
- d. De interferentiegebieden zijn aangewezen in de “Verordening fysieke leefomgeving Amersfoort”

B

Hoofdstuk IX wordt toegevoegd en luidt als volgt:

Hoofdstuk IX Bodemenergiesystemen

Artikel 9.1 De rechtsgronden

Deze beleidsregels zijn gebaseerd en een aanvulling op het Besluit omgevingsrecht, artikel 2.2b en het Besluit lozen buiten inrichtingen.

Artikel 9.2 Aanleg gesloten bodemenergiesystemen binnen een interferentiegebied

Gelet op artikel 5.13b lid 9 van het Besluit omgevingsrecht weigert het college van burgemeester en wethouders de omgevingsvergunning indien het bodemenergiesysteem zodanige interferentie kan veroorzaken met een ander bodemenergiesysteem, dat het doelmatig functioneren van een van de desbetreffende systemen kan worden geschaad dan wel anderszins sprake is van een ondoelmatig gebruik van bodemenergie. Daarvan is sprake indien niet wordt voldaan aan de regels uit het bodemenergieplan die verbonden zijn aan het desbetreffende interferentiegebied.

Aan de interferentiegebieden zijn de volgende bodemenergieplannen verbonden:

1. Interferentiegebied De Laakse Tuinen, Velden 1F en Waterdorp:
Bodemenergieplan Gesloten systemen in De Laakse Tuinen, Velden 1F en Waterdorp (Vathorst Amersfoort), referentie 68104/HeM/20220516, 16 mei 2022 (Bijlage 9.1).

2. Interferentiegebied Laak 3:
Bodemenergieplan Gesloten systemen in de Laak 3 (Vathorst Amersfoort) referentie 8313/HeM/20190529, 29 mei 2019 (Bijlage 9.2)
3. Interferentiegebied De Hoef West:
Bodemenergieplan De Hoef West in Amersfoort, referentie 71245/BR, 8 april 2022 (Bijlage 9.3).

Artikel 9.3 De aanvrager van een vergunning

De genoemde vergunning in artikel 9.2 dient te worden aangevraagd door de eigenaar of erfpachter van de grond, waarop een of meerdere gebouwen of bouwwerken zijn of worden opgericht die worden aangesloten op het betreffende gesloten bodemenergiesysteem, danwel door degene die namens de eigenaar of erfpachter het betreffende gesloten bodemenergiesysteem gaat aanleggen en/of exploiteren, indien deze daartoe door de eigenaar of erfpachter is gemachtigd.

Artikel 9.4 De plaatsing van een gesloten bodemenergiesysteem

- a. Een gesloten bodemenergiesysteem dient, zowel binnen als buiten een interferentiegebied, in beginsel te worden aangelegd op eigen dan wel in erfpacht verkregen grond.
- b. Indien de aanleg mede plaatsvindt op grond van een derde, dient de schriftelijke toestemming van deze derde bij de vergunningaanvraag te worden overgelegd.
- c. Uiterlijk 4 weken na plaatsing wordt de exacte positie van de bodemlus(sen) middels een revisie-tekening (zowel digitaal als op papier) bij de gemeente bekendgemaakt.

C

Het onderdeel Toelichting wordt aangevuld met:

Hoofdstuk 9 Bodemenergiesystemen

Artikel 9.1

Geen toelichting.

Artikel 9.2 Aanleg gesloten bodemenergiesystemen binnen een interferentiegebied

In aanvulling op de algemene weigeringsgronden die in het Besluit omgevingsrecht zijn opgenomen, zijn in deze beleidsregels specifieke weigeringsgronden opgenomen om te komen tot een juiste ordening van bodemenergiesystemen in de ondergrond en een goede uitvoering van het besluit.

De gemeente beoogt daarmee te bewerkstelligen dat binnen het interferentiegebied "Vathorst De Laak 2B, de Velden 1F en Waterdorp", "Laak 3", "De Hoef West" en omgeving een scheiding plaatsvindt in de aanleg van gesloten en open bodemenergiesystemen, zodanig dat de bodemlaag die het meest geschikt is voor de aanleg van open systemen daarvoor zoveel mogelijk beschikbaar wordt gesteld (zie toelichting diepte aanleg gesloten bodemenergiesystemen). In het interferentiegebied Vathorst De Laak 2B, de Velden 1F wordt geen gasaansluiting gefaciliteerd. Om alle partijen, variërend van projectontwikkelaars tot particulieren, te kunnen voorzien van warmte en koude is het gebied geordend in zoekgebieden. Deze zijn specifiek voor de grotere open systemen en kleinere gesloten systemen, zodat de systemen elkaar zo min mogelijk negatief beïnvloeden.

Diepte aanleg gesloten bodemenergiesystemen Amersfoort

De bodemopbouw van Amersfoort bestaat uit een aantal watervoerende pakketten met daartussen waterremmende lagen. De ondergrond kent 3 verschillende landschapstypen. Voor de geomorfologie wordt de bodemopbouw in 2 delen verdeeld:

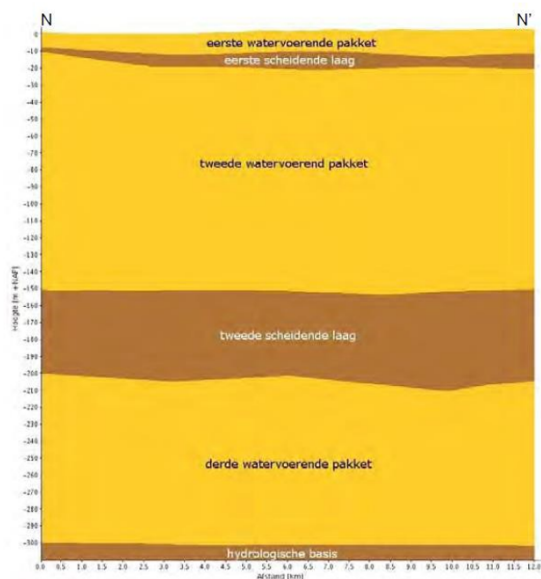
Amersfoort Noord

Aan de noordzijde van Amersfoort zijn drie watervoerende pakketten aanwezig. Het **eerste watervoerende pakket** bestaat overwegend uit fijn tot matig grof zand. Qua bodemstructuur en doorlaatvermogen is dit pakket dan wel geschikt voor de toepassing van open systemen, maar vanwege de ondiepe ligging en de geringe dikte (maximaal 10 m) niet.

Het **tweede watervoerende pakket** bestaat uit matig grof tot zeer grof zand dat deels grindhoudend is. Het pakket heeft een hoog doorlaatvermogen. In het pakket komen enkele lokale kleilagen voor. In het zuidwestelijk deel van het gebied bevinden zich mogelijk enkele gestuwde afzettingen. De bodemstructuur en dikte van het tweede watervoerende pakket (circa 130 m) bieden goede mogelijkheden voor de toepassing van open en gesloten systemen.

Het **derde watervoerende pakket** bestaat uit afwisselend fijn zand en zandige klei met veel schelpmateriaal. Het doorlaatvermogen van dit pakket is minder goed dan het tweede watervoerende pakket. Vanwege de grote dikte (circa 100 meter) biedt dit pakket echter wel

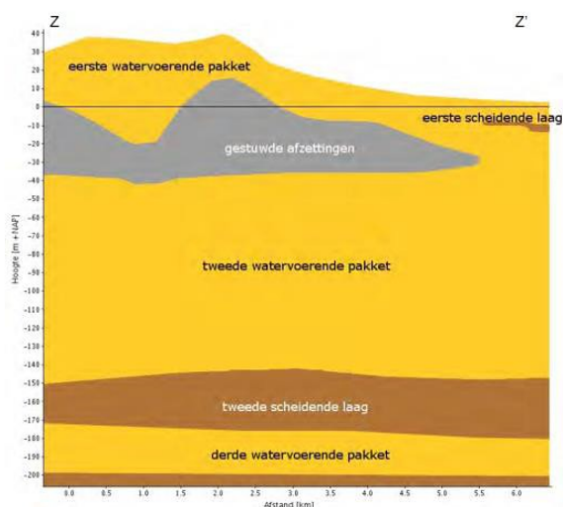
mogelijkheden voor de toepassing van open systemen. Maar door de grote diepte van dit pakket is de toepassing van bodemenergiesystemen in dit pakket financieel mogelijk minder interessant.



Figuur 1. geohydrologische doorsnede Amersfoort Noord

Amersfoort Zuid

De bodemopbouw in het zuiden komt grotendeels overeen met de bodemopbouw in het noorden van Amersfoort. Een verschil is dat in het zuiden de eerste scheidende laag (Eemklei) ontbreekt. Hierdoor vormen het **eerste en tweede watervoerende pakket** een gecombineerd pakket. De bodemstructuur en dikte van dit gecombineerde pakket bieden goede mogelijkheden voor de toepassing van open en gesloten systemen.



Figuur 2: geohydrologische doorsnede zuid

Daar waar de eerste scheidende laag aan de zuidzijde wel aanwezig is, is hetzelfde van toepassing als in het noorden. Het **eerste watervoerende pakket** is vanwege de geringe dikte en ondiepe ligging niet geschikt en het **tweede watervoerende pakket** is wel geschikt voor de toepassing van open systemen. En groot verschil met regio noord is dat de tweede scheidende laag en het **derde watervoerende pakket** dunner zijn dan aan de noordzijde van de gemeente. Het derde watervoerende pakket kan aan de zuidzijde slechts beperkt capaciteit leveren voor de toepassing van open systemen in tegenstelling tot regio noord.

Toetsing interferentie

Bij het verlenen van een vergunning voor de aanleg van een gesloten bodemenergiesysteem (OBM), toetst de gemeente of sprake is van overlap (interferentie) van het thermische invloedsgebied van het nieuwe systeem met bestaande bodemenergiesysteem. Door interferentie vermindert het energierendement van de betrokken systemen, zowel bestaand als nieuw, wat een reden kan zijn om de vergunning voor het nieuwe systeem te weigeren. Om te bepalen of tussen systemen sprake is van negatieve interferentie wordt getoetst op de beleidsregels en onderliggende gebruiksregels uit de bodemenergieplan-

nen. Ook wordt indien nodig gebruik gemaakt van de methodiek die is opgenomen in Bijlage 2 van de Handhaving uitvoeringsmethode Bodemenergiesystemen voor gemeentelijke taken (*HUM BE deel 2), vastgesteld door het Centraal College van Deskundigen Bodembeheer op 26 maart 2020, Versie 2.4 of een opvolger hiervan. De HUM is te verkrijgen via www.sikb.nl.

Artikel 9.3: De aanvrager van een vergunning

Om te voorkomen dat een vergunning als concessie met commerciële waarde wordt gebruikt, wordt alleen aan direct belanghebbenden toegestaan een vergunning voor een gesloten WKO-systeem aan te vragen. Onder belanghebbenden wordt verstaan:

- de eigenaar of erfpachter van een grondgebied,
- degene die namens een eigenaar of erfpachter een gebouw in beheer en/of exploitatie heeft, of
- degene die het gesloten bodemenergiesysteem gaat aanleggen, mits hierover aantoonbaar overeenstemming is bereikt met de eigenaar of erfpachter van het grondgebied.

Indien de vergunning niet door 1 van de bovenstaande belanghebbenden wordt aangevraagd, zal de vergunning worden geweigerd.

Artikel 9.4: De plaatsing van een gesloten bodemenergiesysteem

Voor de aanleg van een gesloten bodemenergiesysteem worden leidingen en lussen in de bodem aangebracht. Een kwestie die daarbij nadrukkelijk een rol speelt, maar die niet in het Besluit bodemenergiesystemen wordt geregeld, is het eigendom van de energiesystemen. Daarom wordt teruggevallen op het reguliere goederenrecht (artikel 5:20 leden 1 en 2 van het Burgerlijk Wetboek). Daarnaast is het zo, dat de aanleg van een gesloten bodemenergiesysteem buiten de eigendomsgrenzen van de initiatiefnemer, gevolgen kan hebben voor plaatsing van bodemenergiesystemen op aangrenzende terreinen. Verder dient rekening gehouden te worden met aanwezige boven- en ondergrondse infrastructuur en kabels en leidingen. Daarom is in deze beleidsregel bepaald, dat plaatsing van een gesloten bodemenergiesysteem in beginsel alleen is toegestaan op het eigen terrein. Indien dat niet mogelijk is en voorzieningen moeten worden aangebracht op terreinen van derden, is schriftelijke toestemming van die betrokken derde vereist. Daarmee wordt beoogd dat beperkingen voor het bestaande en/of het toekomstige gebruik van de bodem van de nabijgelegen grondgebieden voor de aanleg van bodemenergiesystemen zoveel mogelijk worden beperkt.

Voor zover het gesloten bodemenergiesysteem wordt aangebracht in of mede in gemeentegrond, wordt met schriftelijke toestemming bedoeld: de vergunning met betrekking tot het leggen van kabels en leidingen in het kader van de ondergrondse nutsvoorzieningen, die voor de plaatsing van een gesloten bodemenergiesysteem dient te worden aangevraagd (zie ook de Regeling Inrichting Openbare Ruimte). De vergunning wordt mede gezien als schriftelijke toestemming van de gemeente, indien het gesloten bodemenergiesysteem mede op of in gemeentegrond wordt aangelegd. De aangelegde kabels en leidingen in gemeentegrond dienen overeenkomstig de Wet Informatie-uitwisseling Ondergrondse Netten (WION) te worden aangemeld bij het kadaster.

Voor aanleg mede op of in terreinen van derden, niet zijnde de gemeente, is schriftelijke toestemming van die betrokken derde noodzakelijk. Uitgangspunt daarbij is dat, indien een gesloten bodemenergiesysteem niet uitsluitend op het eigen terrein kan worden aangelegd, het ruimtebeslag op het terrein van derden zo wordt gekozen, dat dit geen of een minimaal effect heeft op de mogelijkheden om op het aangrenzende terrein ook een bodemenergiesysteem te plaatsen.

Indien een bodemenergiesysteem niet (uitsluitend) op eigen terrein wordt geplaatst, en de in dit artikel vereiste toestemming van de betrokken eigenaar of erfpachter, op wiens terrein een (deel van het) systeem wordt aangelegd, ontbreekt, wordt de vergunning geweigerd.

D

Bijlage 9 wordt toegevoegd:

Bijlage 9.1: Bodemenergieplan Gesloten systemen in De Laakse Tuinen, Velden 1F en Waterdorp (Vathorst Amersfoort), referentie 68104/HeM/20220516, 16 mei 2022.

Bijlage 9.2: Bodemenergieplan Gesloten systemen in de Laak 3 (Vathorst Amersfoort) referentie 8313/HeM/20190529, 29 mei 2019.

Bijlage 9.3: Bodemenergieplan De Hoef West in Amersfoort, referentie 71245/BR, 8 april 2022.

E

1. De Hoofdstukaanduiding 'Hoofdstuk IX Slotbepalingen' komt te luiden; 'Hoofdstuk X Slotbepalingen'.
2. De artikelen 9.1 tot en met 9.4 worden vernummerd naar 10.1 tot en met 10.4.

Artikel 2 Citeertitel

Dit besluit wordt aangehaald als: Besluit tot het wijzigen van de Nadere regels en beleidsregels fysieke leefomgeving Amersfoort inzake beleid voor bodemenergiesystemen.

Artikel 3 Inwerkingtreding

Dit besluit treedt in werking op de eerste dag na die waarop zij is bekendgemaakt.

Vastgesteld in de vergadering van het college van burgemeester en wethouders van 22 augustus 2023,

de burgemeester,

de gemeentesecretaris,

Bijlage 9.1: Bodemenergieplan Gesloten systemen in De Laakse Tuinen, Velden 1F en Waterdorp (Vathorst Amersfoort), referentie 68104/HeM/20220516, 16 mei 2022

1 Inleiding

1.1 REVISIE BODEMENERGIEPLAN

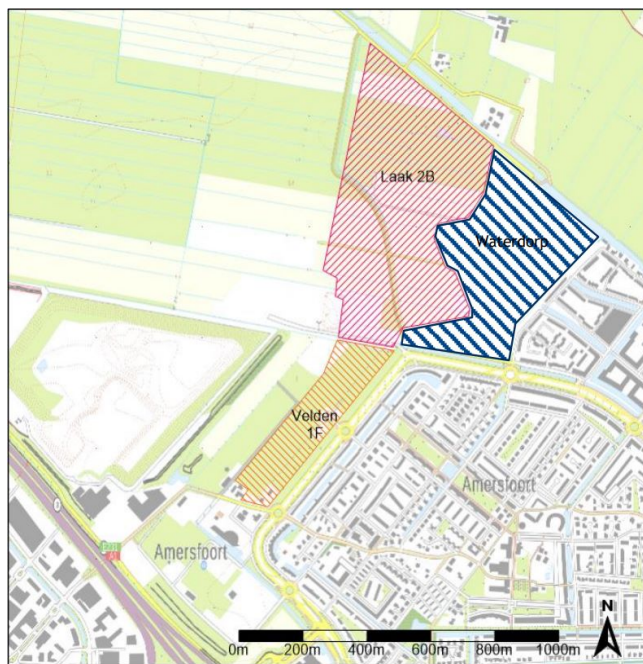
Dit "Bodemenergieplan gesloten systemen in De Laakse Tuinen, Velden 1F en Waterdorp (Vathorst Amersfoort)" met versienummer 4.0, d.d. 16 mei 2022 vervangt in zijn geheel het "Bodemenergieplan gesloten systemen in De Laakse Tuinen, Velden 1F en Waterdorp (Vathorst Amersfoort)" met versienummer 3.0, d.d. 25 augustus 2020.

De wijzigingen in dit bodemenergieplan ten opzichte van versie 3.0 zijn:

- Op basis van de meest actuele verkaveling (voorjaar 2022) zijn herberekeningen uitgevoerd en zijn de maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte en de temperatuurcorrectie door interferentie opnieuw berekend, zie Bijlage 2. Ook de thermische contouren in Figuur 3.1 en in Bijlage 1 zijn op de meest actuele verkaveling gebaseerd.
- Tekstuele wijzigingen bij voorbeeldberekeningen in hoofdstuk 5 en toevoegen nieuwe rekensheet (versie: 16 mei 2022).

1.2 DE LAAKSE TUINEN, VELDEN 1F EN WATERDORP

Verwarming van de nieuw te bouwen woningen in wijken De Laakse Tuinen en Velden 1F vindt gasloos plaats. Het moet nu en in de toekomst mogelijk zijn om alle woningen te verwarmen met behulp van individuele elektrisch aangedreven combiwarmtepompen in combinatie met gesloten bodemenergiesystemen. Daarnaast zijn ook een aantal kavels in Waterdorp onderdeel van dit bodemenergieplan. Ook deze woningen worden naar verwachting nu of in de toekomst voorzien van warmtepompen in combinatie met gesloten bodemenergiesystemen.



Figuur 1.1 | Woonwijken De Laakse Tuinen (Laak 2B), Velden 1F en Waterdorp in Amersfoort

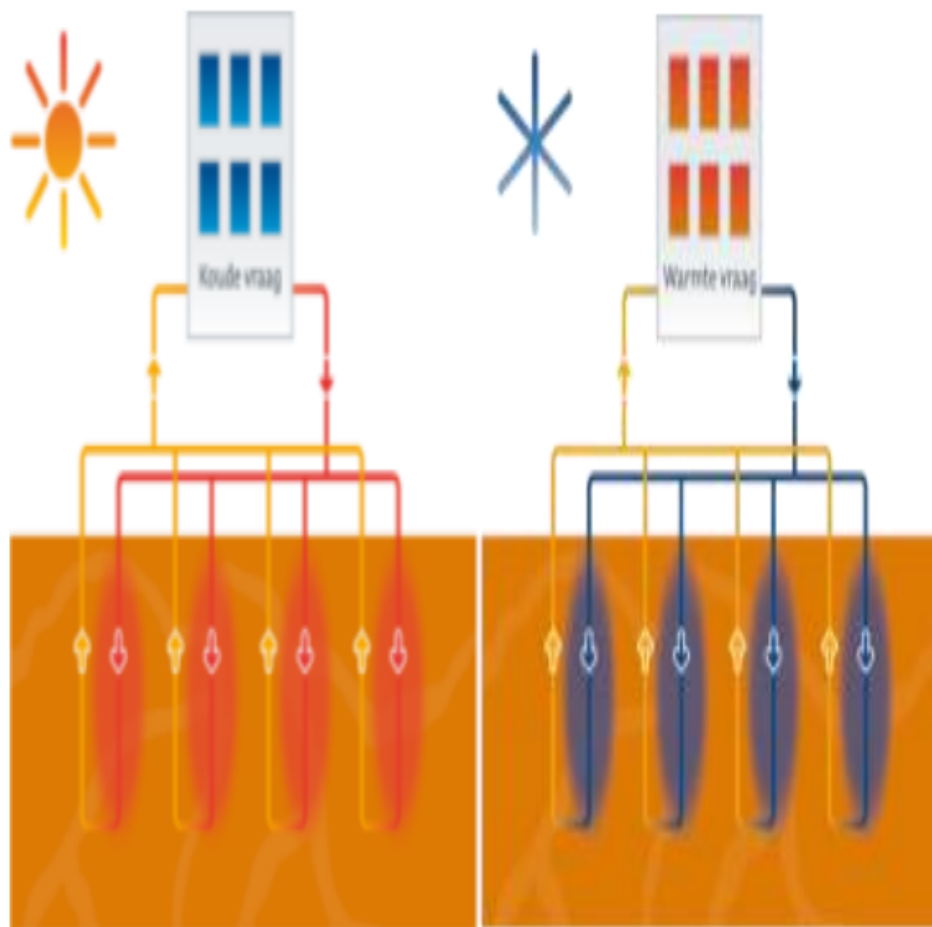
1.3 WERKINGSPRINCIPE

Met een elektrisch aangedreven combiwarmtepomp worden de ruimten van de woning en het tapwater verwarmd. De bronwarmte van de warmtepomp wordt onttrokken aan de bodem met behulp van een gesloten bodemenergiesysteem.

Een gesloten bodemenergiesysteem bestaat uit één of meerdere verticaal in de bodem aangebrachte kunststof slangen (bodemplussen) die middels een boring in de bodem tot grotere diepte worden aangebracht. In het gesloten bodemenergiesysteem stroomt een circulatievloeistof bestaande uit een mengsel van water met antivries of alleen water.

Door de warmteonttrekking daalt de temperatuur van de bodem rondom het gesloten bodemenergiesysteem. Hiervan kan in de zomer weer gebruik worden gemaakt om de woning van (beperkte) koeling te voorzien. De temperatuur van de bodem rondom het gesloten bodemenergiesysteem zal hierdoor

weer toenemen. Omdat de jaarlijkse warmteonttrekking aan de bodem groter is dan de jaarlijkse warmtetoevoer in de zomer (koeling), daalt de temperatuur van de bodem.



Figuur 1.2 | Principeschema gesloten bodemenergiesysteem

1.4 INTERFERENTIE

De woningen in De Laakse Tuinen, Velden 1F en Waterdorp onttrekken netto warmte aan de bodem. Deze grootschalige warmteonttrekking resulteert in een temperatuurdaling van de bodem. Dit houdt in dat voor een gesloten systeem op elke kavel rekening moet worden gehouden met de temperatuurdaling van de bodem ten gevolge van alle gesloten bodemenergiesystemen in de omgeving.

Om de temperatuurdaling van de bodem ten gevolge van grootschalige warmteonttrekking aan de bodem te beperken, is in dit bodemenergieplan per kavel een maximale jaarlijkse netto warmte-onttrekking per meter bodemdiepte vastgesteld. Bij het ontwerp van elk gesloten bodemenergiesysteem dient rekening te worden gehouden met deze maximale warmteonttrekking en met de lagere temperatuur van de bodem. Hiermee worden thermisch gezien robuuste systemen verkregen en wordt doelmatig gebruik gemaakt van de ondergrond.

Opgemerkt wordt dat in nieuw te realiseren woonwijken waar nog geen gesloten bodemenergiesystemen aanwezig zijn en waar in de toekomst op grote schaal gesloten bodemenergiesystemen in de bodem worden aangebracht, de temperatuursinvloed tussen de nieuw te realiseren systemen onderling vaak groter is dan 1,5°C. Deze temperatuursinvloed kan en mag groter zijn, als met het ontwerp van elk gesloten bodemenergiesysteem rekening wordt gehouden met deze lagere temperatuur van de bodem.

1.5 VERORDENING GESLOTEN BODEMENERGIESYSTEMEN

De gemeente Amersfoort heeft de woonwijken De Laakse Tuinen, Velden 1F en Waterdorp bij verordening (Verordening gesloten bodemenergiesystemen gemeente Amersfoort 2019) aangewezen als een interferentiegebied. Dit houdt in dat voor een gesloten bodemenergiesysteem de Omgevingsvergunning beperkte milieutoets (Obm) bij het bevoegd gezag moet worden aangevraagd.

1.6 REGELS EN BODEMENERGIEPLAN

De regels voor het installeren en het in werking hebben van een gesloten bodemenergiesysteem zijn voor De Laakse Tuinen, Velden 1F en Waterdorp verwoord in dit bodemenergieplan.

De regels in dit bodemenergieplan zijn zo opgesteld dat nieuw te bouwen woningen in De Laakse Tuinen, Velden 1F en een aantal nieuw te bouwen woningen in Waterdorp doelmatig gebruik kunnen maken van de ondergrond voor bodemenergie. Daarnaast zorgen de regels ervoor dat interferentie tussen de gesloten systemen en daarmee nadelige invloed op het systeemrendement wordt voorkomen. Indien uit de vergunningaanvraag blijkt dat aan de regels wordt voldaan, kan door het bevoegd gezag de vergunning worden verleend.

2 Geohydrologisch onderzoek

2.1 BODEMOPBOUW

De bodemopbouw op en in de directe omgeving van De Laakse Tuinen, Velden 1F en Waterdorp is beschreven op basis van de volgende gegevens:

- Grondwaterkaart van Nederland;
- Regionaal Geohydrologisch Informatie Systeem (REGIS);
- Boorbeschrijvingen uit het archief van TNO Bouw en Ondergrond via DINOloket;
- Boorbeschrijvingen van omliggende bodemenergiesystemen.

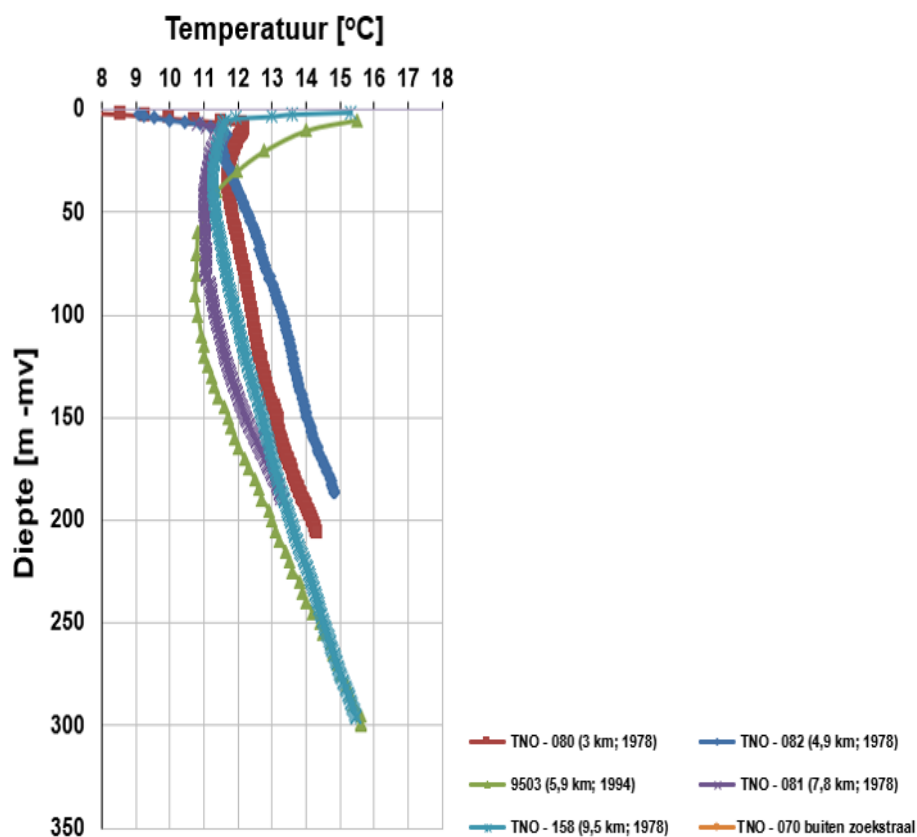
De verwachte bodemopbouw en de thermische eigenschappen van de bodemlagen zijn weergegeven in Tabel 2.1. In Figuur 2.1 zijn gemeten temperaturen van de bodem binnen een straal van 10 km rondom Laakse Tuinen weergegeven.

Tabel 2.1 | Bodemopbouw

diepte	lithologie	geohydrologie	tempe- ra- tuur	warmte- gelei- dingscoëf- ficiënt	warmte capaciteit	grondwater stroming
[m- mv]*			[°C]	[W/m².K]	[MJ/m³.K]	[m/jaar]
0 - 11	fijn zand	1e watervoerend pakket A	ca. 10,5	2,4	2,5	ca. 5 m/jaar naar het NW
11 - 21	klei en veen	lokale scheiden- de laag	ca. 10,5	1,7	2,5	
21 - 39	matig grof zand	1e watervoerend pakket B	ca. 11	2,4	2,5	5 - 10 m/jaar naar het NW
39 - 41	klei	1e scheidende laag	ca. 11	1,7	2,5	-
41 - 175	matig grof tot uiterst grof zand met grind en enkele kleilagen	2e watervoerend pakket	ca. 11 - 13	2,4	2,5	10 - 15 m/jaar naar het NW
175 - 210	klei met inschakelingen van zandlagen	2e scheidende laag	ca. 13 - 13,5	1,9	2,5	-
210 - ca. 280	afwisselend fijn zand en zandige klei, veel schelpenmateriaal	3e watervoerend pakket	ca. 13,5- 15	2,2	2,5	onbekend
> ca. 280	klei	hydrologische basis	oplopend vanaf ca. 15	1,7	2,5	-

* het maaiveld bevindt zich op circa 0,7 m+NAP

Op basis van de verkregen gegevens en de huidige (boor)technieken wordt geconcludeerd dat de bodemopbouw op de locatie tot een diepte van circa 280 m-mv geschikt is voor het toepassen van gesloten bodemenergiesystemen. Vanaf 280 m-mv begint de hydrologische basis, bestaande uit voornamelijk klei.



Figuur 2.1 | Temperatuurmetingen bodem binnen 10 km van Laakse Tuinen (bron: Database bodem-temperatuurprofielmeteringen TNO en IF Technology)

2.2 GEOHYDROLOGIE

In Tabel 2.2 zijn de relevante technische en juridische aspecten opgenomen die van invloed zijn op het installeren en het in werking hebben van een gesloten bodemenergiesysteem. In en onder de tabel zijn de aandachtspunten, risico's of belemmeringen nader toegelicht.

Tabel 2.2 | Technische en juridische aspecten bodemenergiesysteem

onderwerp		toelichting
bodemopbouw		
diepte	✓	voldoende diepte beschikbaar
thermische eigenschappen	✓	geschikt
grondwater		
grondwaterstand	✓	0,6 m+NAP (0,4 - 0,8 m+NAP) (bron: peilbuis B32B2400)
stijghoogte 1 ^e watervoerend pakket	✓	0,5 m+NAP (bron: REGIS)
stijghoogte 2 ^e watervoerend pakket	✓	1,1 m+NAP (bron: REGIS)
stijghoogte 3 ^e watervoerend pakket	⚠ 1	2,7 m+NAP (2,5 - 2,8 m+NAP) (bron: peilbuis B32B0256)
artesisch grondwater	⚠ 1	mogelijk aanwezig
juridisch		
interferentiegebied/bodemenergieplan	✓	ja
grondwatergebruikers	⚠ 2	diverse andere bodemenergiesystemen in de omgeving
grondwaterbescherming	✓	niet gelegen in een boringsvrije zone of nabij een waterwingebied
natuurbelangen	✓	geen natuur aanwezig binnen 1.000 m
archeologie/aardkundig waardevol gebied	⚠ 3	archeologisch waardevol verwachtingsgebied, niet gelegen in een aardkundig waardevol gebied
aanwezigheid waterkering	⚠ 4	waterkering met beschermingszones rondom De Laakse Tuinen

inpassing en realisatie		
belangen	✓	aanwezige kabels en leidingen: overleg met gemeente kan nodig zijn
verontreinigingen	✓	ten westen van Velden 1F ligt de vuilstort. Op basis van beschikbare informatie zijn er op de locatie van De Laakse Tuinen, Velden 1F en Waterdorp geen verontreinigingen aanwezig
✓ geschikt, geen belemmering of aandachtspunt ⚠ aandachtspunt of risico ✗ hoog risico of belemmering		

1. Artesisch grondwater

Artesisch grondwater is water wat boven het maaiveld uitkomt. Op basis van de huidige maaiveldhoogte komt de grondwaterstand mogelijk incidenteel boven het maaiveld uit. Ook komt de stijghoogte in het tweede en mogelijk in het derde watervoerend pakket boven maaiveld uit. De stijghoogte in het derde watervoerend pakket is echter bepaald aan de hand van een peilbuis op circa 4,5 km afstand. Het is onzeker of de stijghoogte ook op de projectlocatie in deze mate aanwezig is. Met het artesische grondwater moet rekening gehouden worden bij het boren door verhoogd op te stellen. Mogelijk wordt met de bouw van de wijk het maaiveld nog enigszins opgehoogd en blijkt deze maatregel niet meer of in mindere mate nodig te zijn.

2. Grondwatergebruikers

Open bodemenergiesystemen

Binnen een straal van 500 m vanaf de randen van het gebied is één open bodemenergiesysteem aanwezig (mei 2022). Dit open bodemenergiesysteem van Vathorst De Laak 1B ligt op circa 300 m afstand van de projectlocatie en bestaat uit een doublet met filters in het gecombineerde eerste en tweede watervoerende pakket (48 – 168 m-NAP). Het maximale debiet is 85 m³/uur met een jaarlijkse maximale grondwaterverplaatsing van 745.000 m³. Gezien de afstand van de bronnen tot de projectlocatie levert dit geen probleem op voor de toepassing van gesloten bodemenergiesystemen op de projectlocatie.

Het meest actuele overzicht van open bodemenergiesystemen op de locatie en in de omgeving is op te vragen bij RUD Utrecht en is tevens te vinden op www.wkotool.nl.

Gesloten bodemenergiesystemen

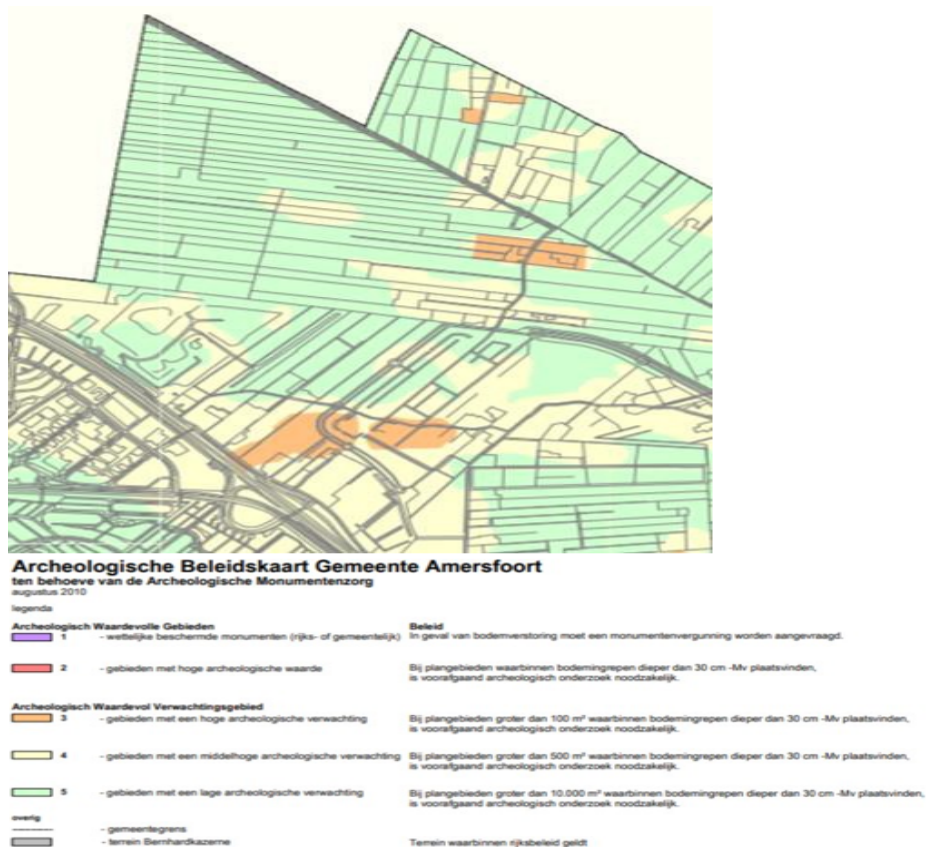
Het meest actuele overzicht van gesloten bodemenergiesystemen op de locatie en in de omgeving is op te vragen bij RUD Utrecht en is tevens te vinden op www.wkotool.nl.

Permanente grondwateronttrekkingen

Uit het overzicht van Waterschap Vallei en Veluwe (mei 2022) blijkt dat er binnen een straal van 500 m geen permanente grondwateronttrekkingen aanwezig zijn.

3. Archeologie

De archeologische beleidskaart van de gemeente Amersfoort geeft aan dat verschillende archeologische waarderingsklassen aanwezig zijn op de projectlocatie (zie Figuur 2.2). Bij een bepaalde grondverstoorte omvang moet archeologisch onderzoek uitgevoerd worden. Naar verwachting is het benodigde onderzoek al uitgevoerd voor de bouw van woningen. Indien de gesloten systemen individueel worden aangelegd wordt de onderzoeksgrens niet overschreden.

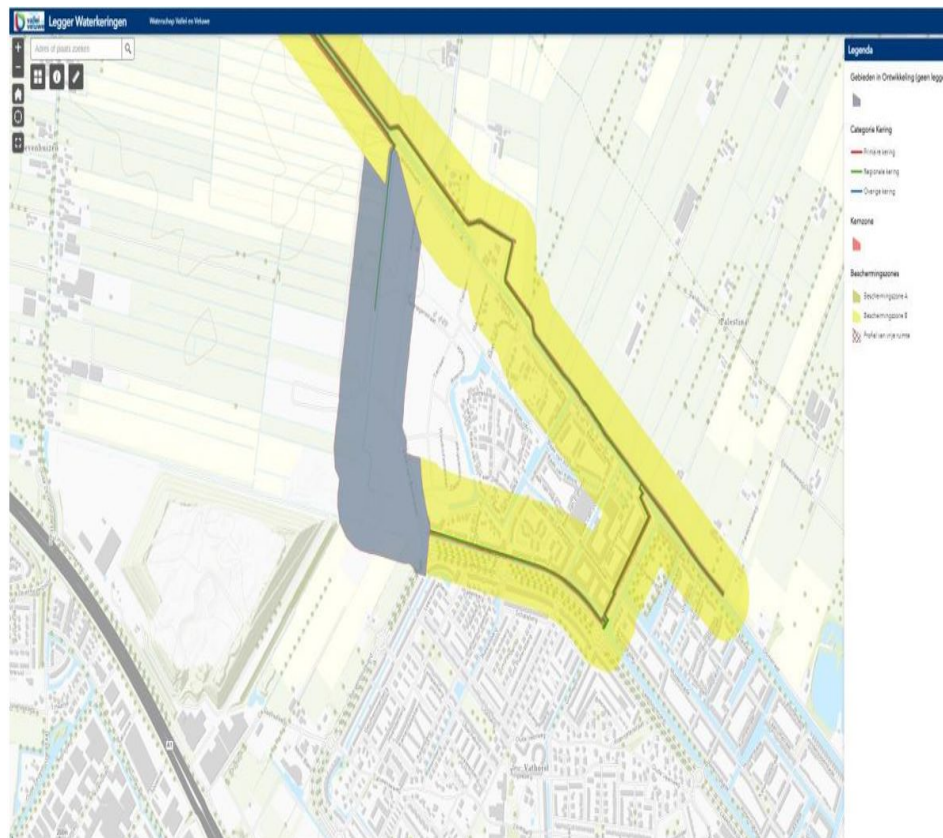


Figuur 2.2 | Archeologische verwachting op de projectlocatie (beleidskaart gemeente Amersfoort)

4. Waterkering

Op de projectlocatie De Laakse Tuinen en Waterdorp is een waterkering met bijbehorende beschermingszones gelegen (Figuur 2.3). Het westelijke gedeelte van de waterkering wordt deels verlegd met de aanbouw van de wijk De Laakse Tuinen. Dit gebied is nog in ontwikkeling.

Naar verwachting maken een aantal kavels deel uit van beschermingszone B. Uit de algemene regels van de Keur blijkt dat het realiseren van een gesloten bodemenergiesysteem binnen beschermingszone B valt onder een vrijstelling van de vergunningplicht. De aanwezigheid van de waterkering vormt dus geen belemmering voor het toepassen van gesloten systemen.



Figuur 2.3 | Waterkering met bijbehorende beschermingszones (legger Waterschap Vallei en Veluwe d.d. 16-5-2022)

2.3 RISICOANALYSE

In Tabel 2.3 is de risicoanalyse met kansen, gevolgen en beheersmaatregelen van de van belang zijnde aspecten samengevat conform het SIKB protocol 11001, paragraaf 8.2.

Tabel 2.3 | Risicoanalyse

risico	kans	gevolg	beheersmaatregel
1 bodemopbouw en thermische parameters wijken af	klein, voldoende betrouwbare informatie beschikbaar	invloed op beschikbare te onttrekken hoeveelheid warmte	accepteren
2 het doorboren van mobiele verontreiniging, opboren van verontreinigde grond tijdens realisatie	klein, o.b.v.beschikbare informatie is de ondergrond niet verontreinigd	verwerken verontreinigde grond volgens BRL 2100, Mechanisch boren	accepteren
3 invloed op rendement/functioneren nabijgelegen openbodemenergiesystemen	niet aanwezig, open bodemenergiesysteem op 300 m geen wordt niet beïnvloed	-	-
4 onderling negatieve interferentie tussen de geplande gesloten systemen	aanwezig	systemen goed dimensioneren, rekeninghoudend met systemen in omgeving	berekeningen en regels in dit bodemenergieplan volgen
5 wateroverlast aan maaiveld door artesisch watertijdens realisatie	aanwezig, o.b.v.huidige informatie komt het water tijdens realisatie boven maaiveld uit	water komt boven maaiveld uit tijdens realisatie	toepassen voorbuis en/of eventueel verhoogd opstellen

3 Bodemenergieplan

3.1 DOELSTELLING

Het belangrijkste doel van het bodemenergieplan is om regels te hebben voor het installeren en het in werking hebben van gesloten bodemenergiesystemen, zodat voor alle woningen doelmatig gebruik

wordt gemaakt van bodemenergie en dat nadelige beïnvloeding van het systeemrendement door interferentie zo veel mogelijk wordt voorkomen.

De regels zijn in dit bodemenergieplan zodanig omschreven dat het voor de particuliere kavelkoper(s), de ontwikkelaar(s), de aannemer(s), Ontwikkelingsbedrijf Vathorst, de gemeente Amersfoort en de Regionale Uitvoeringsdienst Utrecht duidelijk is waaraan gesloten bodemenergiesystemen bij nieuwbouwwoningen moeten voldoen, voor het verkrijgen van de Omgevingsvergunning beperkte milieutoets (Obm).

3.2 INTERFERENTIE EN ONTWERP

Voor het installeren en het in werking hebben van gesloten bodemenergiesystemen, zijn twee aspecten van belang: interferentie en het ontwerp.

Interferentie door bodemenergiesystemen in omgeving

In bijlage 2 (Methode toetsen interferentie tussen kleine gesloten bodemenergiesystemen) behorend bij de BUM en de HUM BE, deel 2 wordt als uitgangspunt gehanteerd dat geen sprake is van interferentie als de totaal veroorzaakte temperatuurverlaging bij alle andere systemen in de omgeving kleiner is dan 1,5°C. Deze temperatuurdaling wordt ook gehanteerd als richtlijn in de melding Besluit lozen buiten inrichtingen.

In woonwijken waar op grote schaal gesloten bodemenergiesystemen worden toegepast, kan de temperatuurdaling door interferentie groter zijn dan 1,5°C als met elk individueel ontwerp van de gesloten bodemenergiesystemen hiermee rekening wordt gehouden. Het is dus van belang om vooraf, op basis van interferentieberekeningen, het temperatuureffect van grootschalige toepassing van gesloten bodemenergiesystemen te kwantificeren. Deze interferentieberekeningen zijn voor de woonwijken De Laakse Tuinen, Velden 1F en Waterdorp uitgevoerd. De resultaten zijn beschreven in paragraaf 3.4. De potentieberekeningen resulteren per kavel in twee grootheden waaraan het ontwerp van de gesloten bodemenergiesystemen moet voldoen. Deze grootheden zijn:

- De maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte (in kWh/m).
- De temperatuurdaling ten gevolge van interferentie door nabij gelegen bodemenergiesystemen (in °C).

Ontwerp

De minimaal toe te passen bodemdiepte wordt bepaald door de maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte. Bij het in werking hebben van een gesloten bodemenergiesysteem, dient echter te allen tijde aan de algemene regel te worden voldaan, waarbij de temperatuur van de circulatievloeistof in de retourbuis van het gesloten bodemenergiesysteem (temperatuur uit de verdampers van de warmtepomp naar de bodemlus) niet lager mag zijn dan -3°C.

De temperatuurdaling van de circulatievloeistof in het gesloten bodemenergiesysteem wordt enerzijds bepaald door de temperatuurdaling ten gevolge van beïnvloeding door gesloten bodemenergiesystemen in de omgeving (interferentie) en anderzijds door de warmteonttrekking van het desbetreffende bodemenergiesysteem op het kavel zelf. Bij het ontwerp van het gesloten bodemenergiesysteem dient rekening te worden gehouden met deze extra temperatuurdaling door interferentie van systemen in de omgeving. In de ontwerpberekening voor een individueel gesloten bodemenergiesysteem (bijvoorbeeld met EED) dient de temperatuurdaling door interferentie in mindering te worden gebracht op de gemiddelde (natuurlijke) temperatuur van de bodem over de gehele aan te boren bodemdiepte.

3.3 UITGANGSPUNTEN INTERFERENTIEBEREKENING

De berekeningen ter bepaling van de maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking aan de bodem, zijn uitgevoerd met het softwarepakket MLU (Multi Layer Unsteady state). Dit programma is gemaakt voor het modelleren van grondwaterstroming in watervoerende pakketten (zie voor meer informatie hierover www.microfem.com) en wordt ook gebruikt voor het berekenen van warmtetransport (door middel van geleiding) bij gesloten bodemenergiesystemen.

De uitgangspunten voor de berekeningen zijn als volgt:

- De meest recente verkaveling van De Laakse Tuinen, Velden 1F en Waterdorp (voorjaar 2022), zie Bijlage 1 en 3.
- De bodemopbouw en de grondwaterstroming zoals deze zijn omschreven in hoofdstuk 2.
- De maximale diepte van de gesloten bodemenergiesystemen ter bepaling van de maximale netto warmteonttrekking bedraagt 280 m-mv (top hydrologische basis).
- De periode waarvoor de thermische berekeningen zijn uitgevoerd, bedraagt 50 jaar.

Opgemerkt wordt dat de Regionale Uitvoeringsdienst Utrecht (RUD Utrecht) heeft aangegeven dat de berekeningen dienen te worden uitgevoerd voor een periode van 50 jaar. RUD Utrecht wil dit om op lange termijn thermisch goed werkende gesloten bodemenergiesystemen te verkrijgen en te behouden.

Deze periode van 50 jaar geldt ook voor de ontwerpberekening die met Earth Energy Designer wordt uitgevoerd.

3.4 RESULTATEN INTERFERENTIEBEREKENING

De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in Figuur 3.1 en in Bijlage 1. In dit figuur zijn de contouren van de berekende temperatuurdaling weergegeven na een periode van 50 jaar voor de situatie waarbij op alle kavels warmte aan de bodem wordt onttrokken.

In Bijlage 2 is per kavel opgegeven wat de maximale netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte en de temperatuurdaling is. De nummering van elk gesloten bodemenergiesystemen per kavel is weergegeven in de figuren die in Bijlage 3 zijn opgenomen.



Figuur 3.1 | Thermische beïnvloeding tussen 0 en 280 m-mv na 50 jaar (zie ook Bijlage 1 voor groot formaat)

3.5 MAXIMALE JAARLIJKSE NETTO WARMTEONTTREKKING

Per kavel is de maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking tot een diepte van 280 m-mv en per meter aan te boren diepte berekend. De grootte van de maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking is gerelateerd aan de grootte van het kaveloppervlak (in m²) en een maximaal aan te boren diepte van 280 m (tot aan de hydrologische basis). De maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte is per kavel in de tabel in Bijlage 2 opgenomen.

3.6 TEMPERATUURCORRECTIE

Indien de daling in temperatuur van het eigen gesloten bodemenergiesysteem op het kavel niet wordt meegenomen, is de resulterende temperatuurdaling op het kavel uitsluitend het gevolg van de thermische invloed van de gesloten systemen in de omgeving van het desbetreffende kavel. Per kavel is in Figuur 3.1 met een gekleurde stip de berekende temperatuurdaling ten gevolge van omliggende gesloten systemen weergegeven.

In Bijlage 2 is de tabel opgenomen waarin per kavel de temperatuurdaling door interferentie is gekwalificeerd. Deze temperatuurdaling dient als correctie van de bodemtemperatuur bij het ontwerp van het gesloten bodemenergiesysteem te worden meegenomen.

4 Regels

4.1 ALGEMENE REGELS

Voor het installeren en het in werking hebben van een gesloten bodemenergiesysteem binnen de grenzen van dit bodemenergieplan, gelden de volgende algemene regels:

1. Voor het gesloten bodemenergiesysteem dient de melding: "Aanleg gesloten bodemenergiesysteem buiten inrichtingen" bij het bevoegd gezag te worden ingediend. Hierbij dient aan alle indieningvereisten te worden voldaan, zoals deze in het Besluit lozen buiten inrichtingen (Blbi) in artikel 1.10a voor gesloten systemen zijn opgenomen.
2. Voor het gesloten bodemenergiesysteem dient de Omgevingsvergunning beperkte milieutoets (Obm) bij het bevoegd gezag te worden aangevraagd.
3. Het gesloten bodemenergiesysteem dient te allen tijde te voldoen aan de "Algemene regels ten aanzien van bodemenergiesystemen", zoals deze zijn omschreven in Hoofdstuk 3a van het Besluit lozen buiten inrichtingen.
4. Indien aantoonbaar aan onderstaande regels 5 tot en met 12 wordt voldaan, is onderbouwing (waaruit blijkt dat het in werking hebben van het systeem niet leidt tot zodanige interferentie met een eerder geïnstalleerde bodemenergiesystemen dat het doelmatig functioneren van de desbetreffende systemen kan worden geschaad) niet nodig. Zie artikel 1.10a.h uit het Besluit lozen buiten inrichtingen.

4.2 LOCATIE SPECIFIEKE REGELS

Voor het installeren en het in werking hebben van een gesloten bodemenergiesysteem binnen de grenzen van dit bodemenergieplan gelden de volgende locatie specifieke regels:

5. Het gesloten bodemenergiesysteem dient te worden uitgevoerd als een verticaal bodemenergiesysteem, bestaande uit één of meerdere verticaal in de bodem aan te brengen boorgaten met bodemlus(sen).
6. De maximale diepte van de boorgaten met bodemlus(sen) bedraagt 280 m-mv.
7. De boorgaten met bodemlus(sen) dienen op eigen kavel in de bodem te worden aangebracht.
8. De afstand tussen een boorgat en de kavelgrens direct grenzend aan een kavel van een naastgelegen woning met (een gerealiseerd of nog te realiseren) bodemenergiesysteem dient te allen tijde groter of gelijk te zijn aan 3,0 m.
Daar waar in verband met een (te) smalle kavelbreedte bovenstaande afstand niet mogelijk is, dient de afstand tussen twee boorgaten te allen tijde groter dan of gelijk dient te zijn aan 6,0 m.
9. De jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte (kWh/m) dient te allen tijde kleiner of gelijk te zijn aan de voor het kavel toegewezen maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte. Zie: "Maximale jaarlijkse netto warmtelevering per meter bodemdiepte" in Bijlage 2.
10. Bij het ontwerp dient voor het bepalen van de minimaal benodigde diepte van de boorgaten en het aantal boorgaten rekening te worden gehouden met de temperatuurdaling die optreedt op het kavel ten gevolge van interferentie. Zie: "Temperatuurcorrectie door interferentie" in Bijlage 2.
11. Ten behoeve van het ontwerp dient voor elk individueel gesloten bodemenergiesysteem een berekening voor een periode van minimaal 50 jaar te worden uitgevoerd. Bij deze berekening dient de temperatuurdaling door interferentie te worden meegenomen.
Voor de berekening wordt gebruik gemaakt van het programma Earth Energy Designer (EED) (of met een gelijkwaardig gevalideerd model zoals in BRL 11001 weergegeven programma's GHeppo,

DST en SBM). De resultaten van de berekening dienen als bijlage bij de vergunningaanvraag te worden toegevoegd.

12. Bij wijzigingen in aantal of grootte van één of meerdere kavels dienen de "Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking" en de "Temperatuurcorrectie door interferentie" opnieuw te worden bepaald. Dit vindt als volgt plaats:
 - De "Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking" per meter bodemdiepte (in kWh/m) dient voor het gewijzigde kavel te worden berekend door het oppervlak van het kavel te vermenigvuldigen met 0,126 (kWh/m)/m².
 - Voor de "Temperatuurcorrectie door interferentie" dient de waarde van het dichtstbijzijnde kavel in Bijlage 2 te worden aangehouden.

Twee voorbeeldberekeningen zijn opgenomen in hoofdstuk 5 van dit Bodemenergieplan.

5 Voorbeeldberekeningen

5.1 INLEIDING

Om inzicht te geven hoe dit bodemenergieplan moet worden gelezen en hoe de regels moeten worden geïnterpreteerd, zijn in dit hoofdstuk drie voorbeeldberekeningen uitgewerkt.

In onderstaande tabel is de verklaring gebruikte symbolen in dit hoofdstuk opgenomen. De voorbeelden zijn deels uitgewerkt in rekensheets die als Bijlage 4 in dit document zijn opgenomen.

Tabel 5.1 | Verklaring van symbolen

symbool	eenheid	toelichting
Q _{rv}	MWh	De energiehoeveelheid voorruimteverwarming (bouwwerk)
Q _{tv}	MWh	De energiehoeveelheid voortapwaterverwarming (bouwwerk)
Q _k	MWh	De energiehoeveelheid voor koeling (bouwwerk)
SPF	-	Seasonal Performance Factor
T bodem natuurlijk	°C	De natuurlijke temperatuur van de bodem
T correctie	°C	De correctie van de temperatuur die is opgenomen in dit bodemenergieplan
T bodem met correctie = T input EED	°C	De temperatuur bodeminclusief correctie (is invoerwaarde EED)
T gem, circulatievloeistof	°C	De gemiddelde temperatuur van de circulatievloeistof in de bodemlus
T verdamper	°C	De temperatuur aan de verdamperzijde van de warmtepomp

5.2 VOORBEELD 1 - GROTE WONING

Gegevens woning met warmtepomp en gesloten bodemenergiesysteem

Voor ruimte- en tapwaterverwarming en het koelen van een relatief grote woning met een kaveloppervlakte van circa 400 m² wordt een elektrische combiwarmtepomp met een gesloten bodemenergiesysteem toegepast. Uit de SPF-berekening van de installateur blijkt bijvoorbeeld: De warmtevraag van de woning (het bouwwerk) voor ruimte- en tapwaterverwarming bedraagt 14 respectievelijk 6 MWh per jaar. De gemiddelde SPF van de warmtepomp bedraagt 4,5 voor ruimteverwarming en 3,0 voor tapwaterverwarming. De koudevraag (van het bouwwerk) bedraagt 4 MWh per jaar met een SPF van 40 voor de circulatiepomp.

Voor het kavel geldt volgens Bijlage 2 in dit bodemenergieplan een maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter aangeboorde bodemdiepte van 50,3 kWh/m en een temperatuurcorrectie van 4,5°C.

Berekening jaarlijkse netto warmteonttrekking aan bodem

Met bovenstaande gegevens kan de hoeveelheid warmte worden berekend die met het gesloten bodemenergiesysteem aan de bodem wordt onttrokken en wordt toegevoerd. Het resultaat van de berekening is de jaarlijkse netto warmteonttrekking in MWh voor het gesloten bodemenergiesysteem, zie Tabel 5.2. Zie ook de rekensheet in Bijlage 4.

Tabel 5.2 | Berekening jaarlijkse netto warmteonttrekking aan bodem

Bouwwerk SPF Berekening Bodemzijdig				
Ruimteverwarming	14,0 MWh	4,5	$Q_{rv} \times ((SPF - 1) / SPF)$ $14,0 \times ((4,5 - 1) / 4,5)$	10,9 MWh
Tapwaterverwarming	6,0 MWh	3,0	$Q_{tw} \times ((SPF - 1) / SPF)$ $6,0 \times ((3,0 - 1) / 3,0)$	4,0 MWh
Warmteonttrekking aan bodem				14,9 MWh
Koeling	4,0 MWh	40	$Q_k + (Q_k / SPF)$ $4,0 + (4,0 / 40)$	4,1 MWh
Warmtetoevoer aan bodem				4,1 MWh
Jaarlijkse nettowarmteonttrekking = Warmteonttrekking aan bodem – Warmtetoevoer aan bodem				10,8 MWh

Minimaal benodigde diepte van de boorgaten (regel 9)

Voor dit voorbeeld blijkt uit de in Bijlage 2 van dit bodemenergieplan dat voor het desbetreffende kavel een maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter aangeboorde bodemdiepte geldt van 50,3 kWh/m. Op basis van deze maximale netto warmteonttrekking per meter, bedraagt de minimaal aan te boren bodemdiepte ter voorkoming van te grote interferentie naar de omgeving: 215 m-mv (10.800 kWh / 50,3 kWh/m).

Ontwerp gesloten bodemenergiesysteem (regels 10 en 11)

De minimale diepte van de boorgaten is niet altijd gelijk aan de totaal benodigde boorgat lengte volgens regel 9. Het in werking hebben van het gesloten bodemenergiesysteem dient te allen tijde te voldoen aan de algemeen geldende regels, zoals deze zijn omschreven in het Besluit lozen buiten inrichtingen (zie regel 3 in paragraaf 4.1). Eén van deze algemene regels is dat de minimale temperatuur van de circulatievloeistof in de retourbuis van het gesloten bodemenergiesysteem (temperatuur uit de verdamper van de warmtepomp naar de bodemlus) niet lager mag zijn dan -3°C.

Om aan deze regel te voldoen dient per individueel gesloten bodemenergiesysteem een ontwerp voor 50 jaar¹ te worden vervaardigd. Voor de berekening wordt gebruik gemaakt van het programma Earth Energy Designer (EED) (of een gelijkwaardig gevalideerd model zoals in BRL 11001 weergegeven programma's Glhepro, DST en SBM). Bij deze berekening dient rekening te worden gehouden met de "Temperatuurcorrectie door interferentie", zoals deze voor het betreffende kavel is opgenomen in de tabel in Bijlage 2 in dit bodemenergieplan. Deze temperatuurdaling dient in mindering te worden gebracht op de natuurlijke gemiddelde bodemtemperatuur.

De natuurlijke gemiddelde temperatuur van de bodem is afhankelijk van de aan te boren diepte en wordt als volgt berekend:

$$T_{\text{bodem natuurlijk}} = 0,0063 * \text{bodemdiepte} + 10,5^{\circ}\text{C}$$

De gemiddelde temperatuur van de bodem over de diepte van het boorgat, waarbij rekening wordt gehouden met temperatuurinvloed van naastgelegen systemen, wordt als volgt berekend:

$$T_{\text{bodem met correctie}} = T_{\text{input EED}} = T_{\text{bodem natuurlijk}} - T_{\text{correctie}}$$

De voor dit voorbeeld uitgevoerde Earth Energy Designer berekening laat zien met een diepte van 215 m de temperatuur van de circulatievloeistof te ver daalt onder -3,0°C. De uiteindelijke EED berekening laat zien dat met een minimale aan te boren boorgatdiepte van 265 m dient te worden volstaan. De minimale gemiddelde temperatuur van de circulatievloeistof bij één boorgat tot 265 m na 50 jaar daalt tot -0,9°C. Met een temperatuurverschil over de verdamper van de warmtepomp van 4°C, resulteert dit in een minimale temperatuur van de circulatievloeistof van -2,9°C. Deze is als volgt berekend:

$$T_{\text{gem, circulatievloeistof}} - (\Delta T_{\text{verdamper}} / 2) = -0,9^{\circ}\text{C} - (4,0 / 2) = -2,9^{\circ}\text{C}$$

De minimale temperatuur van de circulatievloeistof is hoger dan -3°C, waardoor wordt voldaan aan de algemene regel van de minimale temperatuur van de circulatievloeistof van -3°C.

De in EED te hanteren bodemtemperatuur ($T_{\text{bodem met correctie}}$) bedraagt 7,7°C. Deze is als volgt berekend:

1) Zie opmerking in paragraaf 3.3.

$$T_{\text{bodem natuurlijk}} = 0,0063 \cdot 265 + 10,5^{\circ}\text{C} = 12,2^{\circ}\text{C}$$

De gemiddelde temperatuur van de bodem over de diepte van het boorgat, waarbij rekening wordt gehouden met temperatuurinvloed van naastgelegen systemen, wordt als volgt berekend:

$$T_{\text{bodem met correctie}} = T_{\text{input EED}} = 12,2 - 4,5 = 7,7^{\circ}\text{C}$$

Conclusie

Het uiteindelijke resultaat is dat voor dit kavel een gesloten bodemenergiesysteem moet worden toegepast dat bestaat uit één boorgat met een minimale bodemdiepte van 265 m. De regel met betrekking tot het ontwerp is in deze situatie leidend boven de regel met betrekking tot interferentie. Het gevolg is dat dit systeem een kleinere temperatuurdaling bij nabijgelegen systemen veroorzaakt. Dit is een positief effect en gunstig voor het rendement van het eigen systeem en nabij gelegen systemen.

Opgemerkt wordt nog dat het niet is toegestaan om in deze situatie twee boorgaten tot 133 m-mv toe te passen, zie kader hierna.

Indien uit de ontwerpberekening met EED blijkt dat bij toepassing van één boorgat tot 280 m-mv de minimale temperatuur van de circulatievloeistof lager is dan -3°C , dan zijn per kavel meerdere boorgaten nodig. De einddiepte blijft ongewijzigd omdat deze per kavel wordt bepaald op basis van de maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking. Er zijn in deze situatie dus meerdere boorgaten nodig met elk een diepte van 280 m-mv. Het is in deze situatie ook mogelijk om het ontwerp van de woning aan te passen. Zie hiervoor paragraaf 5.4.

Het is niet toegestaan bij toepassing van bijvoorbeeld twee boorgaten op het kavel om de netto warmteonttrekking per meter boorgat te verdubbelen. De netto warmteonttrekking geldt per kavel!

5.3 VOORBEELD 2 - KLEINE WONING

Gegevens woning met warmtepomp en gesloten bodemenergiesysteem

Voor ruimte- en tapwaterverwarming en het koelen van een woning wordt een elektrische combiwarmtepomp met een gesloten bodemenergiesysteem toegepast. Uit de SPF-berekening van de installateur blijkt bijvoorbeeld: De warmtevraag van de woning (het bouwwerk) voor ruimte- en tapwaterverwarming bedraagt 4,2 respectievelijk 3,5 MWh per jaar. De gemiddelde SPF van de warmtepomp bedraagt 4,5 voor ruimteverwarming en 3,0 voor tapwaterverwarming. De koudevraag (van het bouwwerk) bedraagt 1,0 MWh per jaar met een SPF van 40 voor de circulatiepomp.

Voor het kavel geldt volgens Bijlage 2 in dit bodemenergieplan een maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter aangeboorde bodemdiepte van 17,7 kWh/m en een temperatuurcorrectie van $5,6^{\circ}\text{C}$.

Berekening jaarlijkse netto warmteonttrekking aan bodem

Met bovenstaande gegevens kan de hoeveelheid warmte worden berekend die met het gesloten bodemenergiesysteem aan de bodem wordt onttrokken en wordt toegevoerd. Het resultaat van de berekening is de jaarlijkse netto warmteonttrekking in MWh voor het gesloten bodemenergiesysteem, Tabel 5.3. Zie ook de rekensheet in Bijlage 4.

Tabel 5.3 | Berekening jaarlijkse netto warmteonttrekking aan bodem

Bouwwerk	SPF	Berekening	Bodemzijdig	
Ruimteverwarming	4,2 MWh	4,5	$Q_{rv} \times ((SPF - 1) / SPF)$ $4,2 \times ((4,5 - 1) / 4,5)$	3,3 MWh
Tapwaterverwarming	3,5 MWh	3,0	$Q_{tw} \times ((SPF - 1) / SPF)$ $3,5 \times ((3,0 - 1) / 3,0)$	2,3 MWh
Warmteonttrekking aan bodem				5,6 MWh
Koeling	1,0 MWh	40	$Q_k + (Q_k / SPF)$ $1,0 + (1,0 / 40)$	1,0 MWh
Warmtetoevoer aan bodem				1,0 MWh
Jaarlijkse nettowarmteonttrekking = Warmteonttrekking aan bodem – Warmtetoevoer aan bodem				4,6 MWh

Minimaal benodigde diepte van de boorgaten (regel 9)

Voor dit voorbeeld blijkt uit de in Bijlage 2 van dit bodemenergieplan dat voor het desbetreffende kavel een maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter aangeboorde bodemdiepte geldt van 17,7 kWh/m. Op basis van de maximale netto warmteonttrekking per meter, bedraagt de minimaal aan te boren bodemdiepte ter voorkoming van te grote interferentie naar de omgeving: 260 m-mv (4.600 kWh/17,7 kWh/m).

Ontwerp gesloten bodemenergiesysteem (regels 10 en 11)

Zoals eerder is opgemerkt, is de aangeboorde diepte niet altijd gelijk aan de totaal benodigde boorgat lengte. Het in werking hebben van het gesloten bodemenergiesysteem dient te allen tijde te voldoen aan de algemeen geldende regels, zoals deze zijn omschreven in het Besluit lozen buiten inrichtingen (zie regel 3 in paragraaf 4.1). Eén van deze algemene regels is dat de minimale temperatuur van de circulatievloeistof in de retourbuis van het gesloten bodemenergiesysteem (temperatuur uit de verdamper van de warmtepomp naar de bodemlus) niet lager mag zijn dan -3°C.

Om aan deze regel te voldoen dient per individueel gesloten bodemenergiesysteem een ontwerp voor 50 jaar te worden vervaardigd. Voor de berekening wordt gebruik gemaakt van het programma Earth Energy Designer (EED) (of een gelijkwaardig gevalideerd model zoals in BRL 11001 weergegeven programma's Glhepro, DST en SBM). Bij deze berekening dient rekening te worden gehouden met de "Temperatuurcorrectie door interferentie", zoals deze voor het betreffende kavel is opgenomen in de tabel in Bijlage 2 in dit bodemenergieplan. Deze temperatuurdaling dient in mindering te worden gebracht op de natuurlijke gemiddelde bodemtemperatuur.

De resultaten van de berekeningen met EED laten zien dat met één boorgat tot ongeveer 160 m diepte kan worden volstaan. Echter de minimale aan te boren diepte op basis van interferentie bedraagt 260 m, waardoor deze boordiepte als ontwerpdiepte dient te worden aangehouden.

De voor dit voorbeeld uitgevoerde Earth Energy Designer berekening laat zien dat de minimale gemiddelde temperatuur van de circulatievloeistof bij één boorgat tot 260 m na 50 jaar daalt tot +2,1°C. Met een temperatuurverschil over de verdamper van de warmtepomp van 4°C, resulteert dit in een minimale temperatuur van de circulatievloeistof van +0,1°C. Deze is als volgt berekend:

$$T_{gem, circulatievloeistof} - (\Delta T_{verdamp} / 2) = +2,1^{\circ}\text{C} - (4,0 / 2) = +0,1^{\circ}\text{C}$$

De minimale temperatuur van de circulatievloeistof is hoger dan -3°C, waardoor wordt voldaan aan de algemene regel van de minimale temperatuur van de circulatievloeistof van -3°C.

De in EED te hanteren bodemtemperatuur (T_{bodem} met correctie) bedraagt 6,5°C. Deze is als volgt berekend:

$$T_{bodem\ natuurlijk} = 0,0063 * 260 + 10,5^{\circ}\text{C} = 12,1^{\circ}\text{C}$$

De gemiddelde temperatuur van de bodem over de diepte van het boorgat, waarbij rekening wordt gehouden met temperatuurinvloed van naastgelegen systemen, wordt als volgt berekend:

$$T_{bodem\ met\ correctie} = T_{input\ EED} = 12,1 - 5,6 = 6,5^{\circ}\text{C}$$

Conclusie

Het uiteindelijke resultaat is dat voor dit kavel een gesloten bodemenergiesysteem moet worden toegepast dat bestaat uit één boorgat met een bodemdiepte van 260 m. In deze situatie is de regel met betrekking van interferentie dus leidend ten opzichte van de ontwerp regel. Het gevolg is dat dit systeem een ongewijzigd thermisch effect heeft naar de systemen in de omgeving. De hoge temperatuur van circulatievloeistof in de winter heeft een positief effect op het rendement van het eigen systeem. Opgemerkt wordt nog dat het niet is toegestaan om in deze situatie twee boorgaten tot 130 m-mv toe te passen.

5.4 WARMTEVRAAG WONING GROTER DAN MAXIMALE NETTO JAARLIJKSE WARMTELEVERING BODEM

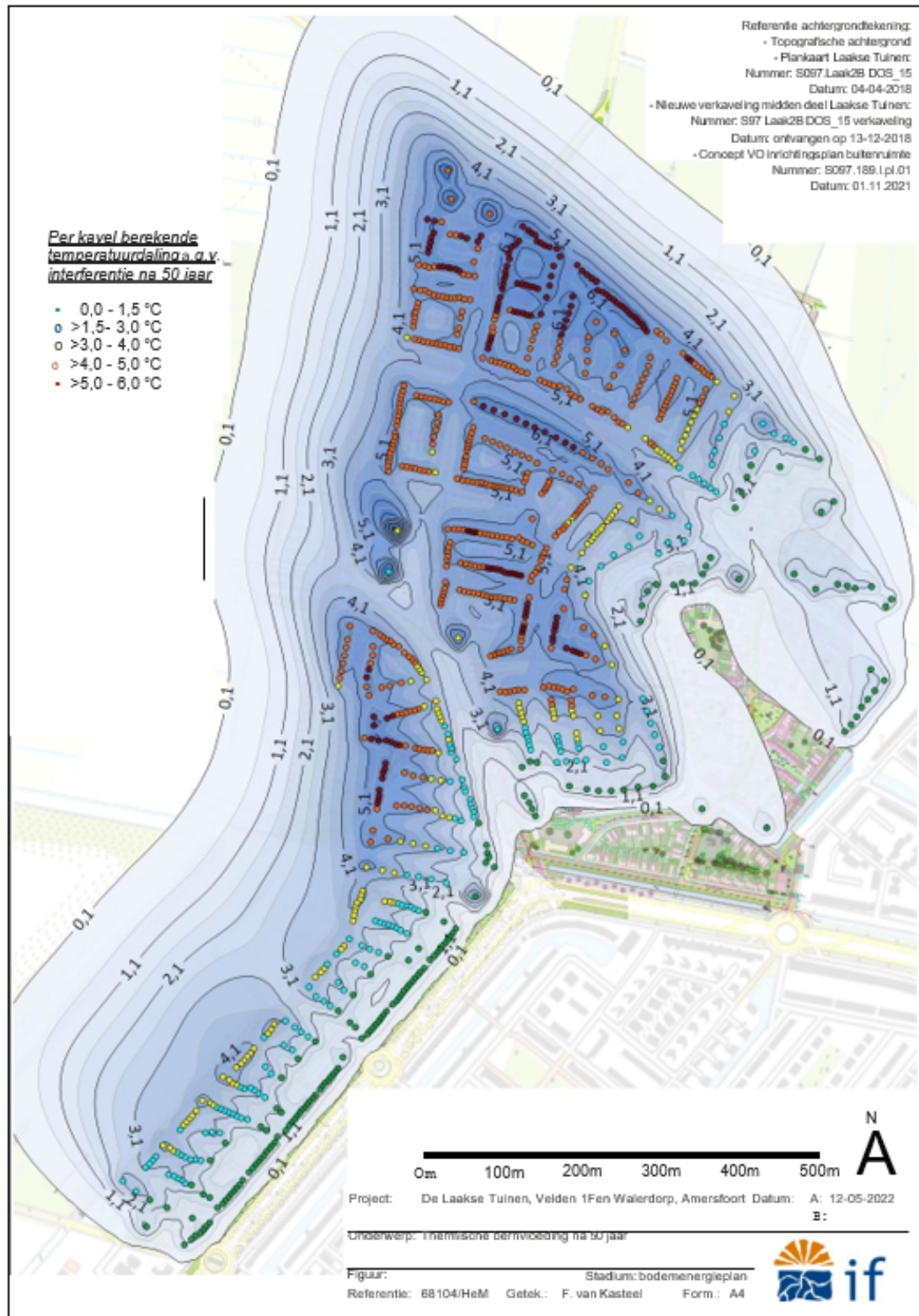
Indien een relatief grote woning wordt gerealiseerd op een relatief klein kavel, is de kans aanwezig dat de benodigde jaarlijkse netto warmteonttrekking van de woning groter is dan de maximale jaarlijkse netto warmtelevering van de bodem. In deze situatie dient het ontwerp van het gesloten bodemenergiesysteem te worden aangepast. Het is niet toegestaan bij toepassing van twee boorgaten op het kavel om de netto warmteonttrekking per meter boorgat per kavel te verdubbelen. De netto warmteonttrekking geldt per kavel.

De wijzigingen die hierbij kunnen worden doorgevoerd zijn bijvoorbeeld:

- Het verkleinen van de warmtevraag voor ruimte- en/of tapwaterverwarming door bijvoorbeeld het toepassen van betere isolatie en/of het toepassen van een zonneboiler.
- Het vergroten van de koudevraag of extra warmte in de bodem laden, door andere instellingen van de warmtepomp (al koelen bij lagere buitentemperaturen) en/of het toepassen van zonnecollectoren die in de zomer warmte van de zon in de bodem laden.

Het verkleinen van de warmtevraag en/of het vergroten van de koudevraag/regeneratie leiden tot een kleinere jaarlijkse netto warmteonttrekking aan de bodem. De jaarlijkse netto warmteonttrekking dient dusdanig te worden verlaagd, totdat deze gelijk is aan de maximale jaarlijkse netto warmtelevering van de bodem.

Bijlage 1 Figuur met thermische beïnvloeding



Bijlage 2 Warmteonttrekking en temperaturen

De Laakse Tuinen - Fase 1 12 mei 2022

Nummer	Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdpte	Temperatuurcorrectie door interferentie
	kWh/m	°C

1	74,7	3,3
2	56,4	3,1
3	60,2	2,8
4	67,0	2,7
5	76,0	2,6
6	90,8	2,2
7	37,7	1,7
8	34,4	2,0
9	32,9	2,3
10	31,3	2,5
11	31,7	2,7
12	50,3	4,5
13	51,0	4,7
14	51,0	4,9
15	63,8	5,0
16	51,0	5,1
17	51,0	5,1
18	63,8	5,1
19	63,8	5,1
20	51,0	5,2
21	51,0	5,2
22	63,8	5,1
23	63,8	5,1
24	63,8	5,1
25	51,0	5,1
26	60,7	4,9
27	23,0	4,6
28	15,5	4,7
29	16,0	4,7
30	16,5	4,7
31	27,6	4,6
32	26,9	4,5
33	16,5	4,6
34	16,5	4,6
35	31,0	4,3
36	31,0	4,3
37	16,2	4,4
38	16,4	4,4
39	27,9	4,3
40	23,9	4,2
41	15,5	4,2
42	16,2	4,2
43	29,8	3,9
44	43,7	4,5
45	38,2	4,7
46	35,8	4,8
47	33,1	4,9
48	31,4	5,1
49	30,5	5,2

50	30,6	5,3
51	31,6	5,4
52	33,5	5,4
53	43,5	5,3
54	31,2	5,2
55	21,0	5,4
56	21,1	5,4
57	21,1	5,5
58	21,2	5,5
59	26,3	5,6
60	22,9	5,7
61	21,9	5,7
62	21,2	5,7
63	20,9	5,6
64	19,6	5,6
65	19,4	5,6
66	19,4	5,6
67	20,4	5,6
68	20,6	5,6
69	17,6	5,6
70	17,9	5,5
71	18,4	5,5
72	19,2	5,4
73	24,2	5,3
74	26,6	5,1
75	18,7	5,0
76	18,7	4,9
77	32,7	4,7
78	47,4	4,9
79	30,6	4,9
80	29,5	4,9
81	29,9	4,8
82	30,1	4,6
83	29,9	4,5
84	29,3	4,3
85	33,0	4,1
86	57,0	4,3
87	54,0	4,6
88	51,3	4,8
89	59,4	4,9
90	89,2	5,0
91	63,0	5,0
92	73,5	4,9
93	49,3	4,8
94	55,8	4,5
95	57,3	4,2
96	32,8	4,9
97	18,3	5,1
98	18,3	5,1

99	18,3	5,0
100	18,3	5,0
101	17,4	4,9
102	19,0	4,8
103	18,1	4,6
104	17,1	4,5
105	36,6	3,9
106	33,6	4,2
107	33,6	4,1
108	33,6	4,1
109	33,6	4,0
110	33,6	3,9
111	33,6	3,9
112	33,6	3,8
113	33,6	3,7
114	33,6	3,6
115	37,9	3,3
116	29,9	2,9
117	17,0	3,3
118	17,0	3,5
119	17,0	3,6
120	17,0	3,7
121	17,0	3,8
122	17,0	3,9
123	18,3	4,1
124	17,3	4,1
125	34,5	3,9
126	21,6	4,8
127	15,6	4,9
128	15,6	4,9
129	15,6	4,8
130	15,6	4,8
131	15,6	4,7
132	15,6	4,7
133	15,6	4,6
134	15,6	4,5
135	15,6	4,3
136	23,2	4,1
137	19,1	4,5
138	17,5	4,9
139	16,1	4,9
140	19,4	5,0
141	31,5	4,8
142	24,0	5,6
143	18,8	5,6
144	18,1	5,1
145	20,1	5,1
146	15,3	5,0
147	15,3	5,3

148	15,1	5,1
149	15,0	5,2
150	14,8	5,3
151	14,7	5,3
152	17,1	4,9
153	17,0	5,0
154	18,1	5,0
155	18,7	5,0
156	18,8	5,0
157	19,4	4,9
158	46,0	4,7
159	17,7	5,1
160	17,8	5,2
161	18,2	5,1
162	18,2	5,0
163	22,8	4,9
164	17,1	5,0
165	16,8	5,2
166	16,9	5,2
167	25,7	5,1
168	28,0	4,6
169	28,3	4,6
170	29,9	4,7
171	42,9	5,1
172	30,2	5,0
173	15,3	5,6
174	15,1	5,7
175	15,0	5,7
176	14,8	5,6
177	14,7	5,6
178	15,2	5,4
179	26,2	5,3
180	17,6	5,5
181	17,7	5,6
182	17,9	5,7
183	17,3	5,7
184	22,4	5,5
185	19,8	5,5
186	24,1	5,6
187	19,7	5,5
188	41,7	5,6
189	20,1	5,9
190	20,1	5,9
191	19,0	5,8
192	28,1	5,8
193	24,5	5,9
194	22,6	5,8
195	19,4	5,7
196	34,8	5,3

197	34,3	5,3
198	44,8	5,4
199	37,7	5,4
200	33,0	5,4
201	46,1	5,2
202	18,2	4,4
203	19,0	4,3
204	41,9	3,9
205	18,1	4,1
206	16,3	4,3
207	16,4	4,3
208	16,6	4,3
209	16,8	4,4
210	16,1	4,4
211	17,2	4,4
212	17,5	4,5
213	29,2	4,3
214	19,9	4,6
215	18,2	4,4
216	18,2	4,4
217	15,0	4,9
218	19,1	4,9
219	20,3	4,9
220	30,4	4,7
221	17,1	4,8
222	17,1	4,8
223	17,1	4,7
224	17,1	4,7
225	17,1	4,6
226	14,9	4,6
227	19,1	4,7
228	20,2	4,6
229	31,2	4,4
230	20,8	4,6
231	32,5	4,7
232	21,0	5,0
233	19,9	4,9
234	15,7	5,0
235	17,5	5,1
236	18,3	5,1
237	18,3	5,2
238	18,3	5,2
239	18,3	5,1
240	16,1	5,1
241	18,5	5,0
242	19,4	5,0
243	32,1	4,8
244	18,7	5,0
245	18,1	5,0

246	20,6	5,1
247	27,7	5,1
248	22,6	5,3
249	22,6	5,2
250	22,6	5,2
251	23,4	5,1
252	26,0	5,1
253	22,8	5,0
254	18,2	4,4
255	17,1	5,2
256	16,9	5,1
257	17,8	4,5
258	25,1	4,5
259	24,8	4,6
260	29,4	5,1
261	20,4	5,2
262	25,4	5,0
263	17,4	4,8
264	25,5	4,9
265	19,0	4,3
266	210,0	4,7
267	210,0	4,6
268	178,5	4,8

De Laakse Tuinen (excl. fase 1) en Velden 1F 12 mei 2022

Nummer	Maximale jaarlijkse netto warmte- onttrekking per meter bodemdiepte	Temperatuurcorrectie door in- terferentie
	kWh/m	°C
269	34,5	4,6
270	18,8	4,8
271	18,8	4,8
272	18,8	4,7
273	18,8	4,7
274	19,8	4,6
275	20,9	4,6
276	20,9	4,5
277	20,9	4,5
278	21,4	4,4
279	21,4	4,5
280	20,9	4,7
281	19,8	4,7
282	19,8	4,8
283	19,2	4,8
284	18,3	4,8
285	18,3	4,8
286	18,3	4,8
287	18,1	4,7
288	20,5	4,2
289	20,5	4,3

290	20,5	4,2
291	20,5	4,2
292	20,5	4,2
293	20,5	4,2
294	20,5	4,1
295	37,9	3,8
296	33,3	4,0
297	31,3	4,1
298	32,0	4,2
299	31,3	4,3
300	32,0	4,3
301	33,2	4,3
302	29,6	4,3
303	17,4	4,6
304	17,7	4,7
305	18,1	4,8
306	18,3	4,8
307	18,6	4,7
308	18,8	4,7
309	19,3	4,5
310	28,1	4,4
311	14,8	4,5
312	14,3	4,6
313	29,3	4,4
314	16,4	4,7
315	16,8	4,7
316	17,0	4,7
317	11,6	4,9
318	11,0	4,9
319	10,9	4,8
320	11,4	4,8
321	16,6	4,7
322	15,9	4,7
323	16,2	4,7
324	16,2	4,6
325	18,0	4,6
326	15,9	4,5
327	15,9	4,4
328	25,0	4,3
329	15,1	4,6
330	14,2	4,7
331	11,1	4,6
332	10,8	4,6
333	10,3	4,7
334	10,1	4,7
335	12,2	4,7
336	15,4	4,7
337	15,9	4,8
338	34,1	4,5

339	27,8	4,7
340	30,6	4,6
341	30,5	4,7
342	32,2	4,7
343	32,6	4,8
344	31,7	4,8
345	31,9	4,7
346	42,9	4,5
347	16,5	4,5
348	13,9	4,6
349	8,5	4,4
350	38,2	4,5
351	34,0	4,1
352	10,7	4,0
353	27,6	4,1
354	11,3	4,0
355	14,4	4,1
356	14,9	4,1
357	17,9	4,2
358	94,4	4,3
359	11,8	4,2
360	8,0	4,3
361	7,5	4,4
362	7,8	4,4
363	7,9	4,4
364	33,3	4,5
365	33,6	4,4
366	34,6	4,4
367	28,5	4,2
368	14,8	4,2
369	14,2	4,2
370	14,1	4,1
371	11,0	4,2
372	10,1	4,2
373	10,0	4,1
374	64,3	4,1
375	62,7	3,7
376	62,2	1,7
377	83,7	2,0
378	73,6	1,9
379	68,2	2,2
380	67,7	2,9
381	63,3	3,3
382	71,1	4,4
383	65,9	2,3
384	11,5	3,5
385	55,1	3,8
386	55,9	3,1
387	47,0	4,2

388	41,6	4,4
389	61,2	3,2
390	47,3	2,8
391	24,4	3,3
392	14,6	3,4
393	15,2	3,5
394	11,2	3,6
395	10,5	3,6
396	10,6	3,6
397	12,7	3,6
398	15,1	3,7
399	15,6	3,9
400	15,4	4,0
401	33,7	3,9
402	63,5	3,2
403	63,1	2,6
404	63,3	2,3
405	49,8	2,3
406	18,6	4,9
407	17,4	4,7
408	28,1	4,5
409	16,0	4,7
410	34,3	4,7
411	19,6	5,0
412	18,4	5,0
413	19,1	4,9
414	12,5	5,1
415	11,9	5,1
416	11,7	5,1
417	12,4	5,1
418	16,5	5,0
419	16,0	5,0
420	15,9	5,0
421	16,4	5,0
422	18,3	5,0
423	17,6	5,0
424	17,6	5,0
425	27,1	4,9
426	17,3	5,0
427	16,1	4,9
428	25,2	4,7
429	25,8	4,4
430	16,8	4,7
431	15,6	4,7
432	16,6	4,8
433	15,5	4,9
434	31,0	4,8
435	19,8	4,9
436	10,8	5,1

437	10,1	5,2
438	10,1	5,2
439	10,1	5,2
440	10,6	5,2
441	14,3	5,1
442	15,9	5,1
443	16,6	5,1
444	12,0	5,1
445	11,6	5,1
446	12,2	5,1
447	17,0	4,9
448	14,9	4,9
449	15,5	4,8
450	15,2	4,8
451	15,2	4,7
452	25,3	4,4
453	14,7	4,6
454	15,4	4,7
455	14,7	4,8
456	13,7	4,8
457	291,5	3,1
458	39,6	4,3
459	19,5	5,0
460	17,3	5,1
461	14,5	4,2
462	13,0	4,4
463	13,0	4,5
464	15,1	4,5
465	14,0	4,6
466	22,0	4,4
467	19,5	4,2
468	18,9	4,3
469	18,9	4,3
470	18,3	4,4
471	18,6	4,4
472	20,7	4,5
473	18,4	4,6
474	17,6	4,7
475	17,9	4,8
476	17,5	4,9
477	19,6	4,9
478	18,7	5,0
479	35,6	4,9
480	18,0	5,1
481	17,6	5,1
482	13,6	5,1
483	14,5	5,0
484	12,4	5,2
485	12,6	5,2

486	12,7	5,1
487	18,2	5,0
488	16,5	4,8
489	38,5	4,4
490	20,6	4,7
491	17,5	4,8
492	18,4	4,7
493	13,5	4,8
494	13,1	4,8
495	12,8	4,7
496	15,0	4,4
497	73,2	3,6
498	36,0	4,9
499	77,6	4,7
500	65,1	4,7
501	56,1	4,3
502	33,8	5,1
503	27,5	5,0
504	15,9	5,2
505	16,3	5,3
506	16,3	5,3
507	50,2	4,6
508	54,7	3,8
509	26,7	5,2
510	15,8	5,4
511	15,4	5,4
512	13,3	5,4
513	13,4	5,4
514	15,8	5,3
515	36,7	1,3
516	29,2	1,2
517	279,5	1,7
518	27,6	3,9
519	20,4	1,1
520	18,7	1,9
521	15,4	2,2
522	16,0	2,4
523	16,7	2,6
524	17,2	2,8
525	25,5	2,9
526	26,6	3,2
527	19,7	3,5
528	20,3	3,7
529	20,7	3,9
530	31,5	4,1
531	16,4	4,4
532	16,7	4,5
533	16,9	4,5
534	17,4	4,4

535	21,2	4,2
536	25,2	4,8
537	20,5	4,8
538	17,4	5,0
539	15,4	5,0
540	16,8	5,0
541	16,0	4,9
542	28,9	4,5
543	20,7	4,2
544	15,5	4,1
545	15,5	3,9
546	15,5	3,7
547	21,0	3,4
548	21,0	2,9
549	15,5	2,9
550	15,5	2,7
551	25,6	2,3
552	24,2	1,6
553	33,4	1,8
554	38,1	1,8
555	32,5	1,9
556	25,6	2,6
557	15,5	2,9
558	2,9	3,1
559	21,0	3,1
560	21,0	3,7
561	15,5	4,0
562	15,5	4,2
563	19,9	4,4
564	76,5	1,9
565	60,9	4,7
566	49,1	3,3
567	52,2	1,8
568	49,1	2,6
569	49,1	4,0
570	59,8	4,5
571	60,3	3,9
572	60,3	3,7
573	62,0	3,3
574	65,0	2,6
575	79,7	0,5
576	53,3	2,9
577	54,5	2,8
578	61,8	2,7
579	73,9	2,4
580	79,1	2,1
581	110,8	1,5
582	136,6	0,5
583	97,8	0,4

584	86,8	0,6
585	67,3	0,5
586	63,5	0,5
587	57,9	0,6
588	54,1	0,6
589	30,4	4,6
590	30,4	4,3
591	38,4	3,9
592	38,6	3,3
593	13,8	3,8
594	13,6	3,9
595	13,6	4,0
596	13,5	4,1
597	13,4	4,1
598	13,7	4,2
599	27,8	4,1
600	23,8	4,2
601	15,9	4,4
602	14,4	4,6
603	15,1	4,6
604	14,3	4,7
605	14,1	4,8
606	37,3	4,7
607	34,1	4,8
608	33,5	4,8
609	31,7	4,9
610	20,7	5,1
611	35,5	5,1
612	38,2	5,0
613	35,5	5,0
614	30,2	4,8
615	27,3	4,9
616	17,0	4,7
617	15,4	4,7
618	15,4	4,5
619	15,4	4,3
620	15,8	4,1
621	27,8	3,6
622	38,7	2,3
623	17,0	2,9
624	14,8	3,0
625	14,7	3,0
626	14,7	3,1
627	22,6	2,9
628	22,6	3,0
629	14,7	3,3
630	14,7	3,4
631	14,7	3,5
632	16,0	3,5

633	30,3	3,3
634	24,8	3,8
635	16,3	4,1
636	16,6	4,3
637	16,7	4,5
638	16,7	4,6
639	16,7	4,8
640	16,7	4,9
641	16,7	5,1
642	29,6	5,1
643	38,9	5,3
644	36,6	5,3
645	33,4	4,9
646	22,7	5,3
647	32,2	5,3
648	32,0	5,3
649	17,2	5,4
650	15,4	5,3
651	15,4	5,2
652	38,1	4,8
653	30,2	5,2
654	35,2	4,9
655	41,7	4,7
656	41,7	4,4
657	41,7	4,0
658	41,7	3,5
659	36,7	3,0
660	37,8	2,2
661	16,1	2,4
662	18,1	2,3
663	21,2	5,3
664	26,4	5,2
665	18,3	5,4
666	18,7	5,4
667	16,9	2,1
668	14,7	2,1
669	14,7	2,0
670	14,7	1,9
671	17,2	1,8
672	36,9	1,3
673	28,3	2,3
674	20,7	2,8
675	20,3	3,1
676	29,8	3,3
677	39,7	3,7
678	38,0	4,1
679	37,9	4,4
680	37,9	4,6
681	33,9	4,8

682	27,1	5,0
683	16,7	5,2
684	16,3	5,3
685	16,5	5,4
686	593,5	3,4
687	487,6	2,5
688	30,6	4,1
689	30,6	4,4
690	30,6	4,6
691	30,6	4,8
692	30,5	4,9
693	30,7	4,9
694	76,7	4,7
695	30,5	3,7
696	31,8	0,9
697	37,9	0,5
698	35,8	0,8
699	41,5	0,1
700	48,2	4,8
701	55,7	4,4
702	62,2	4,3
703	62,2	4,0
704	62,2	3,7
705	62,2	3,4
706	62,2	3,0
707	67,5	2,6
708	66,4	2,0
709	31,8	1,1
710	17,1	1,2
711	16,2	1,1
712	27,0	1,0
713	37,1	0,4
714	95,8	3,8
715	58,0	3,6
716	58,0	3,3
717	58,1	2,9
718	58,4	2,5
719	70,9	2,0
720	91,5	1,6
721	328,1	0,1
722	28,8	3,7
723	16,6	3,8
724	16,6	3,7
725	13,9	3,7
726	13,9	3,6
727	13,9	3,6
728	13,9	3,4
729	21,0	3,2
730	26,1	3,1

731	15,6	3,2
732	15,8	3,1
733	16,1	3,0
734	17,2	2,7
735	17,9	2,6
736	18,9	2,4
737	19,3	2,2
738	19,6	1,9
739	44,3	1,4
740	27,5	2,8
741	18,6	2,9
742	18,8	2,8
743	19,4	2,7
744	19,1	2,5
745	18,8	2,4
746	18,0	2,1
747	37,3	1,6
748	30,3	0,9
749	29,2	0,4
750	14,3	0,7
751	14,4	0,7
752	15,2	0,7
753	15,3	0,7
754	15,3	0,7
755	15,3	0,7
756	14,5	0,7
757	14,5	0,6
758	30,8	0,5
759	42,8	1,1
760	40,6	1,1
761	27,0	0,5
762	14,7	0,7
763	14,7	0,7
764	15,6	0,7
765	15,6	0,7
766	15,7	0,7
767	15,7	0,7
768	15,7	0,7
769	15,8	0,6
770	13,7	0,7
771	13,7	0,6
772	21,2	0,5
773	44,3	1,3
774	38,0	1,8
775	32,8	2,2
776	28,2	2,5
777	52,7	2,9
778	18,7	3,1
779	18,6	3,1

780	29,6	2,9
781	37,2	2,1
782	36,3	1,8
783	51,6	1,1
784	52,4	1,3
785	42,3	1,9
786	42,3	2,3
787	29,5	3,0
788	18,7	3,3
789	18,7	3,3
790	34,7	3,1
791	59,9	2,7
792	39,9	2,4
793	36,6	2,1
794	35,6	1,8
795	45,0	1,4
796	21,3	0,5
797	15,1	0,7
798	15,1	0,7
799	16,1	0,7
800	16,1	0,7
801	16,1	0,7
802	16,1	0,7
803	15,9	0,6
804	30,7	0,3
805	26,6	0,9
806	30,3	1,1
807	38,4	1,3
808	34,4	1,7
809	32,2	2,2
810	29,8	2,5
811	51,5	2,8
812	33,4	3,2
813	19,5	3,3
814	19,5	3,2
815	31,0	3,0
816	42,4	2,2
817	40,5	1,9
818	51,3	1,3
819	46,8	1,5
820	40,7	2,1
821	42,3	2,5
822	34,0	3,3
823	19,5	3,5
824	19,6	3,6
825	19,6	3,6
826	19,6	3,6
827	35,8	3,5
828	101,6	0,3

829	15,6	0,6
830	15,7	0,7
831	15,7	0,7
832	15,7	0,8
833	15,7	0,7
834	15,8	0,8
835	15,8	0,8
836	17,2	0,6
837	17,2	0,7
838	15,9	0,7
839	15,9	0,8
840	16,0	0,8
841	16,0	0,8
842	16,1	0,9
843	16,0	0,8
844	16,1	0,8
845	16,1	0,8
846	16,2	0,8
847	17,1	0,7
848	26,6	0,5
849	28,2	1,3
850	28,0	1,5
851	43,1	1,8
852	20,5	2,4
853	22,1	2,6
854	24,4	2,7
855	15,3	2,8
856	16,7	3,0
857	16,2	3,2
858	16,7	3,3
859	18,2	3,4
860	46,2	3,4
861	24,8	3,0
862	13,9	3,1
863	13,8	3,1
864	14,0	3,2
865	14,0	3,2
866	23,8	3,1
867	45,5	3,2
868	15,8	3,3
869	17,0	3,2
870	17,8	3,0
871	17,9	2,9
872	17,9	2,7
873	17,9	2,5
874	17,9	2,4
875	17,9	2,2
876	18,0	2,0
877	36,7	1,7

878	51,8	1,3
879	45,1	1,9
880	20,0	2,3
881	32,5	2,3
882	29,6	1,4
883	30,6	1,2
884	35,8	0,6
885	17,3	0,7
886	17,3	0,8
887	17,4	0,8
888	17,4	0,8
889	17,5	0,7
890	17,4	0,8
891	17,5	0,8
892	17,5	0,8
893	17,6	0,7
894	25,4	0,5
895	44,4	1,4
896	27,8	1,9
897	17,1	2,3
898	23,3	2,4
899	20,0	2,6
900	15,9	2,9
901	15,9	3,0
902	16,1	3,1
903	15,8	3,2
904	47,9	3,1
905	21,1	2,8
906	14,0	2,8
907	13,9	2,7
908	22,5	2,4
909	25,4	0,6
910	17,7	0,7
911	17,8	0,8
912	17,7	0,8
913	17,8	0,8
914	17,8	0,8
915	17,9	0,8
916	17,9	0,7
917	37,3	0,4
918	29,3	1,1
919	30,7	1,2
920	38,6	1,5
921	19,4	1,9
922	19,3	2,1
923	18,9	2,2
924	18,7	2,3
925	29,4	2,1
926	68,6	1,9

927	80,0	1,7
928	82,0	1,3
929	60,2	0,9
930	117,8	0,2
931	32,0	0,9
932	27,8	0,4
933	16,5	0,6
934	16,0	0,6
935	15,7	0,5
936	17,7	0,6
937	26,3	0,4
938	38,2	0,2

Waterdorp 12 mei 2022

Nummer	Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte	Temperatuurcorrectie door interferentie
	kWh/m	°C
968	60,9	0,9
969	67,5	1,4
970	50,9	1,8
971	49,4	2,1
972	86,1	2,1
973	165,3	2,6
974	89,3	1,7
975	67,7	1,5
976	56,6	1,4
977	46,1	1,3
978	55,8	1,1
979	47,8	1,2
980	55,8	1,0
981	63,1	1,3
982	87,2	1,4
983	88,2	1,2
984	69,3	1,4
985	26,8	1,5
986	41,5	1,2
987	72,7	0,9
988	59,6	0,4
989	42,7	0,4
990	58,5	1,5
991	39,7	1,3
992	49,4	0,8
993	62,5	0,3
994	52,4	0,6
995	46,6	0,6
996	75,7	1,1
997	108,4	1,2
998	100,0	1,1
999	94,0	0,8

1000	223,3	0,3
1001	43,8	1,3
1002	68,0	0,4
1003	83,8	0,6
1004	61,7	0,7
1005	55,1	0,6
1006	50,0	0,5
1007	46,4	0,4
1008	39,2	0,2
1009	72,1	0,0
1010	51,9	0,0

Bijlage 3 Nummering gesloten systemen





Per kavel berekende
temperatuursdaling o.v.
interferentie na 50 jaar

- 0,0 - 1,5 °C
- >1,5 - 3,0 °C
- >3,0 - 4,0 °C
- >4,0 - 5,0 °C
- >5,0 - 6,0 °C



Project: De Laakse Tuinen, Velden 1F en Waterdorp, Amersfoort Datum: A: 12-05-2022
B:

Onderwerp: Nummering gesloten bodemenergiesystemen Velden 1F
(zonder noord)

Figuur: Stadium: bodemenergieplan
Referentie: 68104/HeM Getek.: F. van Kasteel Form.: A4



Referentie achtergrondtekening:
Concept VO Inrichtingsplan buitenruimte
Nummer: 5067.189.1.pl.01
Datum: 01.11.2021



Bijlage 4 Voorbeeldberekeningen

Laakse Tuinen, Velden 1F en Waterdorp (Vathorst) Amersfoort Rekensheet behorende bij bodemenergieplan

Naam:	Voorbeeld 1
Straat:	
Huisnr.:	
Datum:	
Opmerking:	

Gegevens woning / gebouw (bouwwerk)

	Bouwwerk	SPF	Elektra	Bodem
- Warmtelevering ruimteverwarming	14,0 MWh	4,5	3,1 MWh	10,9 MWh
- Warmtelevering tapwaterverwarming	6,0 MWh +	3,0	2,0 MWh +	4,0 MWh +
Totaal	20,0 MWh		5,1 MWh	14,9 MWh
- Koudelevering / aanvullend warmte laden	4,0 MWh +	40,0	0,1 MWh +	4,1 MWh +
Totaal	4,0 MWh		0,1 MWh	4,1 MWh

Jaarlijkse totalen en SPF's

- Jaarlijkse warmte- en koudelevering:	24,0 MWh
- Jaarlijks elektraverbruik:	5,2 MWh
- Jaarlijkse netto warmteonttrekking aan de bodem:	10,8 MWh
- Seasonal Performance Factor bodemenergiesysteem (SPF _{ges}):	4,6

Minimaal aan te boren bodemdiepte (conform regel 9)

- Jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte voor dit kavet (volgens bijlage 2):	50,3 kWh/m
- Temperatuursdaling ten gevolge van interferentie voor dit kavet (volgens bijlage 2):	4,5 °C
- Berekende minimaal aan te boren bodemdiepte:	215 m-mv
- Berekende gemiddelde bodemtemperatuur vanaf maaiveld tot aan minimaal aan te boren bodemdiepte:	7,4 °C

Ontwerp gesloten systeem (conform regels 10 en 11)

- Door de aannemer berekende minimale retourtemperatuur circulatievloeistof bij minimaal aan te boren diepte van 215 m-mv:	-5,0 °C
- Door de aannemer ontworpen en te realiseren gesloten systeem (minimale retourtemperatuur -3,0 °C) bestaat uit:	
- Minimale retourtemperatuur circulatievloeistof:	-2,9 °C
- Diepte boorgaten:	265 m-mv
- Aantal boorgaten:	1 #
- Met de berekeningen dient rekening gehouden te worden met een gemiddelde bodemtemperatuur tussen maaiveld en de einddiepte van de boorgaten op 265 m-mv van:	7,7 °C

Opmerkingen / aantekeningen

Voorbeeld 1

NOTITIES VOOR PROJECT

- Bodemenergieplan
- De Laakse Tuinen, Velden 1F en Waterdorp
- Voorbeeld 1

Samenvatting

Kosten	-
Aantal boringen	1
Boorgatdiepte	265 m
Totale boordiepte	265 m

ONTWERPGEGEVENS

=====

BODEM

Warmtegeleidingsvermogen bodem	2.25 W/(m·K)
Warmtecapaciteit bodem	2.5 MJ/(m³·K)
Temperatuur aardoppervlak	7.7 °C
Geothermische warmtestroom	0 W/m²

BOORGAT EN BODEMWARMTEWISSELAAR

Opstellingsvorm	0 ("1 : single")
Boorgatdiepte	265 m
Tussenafstand boorgaten	0 m
Type bodemwarmtewisselaar	Dubbel-U
Boorgatdiameter	150 mm
U-buis - buitendiameter	40 mm
U-buis - wanddikte	3.7 mm
U-buis - warmtegeleidingsvermogen	0.42 W/(m·K)
U-buis - onderlinge afstand U-benen	70 mm
Warmtegeleidingsvermogen vulmateriaal	1.8 W/(m·K)
Overgangsweerstand buis/vulmateriaal	0 (m·K)/W

THERMISCHE WEERSTAND

Thermische weerstanden boorgat wordt berekend

Aantal multipoles 10

Met interne warmteoverdracht tussen opwaartse en neerwaartse buizen is rekening gehouden

WARMTETRANSPORTMEDIUM

Warmtegeleidingsvermogen	0.48 W/(m·K)
Specifieke warmtecapaciteit	3795 J/(Kg·K)
Dichtheid	1052 Kg/m³
Viscositeit	0.0052 Kg/(m·s)
Vriespunt	-14 °C
Debiet per boorgat	0.5 l/s

BASISVERMOGEN

Jaarlijks warmwatergebruik	6 MWh
Jaarlijks warmtevraag	14 MWh
Jaarlijks koelvraag	4 MWh

Seasonal performance factor (WW)	3
Seasonal Performance Factor (verwarming)	4.5
Seasonal Performance Factor (koeling)	40

Maandelijks energieprofiel [MWh]

Maand	Factor	Verwarmingsvermogen			factor	Koelvermogen	Bodemvermogen
JAN	0.155	2.67	0	0	0	2.02	
FEB	0.148	2.57	0	0	0	1.94	
MRT	0.125	2.25	0	0	0	1.69	
APR	0.099	1.89	0	0	0	1.41	
MEI	0.064	1.4	0.15	0.6	0.42		
JUN	0	0.5	0.25	1	-0.69		
JUL	0	0.5	0.25	1	-0.69		
AUG	0	0.5	0.2	0.8	-0.49		
SEP	0.061	1.35	0.15	0.6	0.38		
OKT	0.087	1.72	0	0	1.28		
NOV	0.117	2.14	0	0	1.61		
DEC	0.144	2.52	0	0	1.9		
Totaal	1	20	1	4	10.8		

PIEKVERMOGEN

Maandelijkse piekvermogens [kW]

Maand	Piek verwarmen		Piek koelen		Duur [h]
JAN	9.8	4	0	0	0
FEB	9.8	4	0	0	0
MRT	0	0	0	0	0
APR	0	0	0	0	0
MEI	0	0	0	0	0
JUN	0	0	0	0	0
JUL	0	0	4	2	
AUG	0	0	4	2	
SEP	0	0	0	0	0
OKT	0	0	0	0	0
NOV	0	0	0	0	0
DEC	0	0	0	0	0

Duur van de simulatie (jaren)	50
Maand van inbedrijfstelling	SEP

BEREKENDE WAARDEN

* Monthly calculation *

Totale boordiepte 265 m

THERMISCHE WEERSTAND

Thermische weerstand boorgat intern 0.37 (m·K) /W
 Reynoldsgetal 1975
 Thermische weerstand medium / buis 0.1658 (m·K) /W
 Thermische weerstand buismateriaal 0.07752 (m·K) /W
 Contact weerstand buis / vulmateriaal 0 (m·K) /W
 Boorgat thermische weerstand medium / grond 0.1197 (m·K) /W
 Effectieve thermische weerstand boorgat 0.1356 (m·K) /W

SPECIFIEKE WARMTEONTTREKKING [W/m]

Maand	Basisvermogen		Piekvermogen verwarming
JAN	10.4	28.8	0
FEB	10.1	28.8	0
MRT	8.76	0	0
APR	7.3	0	0
MEI	2.15	0	0
JUN	-3.58	0	0
JUL	-3.58	0	-15.5
AUG	-2.52	0	-15.5
SEP	1.98	0	0
OKT	6.62	0	0
NOV	8.31	0	0
DEC	9.83	0	0

BASISVERMOGEN: GEMIDDELDE MEDIUM TEMPERATUREN (aan het einde van het maand)
 Maand JAAR [°C]

Jaar	1	2	5	10	50
JAN	7.7	3.3	3.04	2.91	2.66
FEB	7.7	3.35	3.1	2.97	2.72
MRT	7.7	3.77	3.53	3.4	3.16
APR	7.7	4.3	4.07	3.94	3.7
MEI	7.7	6.26	6.04	5.91	5.67
JUN	7.7	8.54	8.33	8.21	7.97
JUL	7.7	8.74	8.54	8.42	8.18
AUG	7.7	8.45	8.26	8.14	7.91
SEP	6.95	6.81	6.62	6.5	6.27
OKT	5.14	4.99	4.81	4.69	4.46
NOV	4.36	4.21	4.04	3.92	3.69
DEC	3.66	3.51	3.35	3.23	3

BASISVERMOGEN: JAAR 50

Minimum gemiddelde medium temperatuur 2.66 °C Aan het einde van JAN
 Maximum gemiddelde medium temperatuur 8.18 °C Aan het einde van JUL

PIEKVERMOGEN VERWARMEN: GEMIDDELDE MEDIUM TEMPERATUUR (aan het einde van maand) [°C]

Jaar	1	2	5	10	50
JAN	7.7	-0.25	-0.51	-0.64	-0.89
FEB	7.7	-0.28	-0.53	-0.66	-0.9
MRT	7.7	3.77	3.53	3.4	3.16
APR	7.7	4.3	4.07	3.94	3.7
MEI	7.7	6.26	6.04	5.91	5.67
JUN	7.7	8.54	8.33	8.21	7.97
JUL	7.7	8.74	8.54	8.42	8.18
AUG	7.7	8.45	8.26	8.14	7.91
SEP	6.95	6.81	6.62	6.5	6.27
OKT	5.14	4.99	4.81	4.69	4.46
NOV	4.36	4.21	4.04	3.92	3.69
DEC	3.66	3.51	3.35	3.23	3

PIEKVERMOGEN VERWARMEN: JAAR 50

Minimum gemiddelde medium temperatuur -0.9 °C Aan het einde van FEB

Maximum gemiddelde medium temperatuur 8.18 °C Aan het einde van JUL

PIEKVERMOGEN KOELING: GEMIDDELDE MEDIUM TEMPERATUUR (aan het einde van maand) [°C]

Jaar	1	2	5	10	50
JAN	7.7	3.3	3.04	2.91	2.66
FEB	7.7	3.35	3.1	2.97	2.72
MRT	7.7	3.77	3.53	3.4	3.16
APR	7.7	4.3	4.07	3.94	3.7
MEI	7.7	6.26	6.04	5.91	5.67
JUN	7.7	8.54	8.33	8.21	7.97
JUL	7.7	10.8	10.6	10.4	10.2
AUG	7.7	10.6	10.5	10.3	10.1
SEP	6.95	6.81	6.62	6.5	6.27
OKT	5.14	4.99	4.81	4.69	4.46
NOV	4.36	4.21	4.04	3.92	3.69
DEC	3.66	3.51	3.35	3.23	3

PIEKVERMOGEN KOELING: JAAR 50

Minimum gemiddelde medium temperatuur 2.66 °C Aan het einde van JAN

Maximum gemiddelde medium temperatuur 10.2 °C Aan het einde van JUL

Laakse Tuinen, Velden 1F en Waterdorp (Vathorst) Amersfoort
Rekensheet behorende bij bodemenergieplan

Naam:	Voorbeeld 2
Straat:	
Huisnr.:	
Datum:	
Opmerking:	

Gegevens woning / gebouw (bouwwerk)

	Bouwwerk	SPF	Elektra	Bodem
- Warmtelevering ruimteverwarming	4,2 MWh	4,5	0,9 MWh	3,3 MWh
- Warmtelevering tapwaterverwarming	3,5 MWh +	3,0	1,2 MWh +	2,3 MWh +
Totaal	7,7 MWh		2,1 MWh	5,6 MWh
- Koudelevering / aanvullend warmte laden	1,0 MWh +	40,0	0,0 MWh +	1,0 MWh +
Totaal	1,0 MWh		0,0 MWh	1,0 MWh

Jaarlijkse totalen en SPF's

- Jaarlijkse warmte- en koudelevering:	8,7 MWh
- Jaarlijks elektraverbruik:	2,1 MWh
- Jaarlijkse netto warmteonttrekking aan de bodem:	4,6 MWh
- Seasonal Performance Factor bodemenergiesysteem (SPF _{ges}):	4,1

Minimaal aan te boren bodemdiepte (conform regel 9)

- Jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte voor dit kavel (volgens bijlage 2):	17,7 kWh/m
- Temperatuurdaling ten gevolge van interferentie voor dit kavel (volgens bijlage 2):	5,6 °C
- Berekende minimaal aan te boren bodemdiepte:	260 m-mv
- Berekende gemiddelde bodemtemperatuur vanaf maaiveld tot aan minimaal aan te boren bodemdiepte:	6,5 °C

Ontwerp gesloten systeem (conform regels 10 en 11)

- Door de aannemer berekende minimale retourtemperatuur circulatievloeistof bij minimaal aan te boren diepte van 260 m-mv:	0,1 °C
- Door de aannemer ontworpen en te realiseren gesloten systeem (minimale retourtemperatuur -3,0 °C) bestaat uit:	
- Minimale retourtemperatuur circulatievloeistof:	0,1 °C
- Diepte boorgaten:	260 m-mv
- Aantal boorgaten:	1 #
- Met de berekeningen dient rekening gehouden te worden met een gemiddelde bodemtemperatuur tussen maaiveld en de einddiepte van de boorgaten op 260 m-mv van:	6,5 °C

Opmerkingen / aantekeningen

Voorbeeld 2

NOTITIES VOOR PROJECT

- Bodemenergieplan
- De Laakse Tuinen, Velden 1F en Waterdorp
- Voorbeeld 2

Samenvatting

Kosten	-
Aantal boringen	1
Boorgatdiepte	260 m
Totale boordiepte	260 m

ONTWERPGEGEVENS

=====

BODEM

Warmtegeleidingsvermogen bodem	2.25 W/ (m·K)
Warmtecapaciteit bodem	2.5 MJ/ (m³ ·K)
Temperatuur aardoppervlak	6.5 °C
Geothermische warmtestroom	0 W/m²

BOORGAT EN BODEMWARMTEWISSELAAR

Opstellingsvorm	0 ("1 : single")
Boorgatdiepte	260 m
Tussenafstand boorgaten	0 m
Type bodemwarmtewisselaar	Dubbel-U
Boorgatdiameter	150 mm
U-buis - buitendiameter	40 mm
U-buis - wanddikte	3.7 mm
U-buis - warmtegeleidingsvermogen	0.42 W/ (m·K)
U-buis - onderlinge afstand U-benen	70 mm
Warmtegeleidingsvermogen vulmateriaal	1.8 W/ (m·K)
Overgangsweerstand buis/vulmateriaal	0 (m·K)/W

THERMISCHE WEERSTAND

Thermische weerstanden boorgat wordt berekend
Aantal multipoles 10
Met interne warmteoverdracht tussen opwaartse en neerwaartse buizen is rekening gehouden

WARMTETRANSPORTMEDIUM

Warmtegeleidingsvermogen	0.48 W/ (m·K)
Specifieke warmtecapaciteit	3795 J/ (Kg ·K)
Dichtheid	1052 Kg/m³
Viscositeit	0.0052 Kg/ (m·s)
Vriespunt	-14 °C
Debiet per boorgat	0.3 l/s

BASISVERMOGEN

Jaarlijks warmwatergebruik	3.5 MWh
Jaarlijks warmtevraag	4.2 MWh
Jaarlijks koelvraag	1 MWh

Seasonal performance factor (WW)	3
Seasonal Performance Factor (verwarming)	4.5
Seasonal Performance Factor (koeling)	40

Maandelijks energieprofiel [MWh]

Maand	Factor	Verwarmingsvermogen	factor	Koelvermogen	Bodemvermogen
JAN	0.155	0.94	0	0.7	
FEB	0.148	0.91	0	0.68	
MRT	0.125	0.82	0	0.6	
APR	0.099	0.71	0	0.52	
MEI	0.064	0.56	0.15	0.25	
JUN	0	0.29	0.25	-0.062	
JUL	0	0.29	0.25	-0.062	
AUG	0	0.29	0.2	-0.011	
SEP	0.061	0.55	0.15	0.24	
OKT	0.087	0.66	0	0.48	
NOV	0.117	0.78	0	0.58	
DEC	0.144	0.9	0	0.66	
Totaal	1	7.7	1	4.57	

PIEKVERMOGEN

Maandelijkse piekvermogens [kW]

Maand	Piek verwarmen	Duur	Piek koelen	Duur [h]
JAN	5	4	0	0
FEB	5	4	0	0
MRT	0	0	0	0
APR	0	0	0	0
MEI	0	0	0	0
JUN	0	0	0	0
JUL	0	0	2	2
AUG	0	0	2	2
SEP	0	0	0	0
OKT	0	0	0	0
NOV	0	0	0	0
DEC	0	0	0	0

Duur van de simulatie (jaren)	50
Maand van inbedrijfstelling	SEP

BEREKENDE WAARDEN

* Monthly calculation *

Totale boordiepte 260 m

THERMISCHE WEERSTAND

Thermische weerstand boorgat intern 0.37 (m·K)/W
 Reynoldsgetal 1185
 Thermische weerstand medium / buis 0.1658 (m·K)/W
 Thermische weerstand buismateriaal 0.07752 (m·K)/W
 Contact weerstand buis / vulmateriaal 0 (m·K)/W
 Boorgat thermische weerstand medium / grond 0.1197 (m·K)/W
 Effectieve thermische weerstand boorgat 0.1623 (m·K)/W

SPECIFIEKE WARMTEONTTREKKING [W/m]

Maand	Basisvermogen		Piekvermogen verwarming
JAN	3.69	15	0
FEB	3.57	15	0
MRT	3.18	0	0
APR	2.73	0	0
MEI	1.32	0	0
JUN	-0.33	0	0
JUL	-0.33	0	-7.88
AUG	-0.056	0	-7.88
SEP	1.26	0	0
OKT	2.52	0	0
NOV	3.04	0	0
DEC	3.5	0	0

BASISVERMOGEN: GEMIDDELDE MEDIUM TEMPERATUREN (aan het einde van het maand)
 Maand JAAR [°C]

Jaar	1	2	5	10	50
JAN	6.5	4.84	4.71	4.66	4.55
FEB	6.5	4.85	4.74	4.68	4.57
MRT	6.5	4.99	4.88	4.82	4.72
APR	6.5	5.16	5.06	5	4.9
MEI	6.5	5.73	5.63	5.58	5.48
JUN	6.5	6.43	6.34	6.28	6.18
JUL	6.5	6.48	6.39	6.34	6.24
AUG	6.5	6.41	6.32	6.27	6.16
SEP	5.99	5.89	5.8	5.75	5.65
OKT	5.45	5.36	5.27	5.22	5.12
NOV	5.19	5.11	5.03	4.98	4.88
DEC	4.96	4.88	4.81	4.76	4.66

BASISVERMOGEN: JAAR 50

Minimum gemiddelde medium temperatuur 4.55 °C Aan het einde van JAN
 Maximum gemiddelde medium temperatuur 6.24 °C Aan het einde van JUL

PIEKVERMOGEN VERWARMEN: GEMIDDELDE MEDIUM TEMPERATUUR (aan het einde van maand) [°C]

Jaar	1	2	5	10	50
JAN	6.5	2.35	2.23	2.17	2.07
FEB	6.5	2.34	2.23	2.17	2.06
MRT	6.5	4.99	4.88	4.82	4.72
APR	6.5	5.16	5.06	5	4.9
MEI	6.5	5.73	5.63	5.58	5.48
JUN	6.5	6.43	6.34	6.28	6.18
JUL	6.5	6.48	6.39	6.34	6.24
AUG	6.5	6.41	6.32	6.27	6.16
SEP	5.99	5.89	5.8	5.75	5.65
OKT	5.45	5.36	5.27	5.22	5.12
NOV	5.19	5.11	5.03	4.98	4.88
DEC	4.96	4.88	4.81	4.76	4.66

PIEKVERMOGEN VERWARMEN: JAAR 50

Minimum gemiddelde medium temperatuur 2.06 °C Aan het einde van FEB

Maximum gemiddelde medium temperatuur 6.24 °C Aan het einde van JUL

PIEKVERMOGEN KOELING: GEMIDDELDE MEDIUM TEMPERATUUR (aan het einde van maand) [°C]

Jaar	1	2	5	10	50
JAN	6.5	4.84	4.71	4.66	4.55
FEB	6.5	4.85	4.74	4.68	4.57
MRT	6.5	4.99	4.88	4.82	4.72
APR	6.5	5.16	5.06	5	4.9
MEI	6.5	5.73	5.63	5.58	5.48
JUN	6.5	6.43	6.34	6.28	6.18
JUL	6.5	7.97	7.87	7.82	7.72
AUG	6.5	7.94	7.85	7.8	7.7
SEP	5.99	5.89	5.8	5.75	5.65
OKT	5.45	5.36	5.27	5.22	5.12
NOV	5.19	5.11	5.03	4.98	4.88
DEC	4.96	4.88	4.81	4.76	4.66

PIEKVERMOGEN KOELING: JAAR 50

Minimum gemiddelde medium temperatuur 4.55 °C Aan het einde van JAN

Maximum gemiddelde medium temperatuur 7.72 °C Aan het einde van JUL

Bijlage 9.2 Bodemenergieplan Laak 3

1 Inleiding

1.1 LAAK 3

Verwarming van de nieuw te bouwen woningen en bedrijfsgebouwen in Laak 3 vindt gasloos plaats. Het moet nu en in de toekomst mogelijk zijn om alle woningen en bedrijfsgebouwen te verwarmen met behulp van individuele elektrisch aangedreven combiwarmtepompen in combinatie met gesloten bodemenergiesystemen.



Figuur 1.1 | Locatie Laak 3 in Amersfoort

1.2 PODIUM

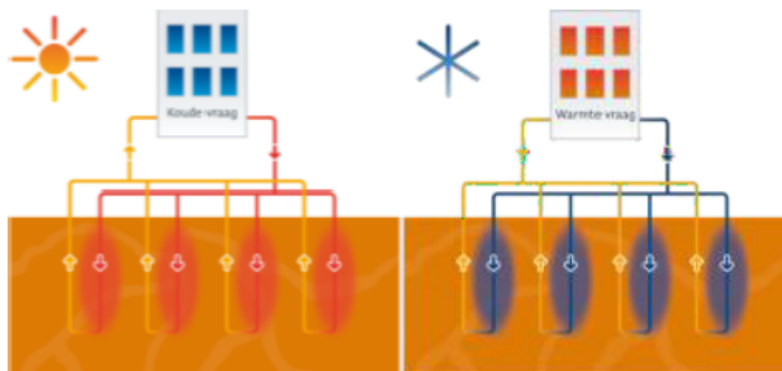
Dit bodemenergieplan geldt voor de gesloten bodemenergiesystemen in Laak 3. Direct ten zuiden van Laak 3 ligt het plangebied Podium. Het bodemenergieplan van Laak 3 is zo opgesteld dat rekening wordt gehouden met eventuele toekomstige ontwikkelingen in Podium (gebaseerd op basis van schetsontwerpen) en de interferentie van de gesloten systemen in Podium op de systemen in Laak 3. Tevens zijn in Podium reeds twee open bodemenergiesystemen gerealiseerd.

1.3 WERKINGSPRINCIPE

Met een elektrisch aangedreven combiwarmtepomp worden de ruimten en het tapwater verwarmd. De bronwarmte van de warmtepomp wordt onttrokken aan de bodem met behulp van een gesloten bodemenergiesysteem.

Een gesloten bodemenergiesysteem bestaat uit één of meerdere verticaal in de bodem aangebrachte kunststof slangen (bodemplussen) die middels een boring in de bodem tot grotere diepte worden aangebracht. In het gesloten bodemenergiesysteem stroomt een circulatievloeistof bestaande uit een mengsel van water met antivries of alleen water.

Door de warmteonttrekking daalt de temperatuur van de bodem rondom het gesloten bodemenergiesysteem. Hiervan kan in de zomer weer gebruik worden gemaakt om de woning/bedrijfsgebouw van (beperkte) koeling te voorzien. De temperatuur van de bodem rondom het gesloten bodemenergiesysteem zal hierdoor weer toenemen. Omdat de jaarlijkse warmteonttrekking aan de bodem naar verwachting groter is dan de jaarlijkse warmtetoevoer in de zomer (koeling), daalt de temperatuur van de bodem.



Figuur 1.2 | Principeschema gesloten bodemenergiesysteem

1.4 INTERFERENTIE

De woningen en bedrijfsgebouwen in Laak 3 onttrekken netto warmte aan de bodem. Deze grootschalige warmteonttrekking resulteert in een temperatuurdaling van de bodem. Dit houdt in dat voor een gesloten systeem op elke kavel rekening moet worden gehouden met de temperatuurdaling van de bodem ten gevolge van alle gesloten bodemenergiesystemen in de omgeving.

Om de temperatuurdaling van de bodem ten gevolge van grootschalige warmteonttrekking aan de bodem te beperken, is in dit bodemenergieplan per kavel een maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte vastgesteld. Bij het ontwerp van elk gesloten bodemenergiesysteem dient rekening te worden gehouden met deze maximale warmteonttrekking en met de lagere temperatuur van de bodem. Hiermee worden thermisch gezien robuuste systemen verkregen en wordt doelmatig gebruik gemaakt van de ondergrond.

Opgemerkt wordt dat in nieuw te realiseren woonwijken waar nog geen gesloten bodemenergiesystemen aanwezig zijn en waar in de toekomst op grote schaal gesloten bodemenergiesystemen in de bodem worden aangebracht, de temperatuursinvloed tussen de nieuw te realiseren systemen onderling vaak groter is dan 1,5°C. Deze temperatuursinvloed kan en mag groter zijn, als met het ontwerp van elk gesloten bodemenergiesysteem rekening wordt gehouden met deze lagere temperatuur van de bodem.

1.5 VERORDENING INTERFERENTIEGEBIED

De gemeente Amersfoort heeft Laak 3 aangewezen als een interferentiegebied. Dit houdt in dat voor een gesloten bodemenergiesysteem de Omgevingsvergunning beperkte milieutoets (Obm) bij het bevoegd gezag moet worden aangevraagd.

1.6 REGELS EN BODEMENERGIEPLAN

De regels voor waaraan de realisatie en het in werking hebben van gesloten bodemenergiesystemen in Laak 3 moeten voldoen zijn verwoord in dit bodemenergieplan. Deze regels zijn zo opgesteld dat nieuw te bouwen woningen/bedrijfsgebouwen doelmatig gebruik kunnen maken van de ondergrond voor bodemenergie. Daarnaast zorgen de regels ervoor dat interferentie tussen de gesloten systemen en daarmee nadelige invloed op het systeemrendement wordt voorkomen. Indien uit de vergunningaanvraag blijkt dat aan de regels wordt voldaan, kan door het bevoegd gezag de vergunning worden verleend.

2 Geohydrologisch onderzoek

2.1 BODEMOPBOUW

De bodemopbouw op de locatie van Laak 3 en in de directe omgeving van de locatie (waaronder Podium) is beschreven op basis van de volgende gegevens:

- Grondwaterkaart van Nederland;
- Regionaal Geohydrologisch Informatie Systeem (REGIS);
- Boorbeschrijvingen uit het archief van TNO Bouw en Ondergrond via DINOloket;
- Boorbeschrijvingen van omliggende bodemenergiesystemen.

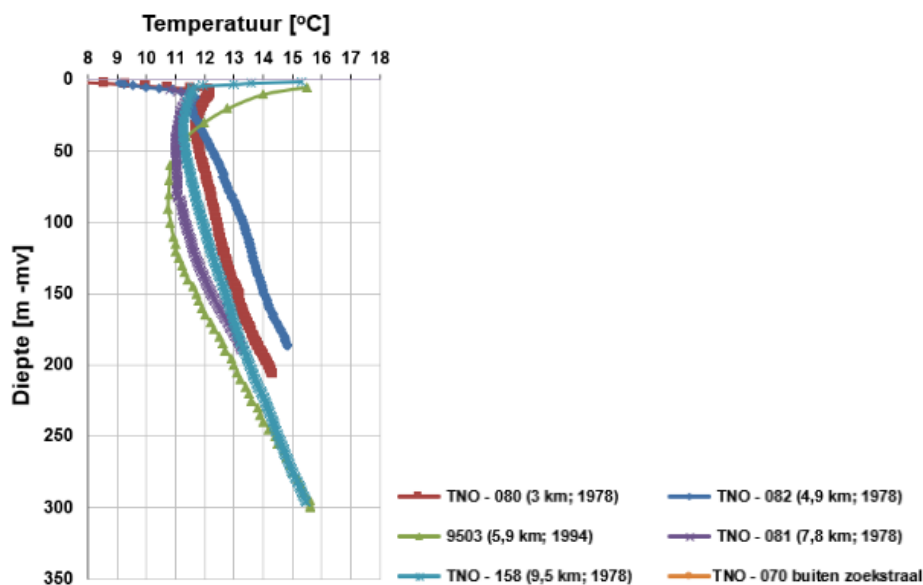
De verwachte bodemopbouw op de locatie is weergegeven in Tabel 2.1. In Figuur 2.1 zijn gemeten temperaturen van de bodem binnen een straal van 10 km rondom Laak 3 weergegeven.

Tabel 2.1 | Bodemopbouw

diepte	lithologie	geohydrologie	tempera- tuur	warmtegeleidings- coëfficiënt	warmte- capaciteit	grondwater- stroming
[m-mv]*			[°C]	[W/m ² .K]	[MJ/m ³ .K]	[m/jaar]
0 - 15	fijn zand	1 ^e watervoerend pakket A	ca. 10,5	2,3	2,5	5 m/jaar naar het W
15 - 22	klei en veen	lokale schei- dende laag	ca. 10,5	1,7	2,5	-
22 - 50	matig grof zand	1 ^e watervoerend pakket B	ca. 11	2,4	2,5	10 m/jaar naar het NNW
50 - 51	klei	1 ^e cheidende laag	ca. 11	1,7	2,5	-
51 - 170	matig grof tot uiterst grof zand met grind en enkele kleilagen	2 ^e watervoerend pakket	ca. 11 - 13	2,4	2,5	15 m/jaar naar het WNW
170 - 210	klei met inschakelingen van zandlagen	2 ^e cheidende laag	ca. 13 - 13,5	1,9	2,5	-
210 - 280	afwisselend fijn zand en zandige klei, veel schelpen materiaal	3 ^e watervoerend pakket	ca. 13,5 - 15	2,2	2,5	onbekend
> 280	klei en fijn zand	hydrologische basis	oplopend vanaf ca. 15	1,7	2,5	-

* het maaiveld bevindt zich op circa 2,5 m+NAP

Op basis van de verkregen gegevens en de huidige (boor)technieken wordt geconcludeerd dat de bodemopbouw op de locatie tot een diepte van circa 280 m-mv geschikt is voor het toepassen van gesloten bodemenergiesystemen. Vanaf 280 m mv begint de hydrologische basis, bestaande uit voornamelijk klei.



Figuur 2.1 | Temperatuurmetingen bodem binnen 10 km van Laak 3 (bron: Database bodemtemperatuurprofielmeteringen TNO en IF Technology)

2.2 GEOHYDROLOGIE

In Tabel 2.2 zijn de relevante technische en juridische aspecten opgenomen die van invloed zijn op de werking van een gesloten bodemenergiesysteem. In en onder de tabel zijn de aandachtspunten / risico's of belemmeringen nader toegelicht.

Tabel 2.2 | Technische en juridische aspecten bodemenergiesysteem

onderwerp	toelichting	
bodemopbouw		
dikte pakket	✓	voldoende diepte beschikbaar
grondwater		
grondwaterstand	✓	1,9 m+NAP (1,6 - 2,3 m+NAP) (bron: peilbuis B32B1919)
stijghoogte 1 ^e watervoerend pakket	✓	1,9 m+NAP (1,5 - 2,1 m+NAP) (bron: peilbuis B32B0042)
stijghoogte 2 ^e watervoerend pakket	✓	1,9 m+NAP (1,6 - 2,2 m+NAP) (bron: peilbuis B32B0042)
stijghoogte 3 ^e watervoerend pakket	⚠ 1	2,7 m+NAP (2,5 - 2,8 m+NAP) (bron: peilbuis B32B0256)
artesisch grondwater	⚠ 1	mogelijk aanwezig
vergunbaarheid		
bodemenergieplan	✓	niet gelegen in bodemenergieplan
grondwatergebruikers	⚠ 2	diverse andere bodemenergiesystemen in de omgeving
grondwaterbescherming	✓	niet gelegen in een boringsvrije zone of nabij een waterwingebied
natuurbelangen	✓	geen natuur aanwezig binnen 1.000 m
archeologie/aardkundig waardevol gebied	⚠ 3	archeologisch waardevol verwachtingsgebied, niet gelegen in een aardkundig waardevol gebied
aanwezigheid waterkering/spoor/begraafplaats	✓	spoor tussen beide locaties, waterkering op circa 700 m afstand, geen begraafplaats aanwezig binnen circa 1.000 m
inpassing en realisatie		
belangen	✓	aanwezige kabels en leidingen: overleg met gemeente kan nodig zijn
verontreinigingen	⚠ 4	o.b.v. beschikbare informatie is onduidelijk of er verontreinigingen aanwezig zijn
✓ geschikt, geen belemmering of aandachtspunt	⚠ aandachtspunt of risico	✗ hoog risico of belemmering

1. Artesisch grondwater

Artesisch grondwater is water wat boven maaiveld uitkomt. De stijghoogte in het derde watervoerend pakket is bepaald op basis van een peilbuis op circa 3 km afstand. Uit deze peilbuis blijkt dat het de stijghoogte in het derde watervoerend pakket boven maaiveld uit komt. Hier moet rekening mee worden gehouden bij het boren van de boorgaten (voorbuizen/verhoogd opstellen).

2. Grondwatergebruikers

Open bodemenergiesystemen

Bij RUD Utrecht is een overzicht opgevraagd van open bodemenergiesystemen in de omgeving van de projectlocatie. Uit het overzicht van (ontvangen op 14 augustus 2018) blijkt dat er binnen een straal van 500 m drie open bodemenergiesystemen aanwezig zijn. Deze systemen zijn in Tabel 2.3 en Figuur 2.2 weergegeven. De thermisch invloedsgebieden van de open systemen, zijn weergegeven in Figuur 3.1.

Tabel 2.3 | Open bodemenergiesystemen binnen een straal van 500 m van Laak 3

bedrijfsnaam	afstand en richting t.o.v. project	debiet [m³/uur]	vergunde waterhoeveelheid [m³/jaar]	watervoerend pakket
CCNL (monobron)	op locatie	50	150.000	2
Het Podium (3 doubletten)	op locatie	325	1.485.000	2
ICO Vathorst / Lovink (doublet)	125 m ten westen	69	83.000	2



Figuur 2.2 | Omringende open bodemenergiesystemen en grondwateronttrekkingen

In Figuur 3.1 zijn de thermische invloedsgebieden weergegeven van de drie open bodemenergiesystemen in de omgeving en het thermisch invloedsgebied na 50 jaar van de gesloten bodemenergiesystemen.

Gezien de noordwestelijke grondwaterstroming worden het open bodemenergiesysteem van CCNL en de gerealiseerde bronnen van het open bodemenergiesysteem van Het Podium niet beïnvloed door de beoogde gesloten bodemenergiesystemen. De nog niet gerealiseerde warme bronnen van het open bodemenergiesysteem van Het Podium worden naar verwachting niet tot zeer beperkt thermisch beïnvloed door de gesloten bodemenergiesystemen. Eventuele thermische interferentie van de gesloten bodemenergiesystemen op de nog niet gerealiseerde bronnen van het open bodemenergiesysteem van Het Podium zal niet leiden tot ontoelaatbaar rendementsverlies.

Het open bodemenergiesysteem van ICO Vathorst ligt stroomafwaarts van de beoogde gesloten bodemenergiesystemen. Zowel de warme als de koude bron van dit systeem komen te liggen in een omgeving die circa 0,5°C lager is dan zonder de gesloten bodemenergiesystemen. Een lagere temperatuur van het grondwater in de omgeving van de koude bron heeft een positief effect. Als wordt aangenomen dat door een lagere warme (en koude) brontemperatuur ook de verdampertemperatuur van de warmtepompinstallatie bij ICO Vathorst circa 0,5°C lager is, zal het rendement van de warmtepompinstallatie afnemen met ten hoogste 2%. Dit is gebaseerd op het toelaatbaar temperatuureffect bij gesloten bodemenergiesystemen (5% bij temperatuurdaling van 1,5°C, zie paragraaf 1.3 in bijlage 2 behorende bij BUM/HUM BE deel 2). De thermische interferentie van de gesloten bodemenergiesystemen op het open bodemenergiesysteem van ICO Vathorst zal dus niet leiden tot ontoelaatbaar rendementsverlies.

Gesloten bodemenergiesystemen

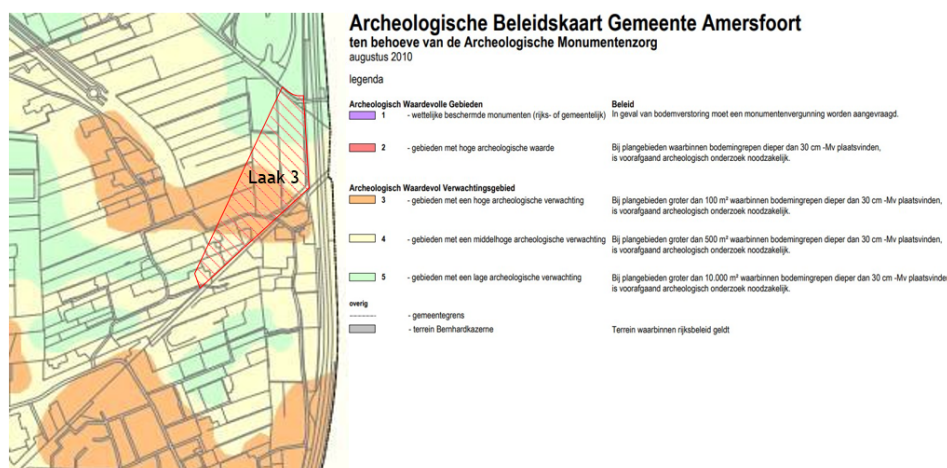
Uit het overzicht van RUD Utrecht (ontvangen op 13 augustus 2018) blijkt dat er binnen een straal van 500 m geen gesloten bodemenergiesystemen aanwezig zijn.

Permanente grondwateronttrekkingen

Uit het overzicht van Waterschap Vallei en Veluwe (ontvangen op 13 augustus 2018) blijkt dat er rondom de projectlocatie enkele grondwateronttrekkingen aanwezig zijn (zie Figuur 2.2). Het is van deze systemen niet bekend waarvoor water onttrokken wordt, op welke diepte en met welk debiet.

3. Archeologie

Uit de archeologische beleidskaart van de gemeente Amersfoort blijkt dat er verschillende archeologische waarderingsklassen aanwezig zijn op de locatie van Laak 3 (zie Figuur 2.3). Bij een bepaalde grondverstoorte omvang moet archeologisch onderzoek uitgevoerd worden. Naar verwachting is het benodigde onderzoek al uitgevoerd voor de bouw van de woningen. Indien de gesloten bodemenergiesystemen individueel worden aangelegd, wordt de onderzoeksgrens niet overschreden.



Figuur 2.3 | Archeologische verwachting op de projectlocatie (beleidskaart gemeente Amersfoort)

4. Verontreinigingen

Uit de beschikbare gegevens op bodemloket komt niet naar voren of de ondergrond verontreinigd is. De locatie is niet aangemerkt als verdachte locatie. Op basis van historisch activiteit (landbouw) worden niet direct verontreinigingen verwacht. Voor Laak 3 zijn in 2015 door Ontwikkelingsbedrijf Vathorst bodemonderzoeken uitgevoerd.

2.3 RISICOANALYSE

In Tabel 2.4 is de risicoanalyse met kansen, gevolgen en beheersmaatregelen van de van belang zijnde aspecten samengevat conform het SIKB protocol 11001, paragraaf 8.2.

Tabel 2.4 | Risicoanalyse

risico	kans	gevolg	beheersmaatregel
1 bodemopbouw en thermische parameters wijken af	klein, voldoende betrouwbare informatie beschikbaar	invloed op beschikbare te onttrekken energiehoeveelheid	accepteren
2 hetdoorboren van mobiele verontreiniging, opboren van verontreinigde grond tijdens realisatie	klein, informatie over mogelijke verontreinigingen is onbekend	verwerken verontreinigde grond volgens BRL2100, Mechanisch boren	accepteren
3 invloed op rendement/functioneren nabijgelegen open bodemenergiesystemen	aanwezig	rendementsverlies open bodemenergiesystemen <0,5°C (geen ontoelaatbaar rendementsverlies)	gesloten systemen dimensioneren met in achtneming regels uit dit bodemenergieplan
4 negatieve interferentie tussen individuele gesloten systemen onderling	aanwezig	systemen goed dimensioneren, rekening houdend met systemen in omgeving	gesloten systemen dimensioneren met in achtneming regels uit dit bodemenergieplan

5 wateroverlast aan maai- veld door artesisch watertij- dens realisatie	aanwezig, stijghoog- te in het derde water- voerend pakket komt boven maai- veld uit	water komt bovenmaai- veld uit tijdens realisatie	toepassen voorbuis en/of eventueel ver- hoogd opstellen
---	--	--	---

3 Bodemenergieplan

3.1 DOELSTELLING

Het belangrijkste doel van dit bodemenergieplan is om regels te hebben voor het installeren en het in werking hebben van gesloten bodemenergiesystemen, zodat voor alle woningen en bedrijfsgebouwen in Laak 3 doelmatig gebruik wordt gemaakt van bodemenergie en dat nadelige beïnvloeding van het systeemrendement door interferentie zo veel mogelijk wordt voorkomen.

De regels zijn in dit bodemenergieplan zodanig omschreven dat het voor de particuliere kavelkoper(s), de ontwikkelaar(s), de aannemer(s), Ontwikkelingsbedrijf Vathorst, de gemeente Amersfoort en de Regionale Uitvoeringsdienst Utrecht duidelijk is waaraan gesloten bodemenergiesystemen moeten voldoen, voor het verkrijgen van de Omgevingsvergunning beperkte milieutoets (Obm).

3.2 INTERFERENTIE EN ONTWERP

Voor het installeren en het in werking hebben van gesloten bodemenergiesystemen, zijn twee aspecten van belang: interferentie en het ontwerp.

Interferentie door bodemenergiesystemen in omgeving

In bijlage 2 (Methode toetsen interferentie tussen kleine gesloten bodemenergiesystemen) behorend bij de BUM en de HUM BE, deel 2 wordt als uitgangspunt gehanteerd dat geen sprake is van interferentie als de totaal veroorzaakte temperatuurverlaging bij alle andere systemen in de omgeving kleiner is dan 1,5°C. Deze temperatuurdaling wordt ook gehanteerd als richtlijn in de melding Besluit lozen buiten inrichtingen.

In woonwijken waar op grote schaal gesloten bodemenergiesystemen worden toegepast, kan de temperatuurdaling door interferentie groter zijn dan 1,5°C als met elk individueel ontwerp van de gesloten bodemenergiesystemen hiermee rekening wordt gehouden. Het is dus van belang om vooraf, op basis van interferentieberekeningen, het temperatuureffect van grootschalige toepassing van gesloten bodemenergiesystemen te kwantificeren. Deze interferentieberekeningen zijn voor Laak 3 uitgevoerd. Omdat ook de mogelijke gesloten bodemenergiesystemen van Podium invloed hebben op de systemen in Laak 3, zijn deze meegenomen in de berekeningen.

De potentieberekeningen resulteren per kavel in twee grootheden waaraan het ontwerp van de gesloten bodemenergiesystemen moet voldoen. Deze grootheden zijn:

- De maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdpte (in kWh/m).
- De temperatuurdaling ten gevolge van interferentie door nabij gelegen bodemenergiesystemen (in °C).

Ontwerp

De minimaal toe te passen bodemdpte wordt bepaald door de maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdpte. Bij het in werking hebben van een gesloten bodemenergiesysteem, dient echter te allen tijde aan de algemene regel te worden voldaan, waarbij de temperatuur van de circulatievloeistof in de retourbuis van het gesloten bodemenergiesysteem (temperatuur uit de verdamper van de warmtepomp naar de bodemlus) niet lager mag zijn dan -3°C.

De temperatuurdaling van de circulatievloeistof in het gesloten bodemenergiesysteem wordt enerzijds bepaald door de temperatuurdaling ten gevolge van beïnvloeding door gesloten bodemenergiesystemen in de omgeving (interferentie) en anderzijds door de warmteonttrekking van het desbetreffende bodemenergiesysteem op het kavel zelf. Bij het ontwerp van het gesloten bodemenergiesysteem dient rekening te worden gehouden met deze extra temperatuurdaling door interferentie van systemen in de omgeving. In de ontwerpberekening voor een individueel gesloten bodemenergiesysteem dient de temperatuurdaling door interferentie in mindering te worden gebracht op de gemiddelde (natuurlijke) temperatuur van de bodem over de gehele aan te boren bodemdpte.

3.3 UITGANGSPUNTEN INTERFERENTIEBEREKENING

De berekeningen ter bepaling van de maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking aan de bodem, zijn uitgevoerd met het softwarepakket MLU (Multi Layer Unsteady state). Dit programma is gemaakt voor het modelleren van grondwaterstroming in watervoerende pakketten (zie voor meer informatie hierover

www.microfem.com) en wordt ook gebruikt voor het berekenen van warmte- transport (door middel van geleiding) bij gesloten bodemenergiesystemen.

De uitgangspunten voor de berekeningen zijn als volgt:

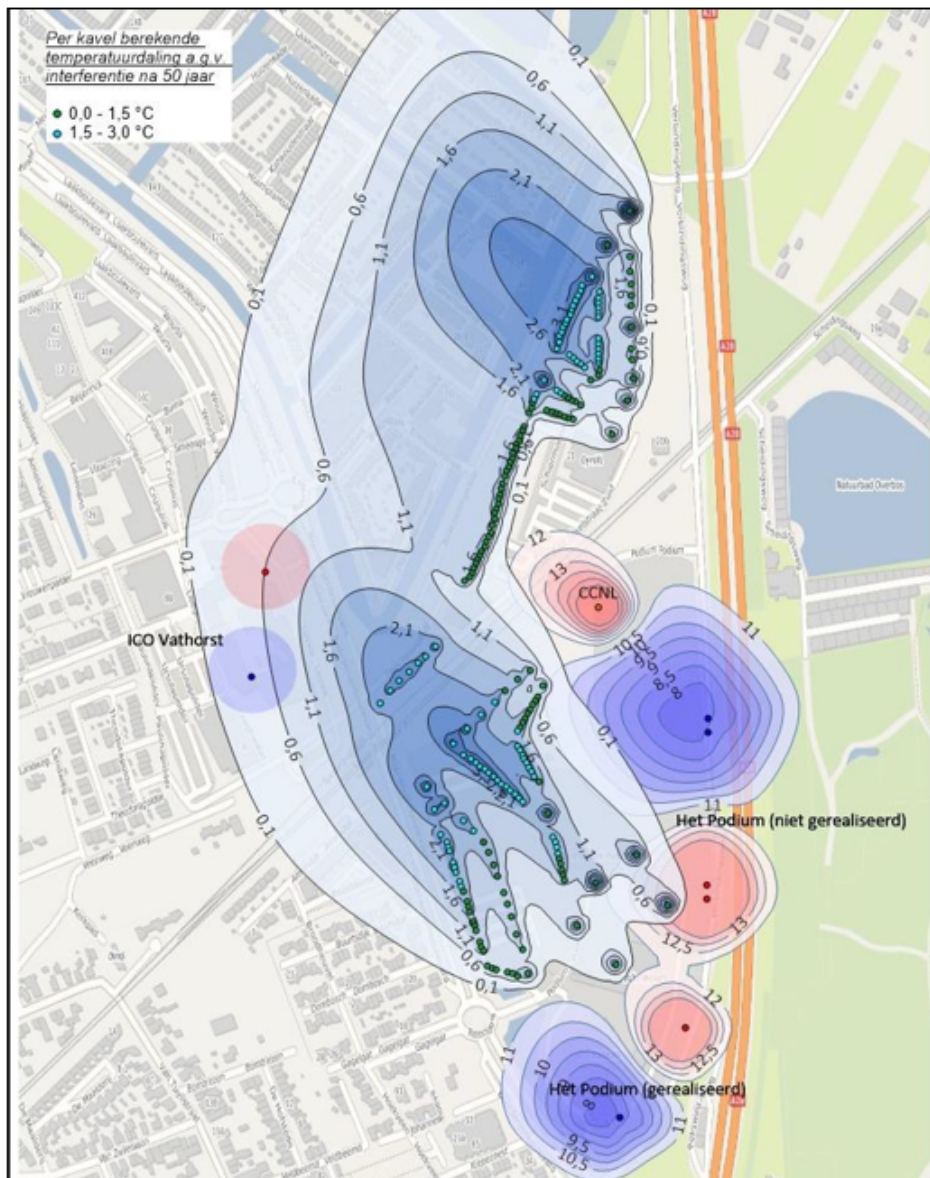
- De verkaveling van Laak 3.
- Mogelijke planontwikkeling Podium, op basis van schetsontwerpen.
- De bodemopbouw en de grondwaterstroming zoals deze zijn omschreven in hoofdstuk 2.
- De maximale diepte van de gesloten bodemenergiesystemen ter bepaling van de maximale netto warmteonttrekking bedraagt 280 m-mv (top hydrologische basis).
- De periode waarvoor de thermische berekeningen zijn uitgevoerd, bedraagt 50 jaar.

Opgemerkt wordt dat de Regionale Uitvoeringsdienst Utrecht (RUD Utrecht) heeft aangegeven dat de berekeningen dienen te worden uitgevoerd voor een periode van 50 jaar. RUD Utrecht wil dit om op lange termijn thermisch goed werkende gesloten bodemenergiesystemen te verkrijgen en te behouden. Deze periode van 50 jaar geldt ook voor de ontwerpberekening die met Earth Energy Designer (EED) wordt uitgevoerd.

3.4 RESULTATEN INTERFERENTIEBEREKENING

De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in Figuur 3.1 en in Bijlage 1. In dit figuur zijn de contouren van de berekende temperatuurdaling weergegeven na een periode van 50 jaar voor de situatie waarbij op alle kavels warmte aan de bodem wordt onttrokken.

In Bijlage 2 is per kavel opgegeven wat de maximale netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte en de temperatuurdaling is. De nummering van elk gesloten bodemenergiesystemen per kavel is weergegeven in de figuren die in Bijlage 3 zijn opgenomen.



Figuur 3.1 | Thermische beïnvloeding tussen 0 en 280 m-mv na 50 jaar (zie ook Bijlage 1 voor groot formaat)

3.5 MAXIMALE JAARLIJKSE NETTO WARMTEONTTREKKING

Per kavel is de maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking tot een diepte van 280 m-mv en per meter aan te boren diepte berekend. De grootte van de maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking is gerealiseerd aan de grootte van het kaveloppervlak (in m²) en een maximaal aan te boren diepte van 280 m (tot aan de hydrologische basis). De maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte is per kavel in de tabel in Bijlage 2 opgenomen.

3.6 TEMPERATUURCORRECTIE

Indien de daling in temperatuur van het eigen gesloten bodemenergiesysteem op het kavel niet wordt meegenomen, is de resulterende temperatuurdaling op het kavel uitsluitend het gevolg van de thermische invloed van de gesloten systemen in de omgeving van het desbetreffende kavel. Per kavel is in Figuur 3.1 met een gekleurde stip de berekende temperatuurdaling ten gevolge van om- liggende gesloten systemen weergegeven.

In Bijlage 2 is de tabel opgenomen waarin per kavel de temperatuurdaling door interferentie is gekwalificeerd. Deze temperatuurdaling dient als correctie van de bodemtemperatuur bij het ontwerp van het gesloten bodemenergiesysteem te worden meegenomen.

4 Regels

4.1 ALGEMENE REGELS

Voor het installeren en het in werking hebben van een gesloten bodemenergiesysteem binnen de grenzen van dit bodemenergieplan, gelden de volgende algemene regels:

1. Voor het gesloten bodemenergiesysteem dient de melding: "Aanleg gesloten bodemenergiesysteem buiten inrichtingen" bij het bevoegd gezag te worden ingediend. Hierbij dient aan alle indieningvereisten te worden voldaan, zoals deze zijn opgenomen in artikel 1.13.3 in het Bestuursplan (Bibi).
2. Voor het gesloten bodemenergiesysteem dient de Omgevingsvergunning beperkte milieutoets (Obm) bij het bevoegd gezag te worden aangevraagd.
3. Het gesloten bodemenergiesysteem dient te allen tijde te voldoen aan de "Algemene regels ten aanzien van bodemenergiesystemen", zoals deze zijn omschreven in Hoofdstuk 3a van het Besluit lozen buiten inrichtingen.
4. Indien aantoonbaar aan onderstaande regels 5 tot en met 12 wordt voldaan, is onderbouwing (waaruit blijkt dat het in werking hebben van het systeem niet leidt tot zodanige interferentie met een eerder geïnstalleerde bodemenergiesystemen dat het doelmatig functioneren van de desbetreffende systemen kan worden geschaad) niet nodig. Zie artikel 1.10a.h uit het Besluit lozen buiten inrichtingen.

4.2 LOCATIE SPECIFIEKE REGELS

Voor het installeren en het in werking hebben van een gesloten bodemenergiesysteem binnen de grenzen van dit bodemenergieplan gelden de volgende locatie specifieke regels:

5. Het gesloten bodemenergiesysteem dient te worden uitgevoerd als een verticaal bodemenergiesysteem, bestaande uit één of meerdere verticaal in de bodem aan te brengen boorgaten met bodemlus(sen).
6. De maximale diepte van de boorgaten met bodemlus(sen) bedraagt 280 m-mv.
7. De boorgaten met bodemlus(sen) dienen op eigen kavel in de bodem te worden aangebracht.
8. De afstand tussen een boorgat en de kavelgrens direct grenzend aan een kavel van een naastgelegen woning met (een gerealiseerd of nog te realiseren) bodemenergiesysteem dient te allen tijde groter of gelijk te zijn aan 3,0 m.
Daar waar in verband met een (te) smalle kavelbreedte bovenstaande afstand niet mogelijk is, dient de afstand tussen twee boorgaten te allen tijde groter dan of gelijk dient te zijn aan 6,0 m.
9. De jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte (kWh/m) dient te allen tijde kleiner of gelijk te zijn aan de voor het kavel toegewezen maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte. Zie: "Maximale jaarlijkse netto warmtelevering per meter bodemdiepte" in Bijlage 2.
10. Bij het ontwerp dient voor het bepalen van de minimaal benodigde diepte van de boorgaten en het aantal boorgaten rekening te worden gehouden met de temperatuurdaling die optreedt op het kavel ten gevolge van interferentie. Zie: "Temperatuurcorrectie door interferentie" in Bijlage 2.
11. Ten behoeve van het ontwerp dient voor elk individueel gesloten bodemenergiesysteem een berekening voor een periode van minimaal 50 jaar te worden uitgevoerd. Bij deze berekening dient de temperatuurdaling door interferentie te worden meegenomen.
Voor de berekening wordt gebruik gemaakt van het programma Earth Energy Designer (EED) (of met een gelijkwaardig gevalideerd model zoals in BRL 11001 weergegeven programma's Ghepro, DST en SBM). De resultaten van de berekening dienen als bijlage bij de vergunningaanvraag te worden toegevoegd.
12. Bij wijzigingen in aantal of grootte van één of meerdere kavels dienen de "Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking" en de "Temperatuurcorrectie door interferentie" opnieuw te worden bepaald. Dit vindt als volgt plaats:
 - De "Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking" per meter bodemdiepte (in kWh/m) dient voor het gewijzigde kavel te worden berekend door het oppervlak van het kavel te vermenigvuldigen met 0,15 (kWh/m)/m².
 - Voor de "Temperatuurcorrectie door interferentie" dient de waarde van het dichtstbijzijnde kavel in Bijlage 2 te worden aangehouden.

5 Voorbeeldberekening

5.1 INLEIDING

Om inzicht te geven hoe dit bodemenergieplan moet worden gelezen en hoe de regels moeten worden geïnterpreteerd, is in dit hoofdstuk een voorbeeldberekening uitgewerkt.

In onderstaande tabel is de verklaring van de gebruikte symbolen in dit hoofdstuk opgenomen. De rekenaarsheets en Earth Energy Designer (EED) berekeningen zijn in Bijlage 4 opgenomen.

Tabel 5.1 | Verklaring van symbolen

symbool	eenheid	toelichting
Q _{rv}	MWh	De energiehoeveelheid voorruimteverwarming (bouwwerk)
Q _{tv}	MWh	De energiehoeveelheid voortapwaterverwarming (bouwwerk)
Q _k	MWh	De energiehoeveelheid voor koeling (bouwwerk)
SPF	-	Seasonal Performance Factor
T bodem natuurlijk	°C	De natuurlijke temperatuur van de bodem
T correctie	°C	De correctie vande temperatuur die is opgenomen in dit bodemenergieplan
T bodem met correctie = T input EED	°C	De temperatuur bodeminclusief correctie (is invoerwaarde EED)
T gem,circulatievloeistof	°C	De gemiddelde temperatuur van de circulatievloeistof in de bodemlus
T verdamper	°C	De temperatuur aan de verdamperzijde van de warmtepomp

5.2 WONING

Gegevens woning met warmtepomp en gesloten bodemenergiesysteem

Voor ruimte- en tapwaterverwarming en het koelen van een woning op een kavel met een kaveloppervlak van circa 140 m² (bijvoorbeeld nummer 49) wordt een elektrische combiwarmtepomp met een gesloten bodemenergiesysteem toegepast.

Uit de SPF-berekening van de installateur blijkt dat de warmtevraag van de woning (het bouwwerk) voor ruimte- en tapwaterverwarming 4,2 respectievelijk 3,5 MWh per jaar bedraagt. De gemiddelde SPF van de warmtepomp bedraagt 4,5 voor ruimteverwarming en 3,0 voor tapwaterverwarming. De koudevraag (van het bouwwerk) bedraagt 1,0 MWh per jaar met een SPF van 40 voor de circulatiepomp.

Voor het kavel geldt volgens Bijlage 2 in dit bodemenergieplan een maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter aangeboorde bodemdiepte van 21,2 kWh/m en een temperatuurcorrectie van 0,7°C.

Berekening jaarlijkse netto warmteonttrekking aan bodem

Met bovenstaande gegevens kan de hoeveelheid warmte worden berekend die met het gesloten bodemenergiesysteem aan de bodem wordt onttrokken en wordt toegevoerd. Het resultaat van de berekening is de jaarlijkse netto warmteonttrekking in MWh voor het gesloten bodemenergiesysteem, zie Tabel 5.2 en de rekensheet in Bijlage 4.

Tabel 5.2 | Berekening jaarlijkse netto warmteonttrekking aan bodem

Bouwwerk SPF Berekening Bodemzijdig				
Ruimteverwarming	4,2 MWh	4,5	$Q_{rv} \times ((SPF - 1) / SPF)$ $4,2 \times ((4,5 - 1) / 4,5)$	3,3 MWh
Tapwaterverwarming	3,5 MWh	3,0	$Q_{tw} \times ((SPF - 1) / SPF)$ $3,5 \times ((3,0 - 1) / 3,0)$	2,3 MWh
Warmteonttrekkingaan bodem				5,6 MWh
Koeling	1,0 MWh	40	$Q_k + (Q_k / SPF)$ $1,0 + (1,0 / 40)$	1,0 MWh
Warmtetoevoer aan bodem				1,0 MWh
Jaarlijkse netto warmteonttrekking = Warmteonttrekking aan bodem – Warmtetoevoer aan bodem				4,6 MWh

Minimaal benodigde diepte van de boorgaten ten aanzien van interferentie (regel 9)

Voor dit voorbeeld blijkt (uit Bijlage 2 van dit bodemenergieplan) dat voor het desbetreffende kavel een maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter aangeboorde bodemdiepte geldt van 21,2 kWh/m. Bij de maximale boordiepte van 280 m houdt dit in dat de maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking op het desbetreffende kavel 5,9 MWh bedraagt. Deze hoeveelheid is groter dan benodigd. Op

basis van de maximale netto warmteonttrekking per meter, bedraagt de minimaal aan te boren bodemdiepte ter voorkoming van te grote interferentie naar de omgeving: 216 m-mv (4.600 kWh/21,2 kWh/m).

Ontwerp gesloten bodemenergiesysteem (regels 10 en 11)

Zoals eerder is opgemerkt, is de aangeboorde diepte niet altijd gelijk aan de totaal benodigde boorgat-lengte. Het in werking hebben van het gesloten bodemenergiesysteem dient te allen tijde te voldoen aan de algemeen geldende regels, zoals deze zijn omschreven in het Besluit lozen buiten inrichtingen (zie regel 3 in paragraaf 4.1). Eén van deze algemene regels is dat de minimale temperatuur van de circulatievloeistof in de retourbuis van het gesloten bodemenergiesysteem (temperatuur uit de verdamper van de warmtepomp naar de bodemlus) niet lager mag zijn dan -3°C.

Om aan deze regel te voldoen dient per individueel gesloten bodemenergiesysteem een ontwerp voor 50 jaar te worden vervaardigd. Voor de berekening wordt gebruik gemaakt van het programma Earth Energy Designer (EED) (of met een gelijkwaardig gevalideerd model zoals in BRL 11001 weergegeven programma's Glhepro, DST en SBM). Bij deze berekening dient rekening te worden gehouden met de "Temperatuurcorrectie door interferentie", zoals deze voor het betreffende kavel is opgenomen in de tabel in Bijlage 2 in dit bodemenergieplan. Deze temperatuurdaling dient in mindering te worden gebracht op de natuurlijke gemiddelde bodemtemperatuur.

De resultaten van de berekeningen met Earth Energy Designer (EED) laten zien dat met één boorgat tot ongeveer 100 m diepte kan worden volstaan. Echter de minimale aan te boren diepte op basis van interferentie bedraagt 216 m, waardoor deze boordiepte als ontwerpdiepte dient te worden aangehouden. De voor dit voorbeeld uitgevoerde Earth Energy Designer (EED) berekening laat zien dat de mini- male gemiddelde temperatuur van de circulatievloeistof bij één boorgat tot 216 m na 50 jaar daalt tot +6,4°C. Met een temperatuurverschil over de verdamper van de warmtepomp van 4°C, resulteert dit in een minimale temperatuur van de circulatievloeistof van +4,4°C. Deze is als volgt berekend:

$$T_{gem, circulatievloeistof} - (\Delta T_{verdamper} / 2) = +6,4^{\circ}\text{C} - (4,0 / 2) = +4,4^{\circ}\text{C}$$

De minimale temperatuur van de circulatievloeistof is hoger dan -3°C, waardoor wordt voldaan aan de algemene regel van de minimale temperatuur van de circulatievloeistof van -3°C.

De in Earth Energy Designer (EED) te hanteren bodemtemperatuur (T_{bodem} met correctie) bedraagt 11,2°C. Deze is als volgt berekend:

$$T_{bodem\ natuurlijk} = 0,0063 * 216 + 10,5^{\circ}\text{C} = 11,9^{\circ}\text{C}$$

De gemiddelde temperatuur van de bodem over de diepte van het boorgat, waarbij rekening wordt gehouden met temperatuurinvloed van naastgelegen systemen, wordt als volgt berekend:

$$T_{bodem\ met\ correctie} = T_{input\ EED} = 11,9 - 0,7 = 11,2^{\circ}\text{C}$$

Conclusie

Het uiteindelijke resultaat is dat voor dit kavel een gesloten bodemenergiesysteem moet worden toegepast dat bestaat uit één boorgat met een aan te boren bodemdiepte van 216 m. In deze situatie is de regel met betrekking van interferentie dus leidend ten opzichte van de ontwerp regel. Het gevolg is dat dit systeem een ongewijzigd thermisch effect heeft naar de systemen in de omgeving. De hogere temperatuur van circulatievloeistof in de winter heeft een positief effect op het rendement van het eigen systeem.

5.3 WARMTEVRAAG GROTER DAN MAXIMALE NETTO JAARLIJKSE WARMTELEVERING BODEM

Indien een relatief grote woning of bedrijfsgebouw wordt gerealiseerd op een klein kavel, is de kans aanwezig dat de benodigde jaarlijkse netto warmteonttrekking groter is dan de maximale jaarlijkse netto warmtelevering van de bodem. In deze situatie dient het ontwerp van het gesloten bodemenergiesysteem te worden aangepast.

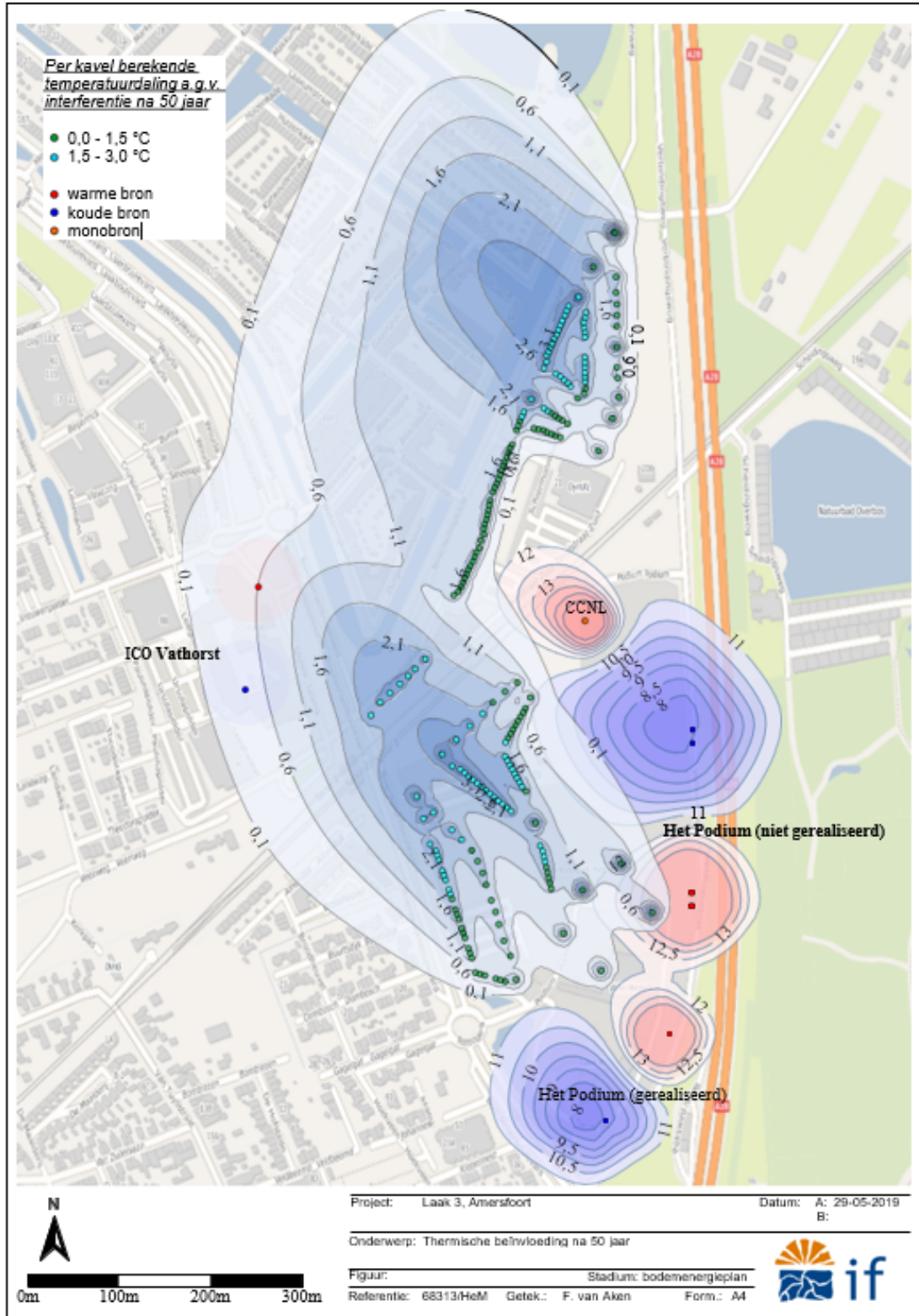
De wijzigingen die hierbij kunnen worden doorgevoerd zijn bijvoorbeeld:

- Het verkleinen van de warmtevraag voor ruimte- en/of tapwaterverwarming door bijvoorbeeld het toepassen van betere isolatie en/of het toepassen van een zonneboiler.
- Het vergroten van de koudevraag of extra warmte in de bodem laden, door andere instellingen van de warmtepomp (al koelen bij lagere buitentemperaturen) en/of het toepassen van zonnecollectoren die in de zomer warmte van de zon in de bodem laden.

Het verkleinen van de warmtevraag en/of het vergroten van de koudevraag/regeneratie leiden tot een kleinere jaarlijkse netto warmteonttrekking aan de bodem. De jaarlijkse netto warmteonttrekking dient

dusdanig te worden verlaagd, totdat deze kleiner is of gelijk aan de maximale jaarlijkse netto warmtelevering van de bodem is, zoals deze in de tabel in bijlage 2 is omschreven.

Bijlage 1 Figuur met thermische beïnvloeding



Bijlage 2 Warmteonttrekking en temperaturen

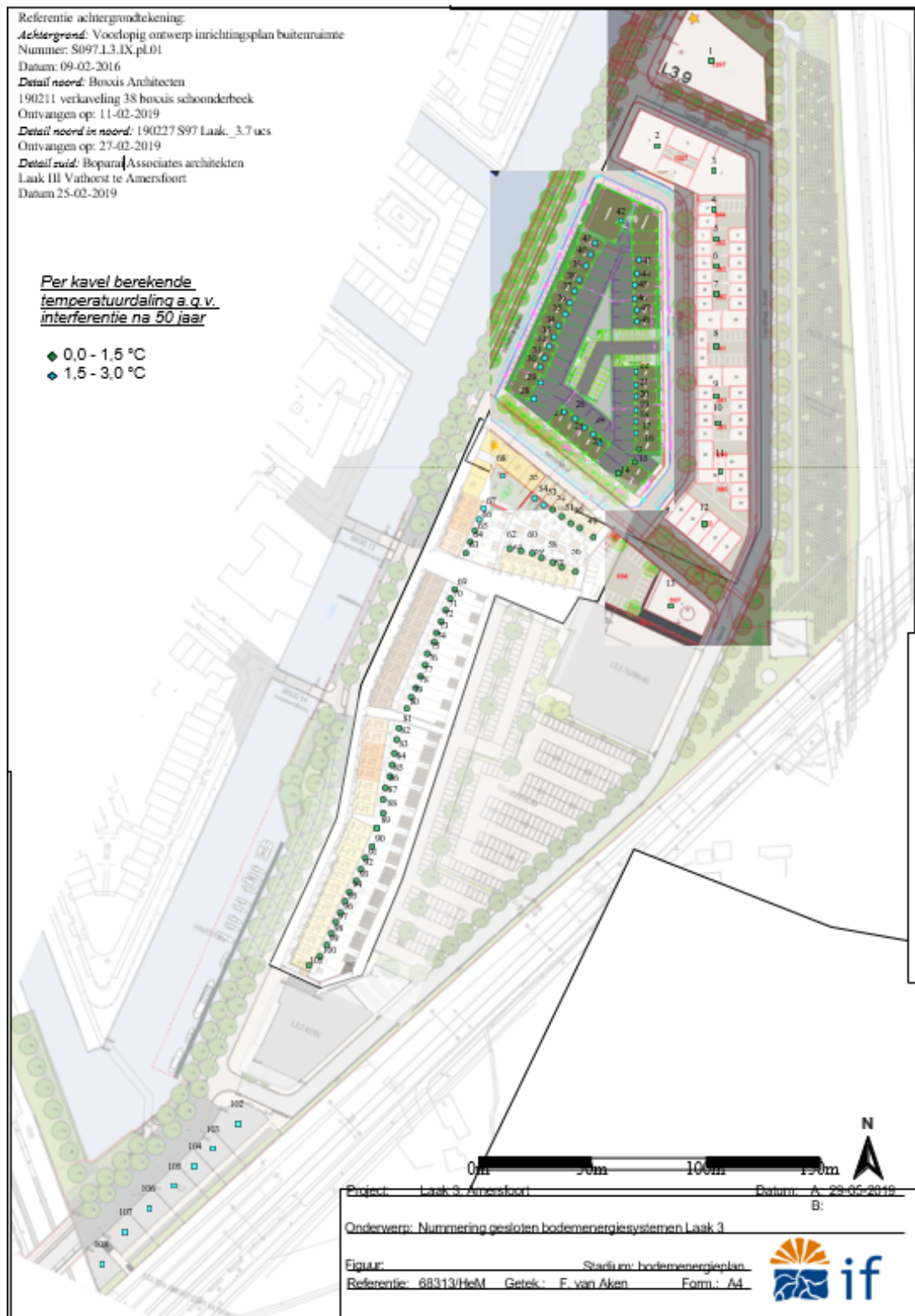
Laak 3 29 mei 2019

Nummer	Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdpte	Temperatuurcorrectie door interferentie
	kWh/m	°C
1	209,6	0,2
2	116,6	1,3
3	68,9	0,6
4	51,6	0,7
5	42,3	0,7
6	42,3	0,7
7	42,2	0,6
8	117,2	0,4
9	42,2	0,6
10	42,2	0,6
11	101,4	0,2
12	108,0	0,1
13	89,6	0,0
14	18,9	1,1
15	26,9	1,2
16	20,0	1,4
17	16,7	1,6
18	16,7	1,7
19	17,1	1,7
20	16,1	1,8
21	16,7	1,8
22	17,4	1,7
23	13,2	1,6
24	14,3	1,8
25	14,3	1,9
26	14,3	2,0
27	15,3	2,0
28	34,5	2,1
29	24,3	2,4
30	19,7	2,6
31	15,6	2,7
32	15,6	2,7
33	17,7	2,7
34	17,7	2,6
35	17,7	2,6
36	17,7	2,6
37	17,7	2,6
38	19,7	2,6
39	17,7	2,7
40	19,7	2,7
41	18,5	2,6
42	109,7	1,8
43	15,2	1,8
44	16,1	2,0
45	16,8	2,0
46	16,8	1,9

47	16,8	1,9
48	17,6	1,7
49	21,2	0,7
50	12,8	1,0
51	13,2	1,1
52	14,3	1,3
53	14,7	1,4
54	15,8	1,5
55	16,2	1,5
56	18,6	0,4
57	11,9	0,7
58	12,9	0,8
59	13,4	0,9
60	14,4	1,0
61	15,0	1,0
62	15,8	0,9
63	21,5	0,9
64	20,4	1,2
65	20,6	1,4
66	19,4	1,6
67	19,7	1,6
68	110,1	1,6
69	24,0	0,8
70	23,1	1,0
71	23,4	0,9
72	23,7	1,0
73	24,2	1,1
74	24,5	1,0
75	25,8	1,0
76	26,3	1,0
77	26,6	1,0
78	26,9	1,0
79	27,5	1,0
80	25,7	0,9
81	29,4	0,9
82	28,5	1,0
83	26,4	1,0
84	25,7	1,0
85	25,1	1,0
86	23,4	1,0
87	23,0	1,0
88	27,8	0,8
89	38,3	0,7
90	28,2	0,7
91	25,2	0,9
92	22,8	0,9
93	23,6	0,9
94	22,5	1,0
95	22,2	1,1

96	22,5	1,1
97	22,2	1,1
98	23,7	1,0
99	23,6	1,0
100	22,4	1,0
101	26,1	0,9
102	47,6	1,8
103	24,4	2,1
104	19,5	2,2
105	28,4	2,3
106	27,5	2,3
107	26,7	2,2
108	26,8	2,0

Bijlage 3 Nummering gesloten systemen



Bijlage 4 Documenten voorbeeldberekening

Laak 3 - Vathorst Amersfoort Berekeningsheet Bodemenergieplan

Naam:	Laak 3 nummer 49
Straat:	
Huisnr.	
Datum:	29 mei 2019
Opmerking:	Kaveloppervlak circa 140 m ²

Gegevens woning/gebouw (bouwwerk)			
	Bouwwerk	SPF	Bodem
Warmtelevering ruimteverwarming	4,2 MWh	4,5	3,3 MWh
Warmtelevering tapwaterverwarming	3,5 MWh	3,0	2,3 MWh
Jaarlijkse warmteonttrekking aan bodem			5,6 MWh
Koudelevering	1,0 MWh	40	1,0 MWh
Jaarlijkse warmtetoevoer aan bodem			1,0 MWh
Jaarlijkse netto warmteonttrekking = Warmteonttrekking aan bodem - Warmtetoevoer aan bodem			4,6 MWh

Berekening aan te boren bodemdiepte			
Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte	21,2 kWh/m	uit tabel bodemenergieplan	
Berekende aan te boren minimale bodemdiepte			216 m

Aantal bodemlussen tot aan te boren bodemdiepte (door aannemer)			
Temperatuurcorrectie kavel volgens Bodemenergieplan	0,7 °C		
Indicatie gemiddelde bodemtemperatuur tot	216 m		11,2 °C
Aantal bodemlussen tot aan te boren bodemdiepte tot	216 m		1
Totale boorgat lengte			216 m

Voorbeeldberekening 1

NOTITIES VOOR PROJECT

- Bodemenergieplan Laak 3 en Podium
- Voorbeeldberekening 1
- Kaveloppervlak circa 140 m²

Samenvatting

Kosten	-
Aantal boringen	1
Boorgatdiepte	216 m
Totale boordiepte	216 m

ONTWERPGEGEVENS

=====

BODEM

Warmtegeleidingsvermogen bodem	2.25 W/(m·K)
Warmtecapaciteit bodem	2.5 MJ/(m ³ ·K)
Temperatuur aardoppervlak	11.2 °C
Geothermische warmtestroom	0 W/m ²

BOORGAT EN BODEMWARMTEWISSELAAR

Opstellingsvorm	0 ("1 : single")
Boorgatdiepte	216 m
Tussenafstand boorgaten	0 m
Type bodemwarmtewisselaar	Dubbel-U
Boorgatdiameter	150 mm
U-buis - buitendiameter	40 mm
U-buis - wanddikte	3.7 mm
U-buis - warmtegeleidingsvermogen	0.42 W/(m·K)
U-buis - onderlinge afstand U-benen	70 mm
Warmtegeleidingsvermogen vulmateriaal	1.8 W/(m·K)
Overgangsweerstand buis/vulmateriaal	0 (m·K)/W

THERMISCHE WEERSTAND

Thermische weerstanden boorgat wordt berekend
 Aantal multipoles 10
 Met interne warmteoverdracht tussen opwaartse en neerwaartse buizen is rekening gehouden

WARMTETRANSPORTMEDIUM

Warmtegeleidingsvermogen	0.48 W/(m·K)
Specifieke warmtecapaciteit	3795 J/(Kg·K)
Dichtheid	1052 Kg/m ³
Viscositeit	0.0052 Kg/(m·s)
Vriespunt	-14 °C
Debiet per boorgat	0.5 l/s

BASISVERMOGEN

Jaarlijks warmwatergebruik	3.5 MWh
Jaarlijks warmtevraag	4.2 MWh
Jaarlijks koelvraag	1 MWh

Seasonal performance factor (NW)	3
Seasonal Performance Factor (verwarming)	4.5
Seasonal Performance Factor (koeling)	40

Maandelijks energieprofiel [MWh]

Maand	Factor	Verwarmingsvermogen	factor	Koelvermogen	Bodemvermogen
JAN	0.155	0.94	0	0	0.7
FEB	0.148	0.91	0	0	0.68
MRT	0.125	0.82	0	0	0.6
APR	0.099	0.71	0	0	0.52
MEI	0.064	0.56	0.15	0.15	0.25
JUN	0	0.29	0.25	0.25	-0.062
JUL	0	0.29	0.25	0.25	-0.062
AUG	0	0.29	0.2	0.2	-0.011
SEP	0.061	0.55	0.15	0.15	0.24
OKT	0.087	0.66	0	0	0.48
NOV	0.117	0.78	0	0	0.58
DEC	0.144	0.9	0	0	0.66
	----	-----	----	-----	-----
Totaal	1	7.7	1	1	4.57

PIEKVERMOGEN

Maandelijkse piekvermogens [kW]

Maand	Piek verwarmen	Duur	Piek koelen	Duur [h]
JAN	5	4	0	0
FEB	5	4	0	0
MRT	0	0	0	0
APR	0	0	0	0
MEI	0	0	0	0
JUN	0	0	0	0
JUL	0	0	4	2
AUG	0	0	4	2
SEP	0	0	0	0
OKT	0	0	0	0
NOV	0	0	0	0
DEC	0	0	0	0

Duur van de simulatie (jaren)	50
Maand van inbedrijfstelling	SEP

BEREKENDE WAARDEN

=====

+ Monthly calculation +

Totale boordiepte 216 m

THERMISCHE WEERSTAND

Thermische weerstand boorgat intern 0.37 (m·K)/W

Reynoldsgetal 1975

Thermische weerstand medium / buis 0.1658 (m·K)/W

Thermische weerstand buismateriaal 0.07752 (m·K)/W

Contact weerstand buis / vulmateriaal 0 (m·K)/W

Boorgat thermische weerstand medium / grond 0.1197 (m·K)/W

Effectieve thermische weerstand boorgat 0.1303 (m·K)/W

SPECIFIEKE WARMTEONTREKKING [W/m]

Maand	Basisvermogen		Piekvermogen verwarming
JAN	4.44	18	0
FEB	4.3	18	0
MRT	3.82	0	0
APR	3.28	0	0
MEI	1.58	0	0
JUN	-0.39	0	0
JUL	-0.39	0	-19
AUG	-0.067	0	-19
SEP	1.52	0	0
OKT	3.04	0	0
NOV	3.66	0	0
DEC	4.22	0	0

BASISVERMOGEN: GEMIDDELDE MEDIUM TEMPERATUREN (aan het einde van het maand) Maand JAAR [°C]

Jaar	1	2	5	10	50
JAN	11.2	9.34	9.19	9.13	9
FEB	11.2	9.36	9.22	9.15	9.03
MRT	11.2	9.51	9.37	9.31	9.19
APR	11.2	9.69	9.57	9.5	9.38
MEI	11.2	10.3	10.2	10.1	10
JUN	11.2	11.1	11	10.9	10.8
JUL	11.2	11.2	11.1	11	10.9
AUG	11.2	11.1	11	10.9	10.8
SEP	10.6	10.5	10.4	10.3	10.2
OKT	10	9.92	9.82	9.76	9.65
NOV	9.74	9.64	9.55	9.49	9.37
DEC	9.48	9.39	9.3	9.24	9.12

BASISVERMOGEN: JAAR 50

Minimum gemiddelde medium temperatuur 9 °C Aan het einde van JAN

Maximum gemiddelde medium temperatuur 10.9 °C Aan het einde van JUL

PIEKVERMOGEN VERWARMEN: GEMIDDELDE MEDIUM TEMPERATUUR (aan het einde van maand) [°C]

Jaar	1	2	5	10	50
JAN	11.2	6.79	6.64	6.57	6.45
FEB	11.2	6.77	6.63	6.57	6.44
MRT	11.2	9.51	9.37	9.31	9.19
APR	11.2	9.69	9.57	9.5	9.38
MEI	11.2	10.3	10.2	10.1	10
JUN	11.2	11.1	11	10.9	10.8
JUL	11.2	11.2	11.1	11	10.9
AUG	11.2	11.1	11	10.9	10.8
SEP	10.6	10.5	10.4	10.3	10.2
OKT	10	9.92	9.82	9.76	9.65
NOV	9.74	9.64	9.55	9.49	9.37
DEC	9.48	9.39	9.3	9.24	9.12

PIEKVERMOGEN VERWARMEN: JAAR 50

Minimum gemiddelde medium temperatuur 6.44 °C Aan het einde van FEB

Maximum gemiddelde medium temperatuur 10.9 °C Aan het einde van JUL

PIEKVERMOGEN KOELING: GEMIDDELDE MEDIUM TEMPERATUUR (aan het einde van maand) [°C]

Jaar	1	2	5	10	50
JAN	11.2	9.34	9.19	9.13	9
FEB	11.2	9.36	9.22	9.15	9.03
MRT	11.2	9.51	9.37	9.31	9.19
APR	11.2	9.69	9.57	9.5	9.38
MEI	11.2	10.3	10.2	10.1	10
JUN	11.2	11.1	11	10.9	10.8
JUL	11.2	14.2	14.1	14	13.9
AUG	11.2	14.2	14.1	14	13.9
SEP	10.6	10.5	10.4	10.3	10.2
OKT	10	9.92	9.82	9.76	9.65
NOV	9.74	9.64	9.55	9.49	9.37
DEC	9.48	9.39	9.3	9.24	9.12

PIEKVERMOGEN KOELING: JAAR 50

Minimum gemiddelde medium temperatuur 9 °C Aan het einde van JAN

Maximum gemiddelde medium temperatuur 13.9 °C Aan het einde van JUL

Bijlage 9.3 Bodemenergieplan De Hoef

1 Inleiding

1.1 KADER

De Hoef West is nu een bedrijventerrein in Amersfoort en gaat de komende jaren transformeren naar een gemengde stadsbuurt met ruimte voor wonen, werken en voorzieningen. In verband met de duurzame ontwerpogaves voor de ontwikkelaars in De Hoef West waar bodemenergie een belangrijke rol zal spelen is ordening van de ondergrond middels een bodemenergieplan nodig. In Figuur 1.1 is de ligging van het projectgebied weergegeven.



Figuur 1.1 | Projectgebied De Hoef West in Amersfoort

1.2 PROBLEEMSTELLING

Bij grootschalige toepassing van bodemenergie neemt de drukte in de ondergrond sterk toe. Voorkomen moet worden dat bij een toename van het aantal bodemenergiesystemen negatieve interferentie tussen bodemenergiesystemen onderling of nadelige beïnvloeding van andere ondergrondse functies optreedt (Figuur 1.2).

Regie is gewenst om een optimaal en duurzaam gebruik van de ondergrond te borgen, zodat zoveel mogelijk partijen die zich vestigen in De Hoef West gebruik kunnen maken van duurzame bodemenergie. Regie zorgt ervoor dat ongewenste interferentie (negatieve interactie) tussen bodemenergiesystemen onderling of met andere ondergrondse functies wordt voorkomen. Zonder regie is het

waarschijnlijk dat toekomstige partijen die zich gaan vestigen in De Hoef West op een gegeven moment geen gebruik meer kunnen maken van bodemenergie.



Figuur 1.2 | Overzicht ondergrondse functies

1.3 DOEL VAN EEN BODEMENERGIEPLAN

Een bodemenergieplan geeft de gemeente de mogelijkheid om de ondergrondse inrichting van De Hoef West met betrekking tot bodemenergiesystemen te registreren met als doel optimaal gebruik te maken van de ondergrond voor bodemenergie.

Uitwerking van het bodemenergieplan vindt plaats door inventarisatie van de voornaamste (in- richtingbepalende) randvoorwaarden:

- bovengrondse inrichting projectgebied (beschikbare ruimte voor bronpositionering);
- energievraag bouwontwikkelingen;
- bestaande en toekomstige overige ondergrondse functies/belangen;
- bodemopbouw en capaciteit.

Afweging van deze randvoorwaarden leidt tot een bodemenergieplan waarbij kansen voor combinatie van functies worden benut en negatieve interactie tussen verschillende gebruikers wordt geminimaliseerd.

2 Gebruiksregels

Onderstaande gebruiksregels stellen de voorwaarden voor toepassing van de verschillende vormen van bodemenergie binnen De Hoef West in Amersfoort. De gebruiksregels gelden binnen het gebied zoals weergegeven op de plankaart (zie bijlage 1). De gebruiksregels zijn aanvullend op de wettelijke regels die worden gesteld aan bodemenergie.

Ontwikkende partijen die in het gebied een bodemenergiesysteem willen realiseren, dienen zich te allen tijde te houden aan de wettelijke kaders voor bodemenergie. In paragraaf 3.4 is een samenvatting van de algemene wettelijke kaders voor bodemenergie opgenomen. Daarnaast dienen bodemenergiesystemen binnen de hieronder beschreven gebruiksregels te worden ontworpen, gerealiseerd en geëxploiteerd. Bij de gebruiksregels wordt onderscheid gemaakt tussen open en gesloten bodemenergiesystemen. Nadere toelichting op de onderstaande gebruikersregels staat beschreven in hoofdstuk 5.

2.1 GEBRUIKSREGELS OPEN BODEMENERGIESYSTEMEN

Voor het realiseren en het in werking hebben van een open bodemenergiesysteem binnen de grenzen van het *plangebied* gelden de volgende locatie specifieke regels:

1. Het open bodemenergiesysteem moet worden uitgevoerd als een doublet- of monobronsysteem.
2. Open bodemenergiesystemen uitgevoerd als recirculatiesystemen zijn niet toegestaan.
3. De bronfilters van een open bodemenergiesysteem moeten geplaatst worden in het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket.

4. De warme en koude bron(nen) van een open bodemenergiesysteem moeten respectievelijk binnen de aangegeven warme (rode) en koude (blauwe) zones worden gepositioneerd.
5. De bronfilters van **doubletsystemen** moeten gerealiseerd worden tot een diepte van maximaal 100 m-mv.
6. Een **monobron** moet op één van de volgende manieren gepositioneerd worden:
 - a. tussen een warme en koude strook, waarbij de monobron geen aantoonbaar negatief effect heeft op aanwezige en mogelijke toekomstige doubletten binnen de stroken.
 - b. in een warme of koude strook, waarbij het bovenste filter van hetzelfde type (warm of koud) moet zijn als de strook waarbinnen de monobron ligt. Het onderste bronfilter moet onderin het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket geplaatst worden op een diepte van minimaal 120 m-mv.
7. Indien het redelijkerwijs niet mogelijk is om aan alle gebruiksregels te voldoen, kan afgeweken worden van de gebruiksregels. Een onderbouwing van de afwijking moet, samen met een schriftelijke goedkeuring van de gemeente, bij de vergunningaanvraag Waterwet gevoegd worden en ter goedkeuring aan de provincie worden voorgelegd.

Voor het realiseren en het in werking hebben van een open bodemenergiesysteem binnen de grenzen van het *projectgebied* gelden de volgende locatie specifieke regels:

8. Het bodemenergiesysteem bereikt uiterlijk vijf jaar na de datum van ingebruikname een moment waarop de hoeveelheid koude die door het systeem aan de bodem is toegevoegd ten minste 100% en ten hoogste 115% bedraagt ten opzichte van de hoeveelheid warmte, die vanaf die datum door het systeem aan de bodem is toegevoegd. Het systeem herhaalt dit telkens uiterlijk vijf jaar na het laatste moment waarop die situatie werd bereikt.
9. De bronnen en het leidingwerk moeten gerealiseerd worden op eigen terrein, gedeeld terrein of, indien niet anders mogelijk, terrein van derden mits de betreffende grondeigenaren hiervoor schriftelijk toestemming hebben gegeven.

2.2 GEBRUIKSREGELS GESLOTEN BODEMENERGIESYSTEMEN

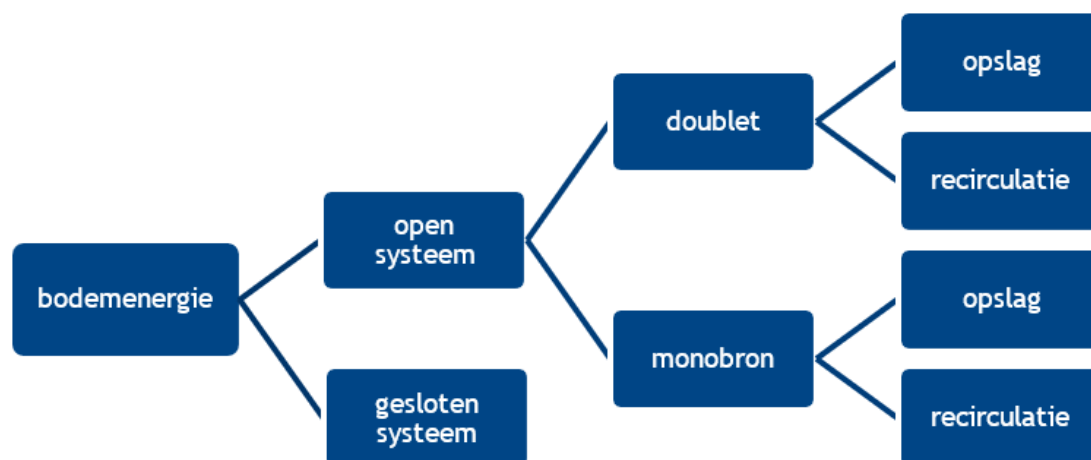
Voor het realiseren en het in werking hebben van een gesloten bodemenergiesysteem binnen de grenzen van het plangebied gelden de volgende locatie specifieke regels:

1. Gesloten bodemenergiesystemen mogen tot een diepte van maximaal 20 m-mv gerealiseerd worden.
2. Indien het redelijkerwijs niet mogelijk is om aan de gebruiksregel te voldoen, kan afgeweken worden van de gebruiksregel. Een onderbouwing van de afwijking moet ter goedkeuring aan de gemeente worden voorgelegd.

3 Algemene toelichting

3.1 PRINCIPE BODEMENERGIE

Bodemenergiesystemen maken gebruik van de bodem om warmte en/of koude op te slaan in het aanwezig grondwater. Deze warmte en/of koude wordt gebruikt voor de klimatisering van gebouwen of processen. Hiermee worden aanzienlijke energiebesparingen ten opzichte van conventionele verwarmings en koelinstallaties gerealiseerd. Onderstaand figuur presenteert de verschillende typen bodemenergiesystemen.



Figuur 3.1 | Overzicht bodemenergiesystemen

Hieronder worden de verschillende typen bodemenergiesystemen nader toegelicht.

3.1.1 Open en gesloten systemen

Open systemen, ook wel warmte-/koudeopslag (WKO) genoemd, bestaan uit bronnen die grondwater onttrekken en infiltreren. Energie in de vorm van warmte en koude wordt opgeslagen in een ondergrondse watervoerende laag. Deze energie wordt vervolgens onttrokken om te verwarmen (in combinatie met warmtepompen) of te koelen. In de zomer wordt gekoeld met winterkoude en in de winter wordt verwarmd met zomerwarmte. Open systemen worden meestal toegepast op dieptes tussen de 20 tot 250 meter beneden maaiveld. Een open systeem is met name rendabel bij de grotere ontwikkelingen vanaf circa 50 woningen, kantoren en andere utiliteitgebouwen.

Gesloten systemen, ook wel bodemwarmtewisselaars genoemd, bestaan uit flexibele kunststof lussen in de bodem waarmee warmte en koude aan de bodem wordt onttrokken door middel van geleiding. Er wordt geen grondwater onttrokken. Gesloten systemen worden over het algemeen gerealiseerd tot een diepte van circa 200 meter beneden maaiveld. Een systeem kan al interessant zijn voor één woning. Daarnaast worden gesloten systemen ook toegepast bij kleine utiliteitsbouw (scholen, kleine kantoren), maar in toenemende mate ook bij grotere ontwikkelingen, zoals kantoorgebouwen en appartementen complexen.

3.1.2 Indeling open systemen

De categorie van open systemen kan nader onderscheiden worden naar concepten met één of meer bronnen en met wél of géén opslag van de warmte of koude.

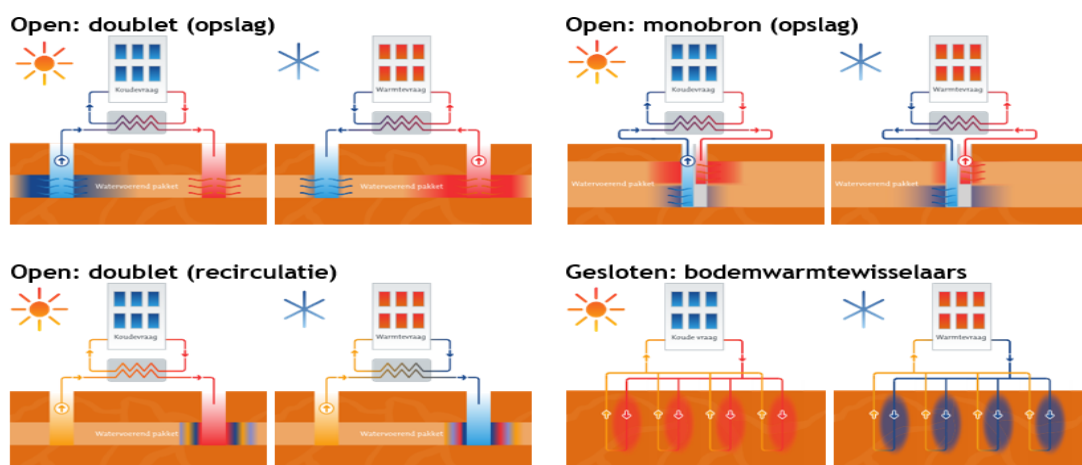
Doublet en monobron

Open systemen zijn onderverdeeld in doubletten en monobronnen. Bij een doubletsysteem worden twee bronnen horizontaal ten opzichte van elkaar geplaatst, zodat de warme en koude bellen zich naast elkaar vormen. Een monobron bestaat uit slechts één bron, waarbij twee filters op ongelijke diepte in de bodem gepositioneerd worden. Hierbij vormen de warme en koude bel zich onder elkaar.

Opslagsystemen en recirculatiesystemen

Bij een opslagsysteem wordt de warmte en koude opgeslagen bij de bronnen. Eén bron is de zogenoemde warme bron, de andere bron de koude bron. Deze bronnen onttrekken en infiltreren afwisselend, afhankelijk van het seizoen. Een recirculatiesysteem is een alternatief systeem dat bestaat uit een onttrekkings- en een infiltratiebron. Er is geen sprake van opslag. Er wordt namelijk continu grondwater onttrokken uit de ene bron en geïnfiltrerd in de andere bron. Met het onttrokken grondwater, met een temperatuur gelijk aan de natuurlijke grondwatertemperatuur, wordt in de zomer gekoeld en in de winter verwarmd.

In Figuur 3.2 zijn de hierboven beschreven concepten schematisch weergegeven.



Figuur 3.2 | Schematische weergave verschillende varianten van bodemenergie

3.2 BODEMEIGENSCHAPPEN

Het technisch functioneren van een bodemenergiesysteem is afhankelijk van een aantal bodemeigenschappen. De belangrijkste voorwaarde voor open bodemenergiesystemen is dat in de bodem een geschikte watervoerende zandlaag aanwezig is die voldoende capaciteit biedt voor de opslag van koude en warmte.

Een ander aspect dat een rol speelt is grondwaterstroming. Voor open bodemenergiesystemen zijn de snelheid en de richting van de grondwaterstroming van belang bij het positioneren van de bronnen. Bij een hoge grondwaterstroming kan thermische interactie tussen de warme en koude bellen

optreden, of kan de opgeslagen energie sneller afstromen. Dit dient in verband met rendementsverlies te worden voorkomen.

Tenslotte is voor open bodemenergiesystemen de grondwaterkwaliteit van belang. De chemische samenstelling en de temperatuur van het grondwater zijn van belang voor het goed functioneren van een open systeem. Daarnaast mag een open systeem geen verzilting veroorzaken, dus moet ook gekeken worden naar de invloed op het zoet-/brak-/zoutgrensvlak.

Bovengenoemde aspecten worden verder in dit hoofdstuk behandeld. Daarbij wordt aangegeven in hoeverre ze de haalbaarheid van open bodemenergiesystemen in het projectgebied beïnvloeden. Dit geeft een globaal beeld van de haalbaarheid, gebaseerd op een geohydrologisch vooronderzoek. Elke initiatiefnemer van bodemenergie binnen het projectgebied dient zelf de benodigde onder- zoeken uit te voeren om de haalbaarheid van het beoogde bodemenergiesysteem te toetsen. Onderstaande informatie is daarom ter indicatie weergegeven. Hieraan kunnen geen rechten worden ontleend.

3.2.1 Bodemopbouw

De bodemopbouw in de directe omgeving van De Hoef West is beschreven op basis van de volgende gegevens:

- Grondwaterkaart van Nederland
- Regionaal Geohydrologisch Informatie Systeem (REGIS)
- Boorbeschrijvingen uit het archief van TNO Bouw en Ondergrond via DINOLoket
- Boorbeschrijvingen van omliggende bodemenergiesystemen

Op basis van deze gegevens is de bodemopbouw geschematiseerd in een aantal watervoerende pakketten en scheidende lagen. Tabel 3.1 geeft de globale bodemopbouw in het plangebied weer. Lo- kaal kan de bodemopbouw variëren. De lokale bodemopbouw dient bij de vergunningaanvraag voor elk individueel systeem nader te worden beschouwd.

Tabel 3.1 | Schematisatie van de bodem

diepte [m- mv]*	lithologie	geohydrologische benaming
0 – 10	matig fijn tot matig grof zand en veen	freatisch watervoerend pakket
10 – 20	klei, fijn zand en veen	1e scheidende laag
20 - 140	matig grof tot uiterst grof zand met enkele kleilagen	gecombineerd 2e/3e watervoerende pakket
140 - 155	klei en fijn zand	lokale scheidende laag
155 - 170	matig fijn tot zeer grof zand	gecombineerd 2e/3e watervoerendepakket
> 170	klei en fijn zand	hydrologischebasis

* m-mv = meter minus maaiveld; het maaiveld bevindt zich op circa 3 m NAP

3.2.2 Bodemgeschiktheid open bodemenergiesystemen

Freatisch watervoerend pakket

Het freatisch watervoerend pakket is vanwege de ondiepe ligging en beperkte dikte niet geschikt voor het toepassen van een open bodemenergiesysteem.

Gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket

Het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket bestaat uit grof zand en is daarmee goed geschikt voor het toepassen van een open bodemenergiesysteem. De maximale broncapaciteit die kan worden onttrokken en geïnfiltreerd bedraagt circa 250 m³/uur.

3.2.3 Bodemgeschiktheid gesloten bodemenergiesystemen

Om onderlinge thermische interferentie tussen open en gesloten bodemenergiesystemen te voorkomen moet er een verticale scheiding aangehouden worden tussen de open en gesloten bodemenergiesystemen. Vanwege de relatief ondiepe ligging van het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket is het met de technieken van nu moeilijk om op een financieel haalbare manier een gesloten bodemenergiesysteem met verticale bodemwarmtewisselaars tot aan het tweede en derde watervoerende pakket te realiseren. Toch worden deze systemen binnen De Hoef West toe- gestaan tot 20 m-mv.

3.2.4 Overige geohydrologische eigenschappen

De overige geohydrologische eigenschappen die belangrijk zijn voor de toepassing van een open bodemenergiesysteem zijn weergegeven in Tabel 3.2.

Tabel 3.2 | Geohydrologische eigenschappen voor een open bodemenergiesysteem in het tweede watervoerende pakket

parameter	toelichting
grondwaterstand	✓ circa 1,5 m-mv
stijghoogten	✓ 2 ^e /3 ^e watervoerende pakket: circa 2 m-mv
stromingssnelheid- en richting	✓ 2 ^e /3 ^e watervoerende pakket: 10 m/jaar in noordnoordwestelijke richting
gas	✓ geen afwijkende gasdruk verwacht
deeltjes	✓ geen verhoogd risico op verstopping door fijne deeltjes
redox	✓ geen redoxovergang in opslagpakket
temperatuur	✓ 11 °C
zoet/brak/zoutgrensvlak	✓ zoet/brak: >150 m-mv en brak/zout: circa >200 m-mv
✓ geschikt, geen belemmering of aandachtspunt ⚠ aandachtspunt of risico ✗ hoog risico of belemmering	

1. Zoet-/brak-/zout-overgangen

Verziltiging van zoet grondwater door een open bodemenergiesysteem is niet toegestaan. Daarom is het belangrijk dat er voldoende afstand en/of weerstandsbiedende lagen aanwezig zijn tussen het bronfilter en het zoet-/brakgrensvlak. Het zoutgehalte van het grondwater wordt uitgedrukt met de chlorideconcentratie. Voor het bepalen van de diepte van de grensvlakken is gebruik gemaakt van de Grondwaterkaart van Nederland en TNO-data (beschikbaar via DINOloket).

Uit de Grondwaterkaart volgt dat de zoet-/brakovergang zich tussen 100 en 120 m-mv bevindt. Uit de beschikbare TNO-data volgt dat het grondwater op 175 m-mv nog zoet is (chloride gehalte < 150 mg/l). Uit waterkwaliteitsgegevens van bestaande bodemenergiesystemen blijkt ook dat het grondwater in Amersfoort op circa 150 m-mv nog erg zoet is. Geconcludeerd wordt dat het zoet-/brak grensvlak dieper dan 150 m-mv ligt en zich dus in of onder de lokale scheidende laag bevindt. Gezien de dikte en de te verwachten verticale weerstand van de scheidende laag op circa 140 – 155 m-mv, zal een open bodemenergiesysteem geen negatieve invloed hebben op de aanwezige zoetwatervoorraad op en rond de locatie. Aandachtspunt hierbij vormen monobronnen, wanneer de bronfilters dieper dan 155 m-mv gerealiseerd worden. In dat geval moet aangetoond worden dat ook het diepere grondwater zoet is en er geen sprake zal zijn van verziltiging van zoet grondwater.

3.3 BODEMBELANGEN

In Tabel 3.3 zijn de relevante belangen opgenomen die van invloed kunnen zijn op de werking van een open bodemenergiesysteem in het projectgebied De Hoef West. Het gaat om zowel technische als juridische aspecten.

Tabel 3.3 | Technische en juridische aspecten bodemenergiesysteem

belangen	
grondwateronttrekkingen	✓ geen grondwateronttrekkingen binnen plangebied
open bodemenergiesystemen	✓ geen vergunde bodemenergiesystemen aanwezig in of binnen 250 m van plangebied
gesloten bodemenergiesystemen	✓ geen gesloten bodemenergiesystemen in of binnen 250 m van plangebied
zettingen	✓ ontoelaatbare zetting wordt niet verwacht
grondwaterbescherming	✓ niet gelegen in een boringsvrije zone of nabij een waterwingebied
natuurbelangen	✓ geen beschermde natuur aanwezig in of binnen 250 m van plangebied
archeologie	⚠ 1 gebieden met middelhoge en hoge archeologische verwachting aanwezig
aardkundig waardevol gebied	✓ niet gelegen in een aardkundig waardevol gebied
verontreinigingen	✓ op basis van Bodemloket.nl geen verontreinigingen verwacht dit belemmering vormen voor een open bodemenergiesysteem
waterkering	✓ geen waterkering aanwezig in of binnen 250 m van plangebied
spoor	⚠ 2 ten westen en ten zuiden is een spoorbaan aanwezig
begraafplaats	✓ geen begraafplaats aanwezig in of binnen 250 m van plangebied
ondergrondse infrastructuur	✓ geen belemmerende ondergrondse infrastructuur bekend binnen plangebied
✓ geschikt, geen belemmering of aandachtspunt ⚠ aandachtspunt of risico ✗ hoog risico of belemmering	

1. Archeologie

Binnen het plangebied zijn gebieden met middelhoge en hoge archeologische verwachting aanwezig. Binnen de gebieden met middelhoge verwachting geldt dat bij plangebieden groter dan 500 m² waarbinnen bodemingrepen plaatsvinden dieper dan 30 cm-mv, voorafgaand archeologisch onderzoek noodzakelijk is. Voor gebieden met een hoge verwachting geldt dit voor plangebieden groter dan 100 m². De ligging van de gebieden is weergegeven op de Archeologische beleidskaart gemeente Amersfoort (<https://www.amersfoort.nl/bouwen-en-verbouwen/to/archeologischonderzoek-bij-bouwwerkzaamheden.htm>).

Ten behoeve van de realisatie van de bronnen en het leidingwerk zijn bodemingrepen nodig. Voor een individueel open bodemenergiesysteem zal dit niet groter dan 500 m² zijn, maar mogelijk wel groter dan 100 m². In dat geval is binnen een gebied met hoge verwachting archeologisch onderzoek nodig. Doel van het onderzoek is om aanwezige archeologische waarden te beschermen. Eventuele archeologische waarden vormen een aandachtspunt, maar geen belemmering voor het toepassen van open bodemenergiesystemen.

2. Spoor

Ten westen en ten zuiden zijn treinsporen aanwezig. Rond de sporen zijn beschermingsgebieden aangewezen door ProRail. Voor werkzaamheden nabij het spoor en binnen en nabij deze beschermingsgebieden, gelden de regels van ProRail. Binnen de beschermingszone is een spoorwegvergunning vereist. Ten behoeve van deze vergunning moet aangetoond worden dat de werkzaamheden geen negatieve invloed hebben op het spoor. Ook wanneer de bronnen buiten de beschermingszone

zijn beoogd, moet bij de vergunningaanvraag Waterwet aangetoond worden dat het beoogde open bodemenergiesysteem geen onacceptabele zetting ter hoogte van het spoor veroorzaakt.

Op basis van ervaringen bij andere projecten is de verwachting dat de aanwezigheid van de sporen geen belemmering vormt voor de vergunningaanvraag en de exploitatie van een open bodemenergiesysteem.

3.4 WETTELIJKE KADERS

De aanleg en bedrijfsvoering van bodemenergiesystemen raakt aan diverse belangen, zoals milieu, drinkwater, bodemkwaliteit, etc. Voor de aanleg ervan is daarom meestal een vergunning vereist. Ook gelden specifieke procedures. Hieronder volgt een beknopte beschrijving van de te volgen procedures en vergunningsplichten bij de aanleg van open en gesloten systemen. Daarna volgt ook een kort overzicht van de regels die gelden voor lozingsactiviteiten. Steeds is hierbij ook aangegeven welk orgaan het bevoegd gezag is.

3.4.1 Open systemen

Het onttrekken en infiltreren van grondwater bij een open bodemenergiesysteem is vergunningplicht in het kader van de Waterwet. Als bijlage bij de vergunningaanvraag dienen de effecten van het systeem in een effectenstudie te worden gekwantificeerd. De belangrijkste aspecten bij een vergunningaanvraag in het kader van de Waterwet zijn samengevat in Tabel 3.4 en daaronder nader toegelicht.

Tabel 3.4 | Belangrijkste aspecten vergunning open systemen

aspect	toelichting
bevoegd gezag	provincie Utrecht
vergunningplicht	alle open systemen
doorlooptijd	reguliere procedure: 8 weken tot publicatie definitieve beschikking uniforme openbare voorbereidingsprocedure: 6 maanden tot publicatie definitieve beschikking
leges/publicatiekosten	De provincie rekent geen leges voor open bodemenergiesystemen
juridische voorwaarden	- de gemiddelde infiltratietemperatuur in de bronnen mag niet hoger zijn dan 25 °C en niet lager zijn dan 5 °C, de provincie heeft de mogelijkheid om een hogere temperatuur toe te staan; - bodemenergiesystemen mogen geen ontoelaatbare negatieve invloed hebben op reeds aanwezige bodemenergiesystemen of andere belanghebbenden in de omgeving; - verontreinigingen mogen niet extra verplaatst worden door het toepassen van bodemenergie; - verzilting van het zoete grondwater dient te worden voorkomen; - een koudeoverschot is in principe toegestaan en een warmteoverschot verboden, de provincie heeft de mogelijkheid om het koudeoverschot te beperken.

Een deel van deze (en andere) voorwaarden gesteld aan het installeren en het in werking hebben van een open systeem staan in meer detail in de artikelen 6.11a tot en met 6.11i van het Waterbesluit. Het provinciaal beleid voor bodemenergie is opgenomen in het Bodem en waterprogramma provincie Utrecht 2022-2027.

Procedure

Voor een vergunningaanvraag Waterwet geldt de reguliere procedure van de Algemene wet bestuursrecht. Deze procedure duurt circa 8 weken. De provincie heeft de mogelijkheid om op de aanvraag te beslissen met toepassing van de uniforme openbare voorbereidingsprocedure (Afd. 3.4 van de Algemene wet bestuursrecht). Deze procedure duurt circa 6 maanden. Binnen deze procedure wordt, afwijkend van de reguliere procedure, eerst een ontwerpbesluit ter inzage gelegd, voordat het definitieve besluit uitkomt.

Voor elke vergunningaanvraag voor een bodemenergiesysteem in het kader van de Waterwet dient een formele m.e.r.-beoordeling uitgevoerd te worden. Voor systemen met een waterverplaatsing van minder dan 1.500.000 m³/jaar geldt een vormvrije m.e.r.-beoordeling en hoeft bij het indienen van de vergunningaanvraag Waterwet geen m.e.r.-beoordelingsbesluit toegevoegd te worden. De m.e.r.-beoordeling kan plaatsvinden parallel aan de procedure van de vergunningaanvraag Waterwet. Middels een korte notitie wordt het initiatief aangemeld voor de m.e.r.-beoordeling.

Nadat het bodemenergieplan door de provincie is verankerd in een provinciale beleidsregel, zal de provincie nieuwe vergunningaanvragen Waterwet voor open bodemenergiesystemen toetsen aan de gebruikersregels uit het bodemenergieplan.

3.4.2 Gesloten systemen

Gesloten systemen zijn meldings- en soms vergunningplicht. Alle gesloten systemen moeten ten minste gemeld worden (conform het Besluit lozen buiten inrichting of Activiteitenbesluit milieubeheer). Voor gesloten systemen met een bodemzijdig vermogen groter dan of gelijk aan 70 kW, alsmede alle systemen die in een interferentiegebied worden gerealiseerd, moet ook een Omgevings- vergunning Beperkte Milieutoets (OBM) worden aangevraagd bij het bevoegd gezag (gemeente Amersfoort). De belangrijkste aspecten voor de melding en vergunningverlening voor gesloten systemen zijn samengevat in Tabel 3.5 en daaronder nader toegelicht.

Tabel 3.5 | Belangrijkste aspecten melding en vergunning gesloten systemen

aspect	toelichting
bevoegd gezag	Gemeente Amersfoort
melding	alle systemen
vergunningplicht	≥ 70 kW of ligging in interferentiegebied
doorlooptijd	melding: 4 weken voor start werkzaamheden vergunning: 8 weken tot publicatie definitieve beschikking (OBM)
belangrijkste algemene regels	- de temperatuur van de circulatievloeistof mag niet hoger zijn dan 30 °C en niet lager zijn dan -3 °C, de gemeente heeft de mogelijkheid om een hogere temperatuur toe te staan; - bij vermoedelijke lekkage: onmiddellijk buiten werking stellen en circulatievloeistof verwijderen (tenzij de circulatievloeistof uit alleen water bestaat); - gesloten bodemenergiesystemen mogen geen ontoelaatbare negatieve invloed hebben op reeds aanwezige bodemenergiesystemen of andere belanghebbenden in de omgeving; - een koudeoverschot is in principe toegestaan en een warmteoverschot verboden, de gemeente heeft de mogelijkheid om het koudeoverschot te beperken.

Deze (en andere) voorschriften gesteld aan het installeren en het in werking hebben van gesloten bodemenergiesystemen zijn opgenomen in hoofdstuk 3a van het Besluit lozen buiten inrichting en paragraaf 3.2.8 uit het Activiteitenbesluit milieubeheer.

Het plangebied van De Hoef West ligt binnen een interferentiegebied, waardoor voor alle gesloten bodemenergiesystemen een vergunningsplicht geldt. Door het vaststellen en verankeren van een gemeentelijke beleidsregel kan de gemeente voor De Hoef West vastleggen op basis van welke regel(s) een vergunningaanvraag voor een gesloten bodemenergiesysteem wordt getoetst. Deze regel(s) zijn geba-

seerd op het voorkomen van interferentie tussen systemen en het bevorderen van doelmatig gebruik van de ondergrond.

3.4.3 Lozingen

Er zijn verschillende momenten waarop lozingen, en daarmee de wettelijke kaders voor lozingsactiviteiten, aan de orde zijn.

Boren van de bronnen/lussen (boorspoelwater)

Voor de aanleg van de bronnen van open systemen en de lussen van gesloten systemen moet worden geboord. Tijdens het boren komt spoelwater vrij (boorspoelwater). De hoeveelheid water die hierbij vrijkomt is beperkt, maar bevat vaak boorspoeling (bentoniet en polymeren) en vrijgekomen grond (zand, klei).

Ontwikkelen van open bronnen (ontwikkelwater)

Direct na het boren worden de bronnen van een open systeem eenmalig schoon gepompt (ontwikkelen). Het doel hiervan is om resten van het geboorde materiaal uit de bronnen te verwijderen (zand en slibdeeltjes), zodat deze niet voor verstoppingen kunnen zorgen. Tijdens het ontwikkelen komt grondwater vrij met een debiet tot maximaal 130% van het ontwerpdebiet. Dit grondwater moet geloosd worden. Om de lozingshoeveelheid en het lozingsdebiet te verlagen kan gebruik worden gemaakt van filtertechnieken om vaste bestanddelen te verwijderen, waarbij het water grotendeels weer geïnfiltreerd wordt in de bodem. Het blijft echter noodzakelijk dat een gedeelte van het vrijkomende grondwater geloosd kan worden, om onder andere de filterunits terug te spoelen. Door deze manier van ontwikkelen kan het lozingsdebiet beperkt worden.

Onderhoud van open bronnen (spuiwater)

In verband met preventief onderhoud van de bronnen worden deze een aantal keer per jaar gespoeld. Bij deze actie wordt uit de bronnen enige tijd grondwater onttrokken met het maximale debiet. Dit grondwater moet geloosd worden. Middels een onderhoudsfilter in de technische ruimte kan ervoor gezorgd worden dat er geen grondwater geloosd hoeft te worden. Bij een onderhoudsfilter wordt het vuil afgevangen met een zogenaamd kaarsenfilter met zeer kleine poriën. Het grondwater wordt uit de bronfilters opgepompt en wordt via het onderhoudsfilter in de bypass van het leidingcircuit in een andere bron geïnjecteerd.

Regulering van lozingen en voorkeursroutes

Met de inwerkingtreding van de AMvB Bodemenergie zijn voorkeursvolgordes voor lozingen gedefinieerd. Hierbij worden twee type lozingen onderscheiden:

- lozen van boorspoelwater (open en gesloten systemen);
- lozen van ontwikkel- en beheerwater (alleen open systemen).

Door de specifieke kenmerken van deze stromen geldt er een voorkeursvolgorde voor de lozingsroute. Lokale omstandigheden kunnen aanleiding zijn om af te wijken van deze volgorde. Onderstaande tabel geeft de voorkeursvolgorde weer.

Tabel 3.6 / Voorkeursvolgorde lozen vanuit AMvB Bodemenergie

type afvalwater	voorkeursvolgorde lozing (bevoegd gezag)
Boorspoelwater (open en gesloten-systemen)	1. vuilwaterriool (gemeente) 2. op de bodem (gemeente) 3. overige lozingsmethoden In de bodem en op het schoonwaterriool is niet toegestaan
Ontwikkel- en beheerwater (open systemen)	1. in de bodem(provincie) 2. oppervlaktewater (Waterschap of Rijkswaterstaat) 3. schoonwaterriool (gemeente) 4. vuilwaterriool(gemeente) 5. externe verwerker

Het Besluit lozen buiten inrichtingen bevat regels voor een groot aantal categorieën van lozingen die het gevolg zijn van activiteiten die plaatsvinden buiten inrichtingen in de zin van de Wet milieubeheer. Lozingen vanuit inrichtingen vallen onder het Activiteitenbesluit. Het besluit geldt voor alle lozingsroutes: zowel lozingen op oppervlaktewater, de bodem als de riolering.

De lozingen van het water voor het ontwikkelen van open bronnen geeft de grootste lozingsvolumes. Conform de voorkeursvolgorde voor lozingen heeft het terugbrengen van het grondwater de voorkeur.

Dit is echter een kostbare methode en door het beperken van het ontwikkeldebiet kunnen de bronnen niet optimaal ontwikkeld worden. Daarnaast is het nog steeds nodig om een kleine waterhoeveelheid te lozen. Het lozen van het ontwikkelwater op het oppervlaktewater is daarom vaak een beter haalbare methode. Mocht dit niet mogelijk zijn, moet het grondwater geloosd worden op een vuilwaterriool of gemengd rioolstelsel. Aanbevolen wordt om in een vroeg stadium in overleg te treden met het bevoegd gezag om de mogelijkheden voor lozen te bespreken.

Het beleid ten aanzien van het lozen op oppervlaktewater is beschreven in het Besluit lozen buiten inrichtingen. Dit beleid wordt in het geval van Amersfoort gehanteerd en uitgevoerd door Waterschap Vallei en Veluwe. Het beleid en het indienen van een vergunning of doen van een melding staat beschreven op de website van het waterschap.

4 Inventarisatie vraag en aanbod

4.1 ONTWIKKELINGEN

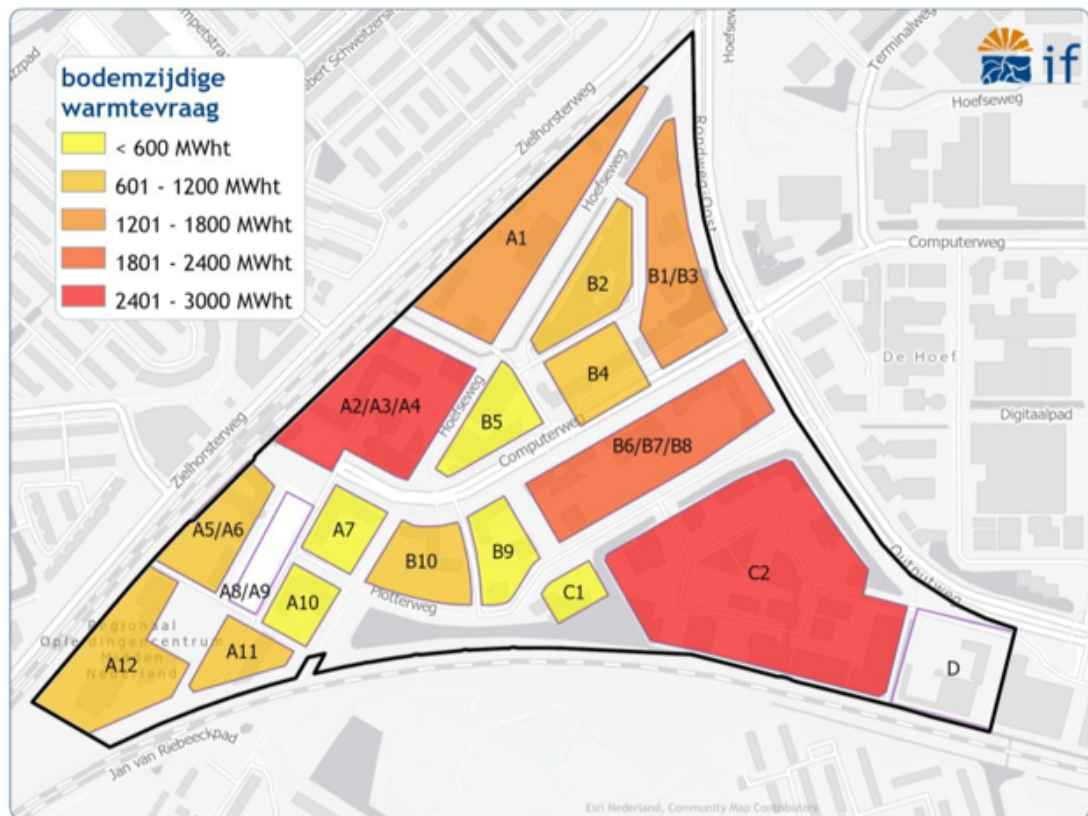
De gemeente Amersfoort heeft informatie over de geplande ontwikkelingen aangeleverd. In Figuur 4.1 zijn de ontwikkelvelden ingetekend.



Figuur 4.1 | Ontwikkelvelden De Hoef West Amersfoort

4.2 WARMTE- EN KOUEVRAAG

Op basis van de ontwikkelvelden zijn de gebouwzijdige energievraag en benodigde vermogens per blok bepaald. Op basis van deze energievraag en vermogens is met behulp van kentallen, energetische uitgangspunten en de jaarlijkse verdeling van vermogens de bodemzijdige vraag bepaald. In Figuur 4.2 is de verwachte bodemzijdige warmtevraag weergegeven per ontwikkelveld. In Tabel 4.1 zijn beknopt de resultaten van de voorgaande berekeningen weergegeven. De gebruikte kentallen, energetische uitgangspunten en jaarlijkse verdeling van de vermogens zijn ter informatie opgenomen in bijlage 2.



Figuur 4.2 | Bodemzijdige warmtevraag per ontwikkelveld

Tabel 4.1 | Gebouw- en bodemzijdige energievraag en vermogens in De Hoef West

	eenheid	gebouwszijdig	bodemzijdig
warmtevraagruimteverwarming en tapwater	MWh	22.540	17.000
koudevraagruimtekoeling	MWh	10.090	10.090
verwarmingsvermogen	kW	15.660	12.520
koelvermogen	kW	13.910	13.910

De bepaalde bodemzijdige warmte- en koudevraag zijn vervolgens vertaald naar de jaarlijkse grondwaterverplaatsing en benodigde grondwaterdebieten, die weergegeven zijn in Tabel 4.2.

Tabel 4.2 | Benodigde waterverplaatsing en debiet in De Hoef West

	waterversplaatsing warmtelevering [m ³ /jaar]	waterversplaatsing koeling [m ³ /jaar]	debet warmtelevering [m ³ /h]	debet koeling [m ³ /h]
De Hoef West	3.063.000	3.063.000	1.850	1.910

4.3 MATCH VRAAG/AANBOD

Uit de inventarisatie (paragraaf 4.2) volgt voor De Hoef West een totale bodemzijdige warmte en koudevraag van respectievelijk 17.000 MWh en 10.090 MWh. Een indicatie van het bodemzijdige aanbod kan berekend worden op basis van de verwachte filterlengte en het oppervlakte van het projectgebied De Hoef West. Er kan circa 30.000 MWh aan warmte en koude geleverd worden. Hier- mee overstijgt het aanbod vanuit de bodem de vraag.

Opgemerkt wordt dat het werkelijke potentieel in de praktijk lager kan uitvallen vanwege fysieke obstakels ten aanzien van de inpassing van bronnen (zoals wegen, parkeerkelders, groen en dergelijke). Aangezien het bodemzijdige aanbod de vraag overstijgt wordt verwacht dat ook bij een iets lager potentieel nog steeds de vraag gedekt kan worden. Het is echter wel van belang om met de beschikbare gebieden voor de inpassing van bronnen het aanwezige potentieel optimaal te benut- ten.

5 Toelichting gebruiksregels

In hoofdstuk 2 zijn de gebruiksregels voor open en gesloten bodemenergiesystemen opgenomen. In dit hoofdstuk wordt per gebruiksregel een onderbouwing gegeven waarom een bepaalde gebruiksregel is opgenomen.

5.1 GEBRUIKSREGELS VOOR OPEN BODEMENERGIESYSTEMEN BINNEN HET PLANGEBIED

1. **Regel** : Het open bodemenergiesysteem moet worden uitgevoerd als een doublet- of mo- nobron-systeem.

Onderbouwing : Gezien de beoogde omvang van de ontwikkelingen is de verwachting dat de toepassing van (collectieve) open bodemenergiesystemen veelal het beste aansluit bij de intensiteit van de warmte/koudevraag. Qua omvang sluiten doubletten bij de meeste ontwikkelingen het beste aan, maar voor enkele ontwikkelingen is de energievraag dermate laag en de beschikbare ruimte voor het plaatsen van een doublet bronnen beperkt dat het toepassen van een monobron voor de hand ligt.

2. **Regel**: Open bodemenergiesystemen uitgevoerd als recirculatiesystemen zijn niet toegestaan.

Onderbouwing : Het gebruik van recirculatiesystemen is niet toegestaan, omdat het rendement van deze systemen lager is dan bij een opslagsysteem en daarmee het beschikbare bodempotentieel niet optimaal benut wordt.

3. **Regel** : De bronfilters van een open bodemenergiesysteem moeten geplaatst worden in het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket.

Onderbouwing : Voor het grootschalig toepassen van open bodemenergiesystemen wordt gekozen voor het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket. Dit vanwege de bodem- technische geschiktheid.

4. **Regel**: De warme en koude bron(nen) van een open bodemenergiesysteem moeten respectievelijk binnen de aangegeven warme (rode) en koude (blauwe) zones worden gepositioneerd.

Onderbouwing: De ruimtelijke ordening van open systemen in het tweede en derde watervoerende pakket vindt plaats op basis van een oriëntatie-patroon in zones. Deze zones zijn uitgewerkt in een kaart die is opgenomen in bijlage 1. Zonering van de bronnen biedt zowel sturing alsmede een stuk flexibiliteit wat betreft inpassing. Het is sturend in de ruimtelijke ondergrondse ordening door het regisseren van het specifiek opslaan van warmte of koude in een bepaalde zone. Dit zodat de opslag van warmte en koude niet gaat interfereren en daarmee het behalen van het totale potentieel niet verhinderd wordt. Het biedt vrijheid in de praktische ruimtelijke inpassing in het terrein. Door het definiëren van een zone en geen vaste bronposities, blijft het mogelijk de ruimtelijke inpassing af te wegen met andere ordeningsbehoeftes voor gebouwen, inrichting openbare ruimte en aanwezige en toekomstige infrastructuur.

Er is gekozen voor een zonering, omdat hiermee het ondergrondse potentieel optimaler wordt benut dan bij alternatieve ordeningsmethodes zoals bijvoorbeeld het kruislings plaatsen van bronnen. Vanwege de relatief diepe ligging van de open bodemenergiesystemen, vormen de hydrologische effecten geen directe belemmering. De oriëntatie van de zones is gebaseerd op de ligging van de ontwikkelvelden, zodat binnen de meeste ontwikkelvelden zowel een koude als een warme zone is opgenomen. De afstanden tussen de stroken zijn bepaald op basis van de te verwachten waterverplaatsing per ontwikkelveld.

5. **Regel**: De bronfilters van doubletsystemen moeten gerealiseerd worden tot een diepte van maximaal 100 m-mv.

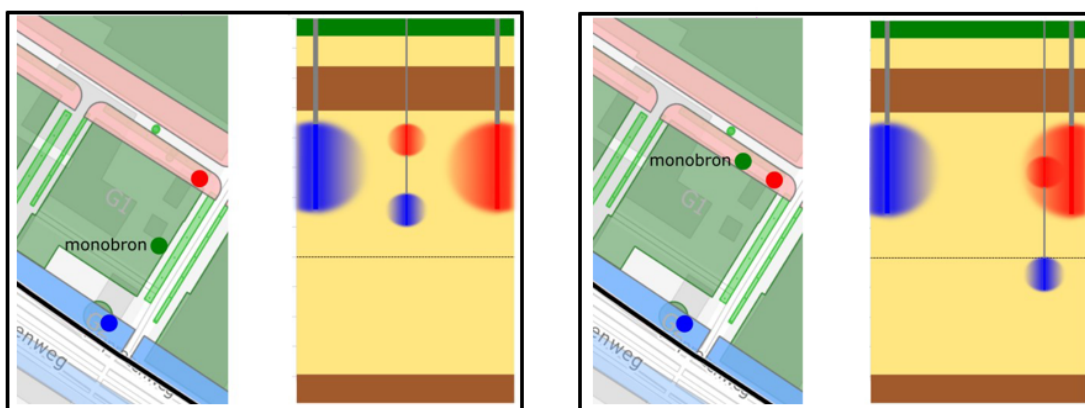
Onderbouwing: Binnen het projectgebied bevinden zich ontwikkelvelden met een relatief lage energievraag, waarvoor mogelijk een monobronsysteem toegepast zou kunnen worden. Binnen het bodem-energieplan wordt daarom ook ruimte geboden om een monobronsysteem toe te passen. Vanwege de relatieve grote dikte van het opslagpakket is ervoor gekozen om een verticale scheiding tussen monobron en doubletsystemen aan te houden. Hierdoor moeten de bronfilters van de doubletsystemen gerealiseerd worden tot een maximale diepte van 100 m-mv.

Dit is voldoende om een bron met een maximale capaciteit van 250 m³/uur te kunnen realiseren.

6. **Regel**: Een monobron moet op één van de volgende manieren gepositioneerd worden:
 - a. tussen een warme en koude strook, waarbij de monobron geen aantoonbaar negatief effect heeft op aanwezige en mogelijke toekomstige doubletten binnen de stroken.
 - b. in een warme of koude strook, waarbij het bovenste filter van hetzelfde type (warm of koud) moet zijn als de strook waarbinnen hij ligt. Het onderste bronfilter moet onderin het gecom-

bineerde tweede en derde watervoerende pakket geplaatst worden op een diepte van minimaal 120 m-mv.

Onderbouwing: Het toepassen van monobronnen is mogelijk, indien aangetoond kan worden dat de monobron geen negatieve invloed heeft op bestaande en mogelijk toekomstige doubletsystemen. Hiervoor kan de monobron tussen de warme en koude strook geplaatst worden of kan de monobron in een strook geplaatst worden. Wanneer de monobron tussen de warme en koude strook wordt geplaatst, geldt er geen directe beperking ten aanzien van de diepte van de bronfilters. Wel moet aangetoond worden dat de gewenste situatie geen invloed heeft op aanwezige en toekomstige doubletten. Wanneer de monobron in het zoekgebied wordt geplaatst, geldt wel een beperking ten aanzien van de diepte van bronfilters, waarmee gezorgd wordt voor een verticale scheiding tussen andersoortige bronfilters. Hierdoor is van een negatief effect geen sprake. Het bovenste bronfilter van een monobron moet van hetzelfde type zijn als de strook waarbinnen hij ligt. Het onderste bronfilter moet op voldoende afstand van de bronfilters van bestaande en eventueel toekomstige bodemenergiesystemen geplaatst worden. Hiervoor moet het onderste bronfilter vanaf minimaal 120 m-mv geplaatst worden. In onderstaande figuren is dit schematisch weergegeven.



Figuur 5.1 | Schematisatie diepte bronfilters bij een monobron tussen zoekgebieden (links) en een monobron binnen een zoekgebied (rechts)

Onder de toekomstige systemen worden de systemen bedoeld welke redelijkerwijs door de initiatiefnemers voorzien kunnen worden. De initiatiefnemer heeft de inventarisatieplicht om hiervoor in overleg te treden met de gemeente en de meest actuele versie van het bouwprogramma te achterhalen.

7. **Regel:** Indien het redelijkerwijs niet mogelijk is om aan alle gebruiksregels te voldoen, kan afgeweken worden van de gebruiksregels. Een onderbouwing van de afwijking moet, samen met een schriftelijke goedkeuring van de gemeente, bij de vergunningaanvraag Waterwet gevoegd worden en ter goedkeuring aan de provincie worden voorgelegd.

Onderbouwing: Om ruimte te bieden voor uitzonderlijke situaties, kan afgeweken worden van de gestelde regels. Dit kan echter alleen indien het redelijkerwijs niet mogelijk is om aan alle gebruiksregels te voldoen. In dat geval moet in eerste instantie in overleg met de gemeente Amersfoort bepaald worden of de afwijking is toegestaan. Pas nadat de gemeente een schriftelijke toestemming heeft gegeven kan de initiatiefnemer deze toestemming met een onderbouwing van de afwijking bij de vergunningaanvraag Waterwet toevoegen. Daarmee wordt de afwijking ter goedkeuring aan de RUD Utrecht, gemandateerd door de provincie Utrecht voor het verlenen van een vergunning Waterwet, voorgelegd.

5.2 GEBUIKSREGELS VOOR OPEN BODEMENERGIESYSTEMEN BINNEN HET PROJECTGEBIED

8. **Regel:** Het bodemenergiesysteem bereikt uiterlijk vijf jaar na de datum van ingebruikname een moment waarop de hoeveelheid koude die door het systeem aan de bodem is toegevoegd ten minste 100% en ten hoogste 115% bedraagt ten opzichte van de hoeveelheid warmte, die vanaf die datum door het systeem aan de bodem is toegevoegd. Het systeem herhaalt dit telkens uiterlijk vijf jaar na het laatste moment waarop die situatie werd bereikt.

Onderbouwing: Het vraagprofiel van de meeste gebouwen binnen De Hoef West tonen een grotere warmte- dan koudebehoefte. Dit impliceert dat voor de meerderheid van de systemen, vanuit het behalen van financieel voordeel, een koudeoverschot wenselijk is. Een accumulatie van systemen met een koudeoverschot staat het optimaal gebruik van de ondergrond in de weg. Om toch een financieel voordeel te behalen zonder het in de weg staan van het optimaal gebruik van de ondergrond, is opgenomen dat systemen ten minste 100% en ten hoogste 115% koude mogen toevoegen in de bodem ten

opzichte van de ingebrachte warmte. Op basis van ervaring bij soortgelijke locaties blijkt dat de invloed van een beperkt koude- overschot (115%) slechts een kleine invloed heeft op de omvang van de thermische effecten. Daarom is in de gebruiksregels opgenomen dat een beperkt koudeoverschot tot maximaal 115% is toegestaan. Om het koudeoverschot te beperken moet mogelijk met aanvullende voorzieningen in de zomer extra warmte ingevangen worden.

9. **Regel:** De bronnen en het leidingwerk moeten gerealiseerd worden op eigen terrein, gedeeld terrein of, indien niet anders mogelijk, terrein van derden mits de betreffende grondeigenaren hiervoor schriftelijk toestemming hebben gegeven.

Onderbouwing: De openbare ruimte in De Hoef West zit vol met kabels en leidingen. Het is daarom niet wenselijk om de openbare ruimte meer te belasten met bronnen en leidingwerk. Daarom moeten de bronnen en het leidingwerk in basis op eigen terrein, gedeeld terrein of terrein van derden niet zijnde de gemeente geplaatst worden. Wanneer er redelijkerwijs geen mogelijkheden zijn voor plaatsing op deze terreinen, kan in samenspraak met de gemeente (afdeling Leefomgeving) gezocht worden naar geschikte bronposities in de openbare ruimte. Deze openbare ruimte kan gezien worden als terrein van derden (zijnde de gemeente). Dit kan alleen als er voldoende openbare ruimte beschikbaar is, dit de aanleg en uitbreiding van andere kabels en leidingen en het onderhoud van bestaande voorzieningen niet belemmert.

Voor de aanleg van de kabels en leidingen ten behoeve van een bodemenergiesysteem in gemeentelijke gronden is een vergunning aanleg ondergrondse infrastructuur (kabels en leidingen) nodig. Deze moet aangevraagd worden bij de afdeling Leefomgeving. Daarnaast gelden onder andere de volgende regels:

- De openbare gronden waarin de bodemenergie-voorziening wordt aangelegd, blijven eigen- dom van de gemeente.
- Voor de aankleding en inpassing van de bronnen/putten in de openbare ruimte moet worden overlegd met de afdeling Ruimtelijke ordening.
- Op de uitvoering van de werkzaamheden zijn de beleidsregels kabels en leidingen van toe- passing.
- Met proefsleuven moet onderzocht worden of er daadwerkelijk ruimte is.

5.3 GEBUIKSREGELS GESLOTEN BODEMENERGIESYSTEMEN

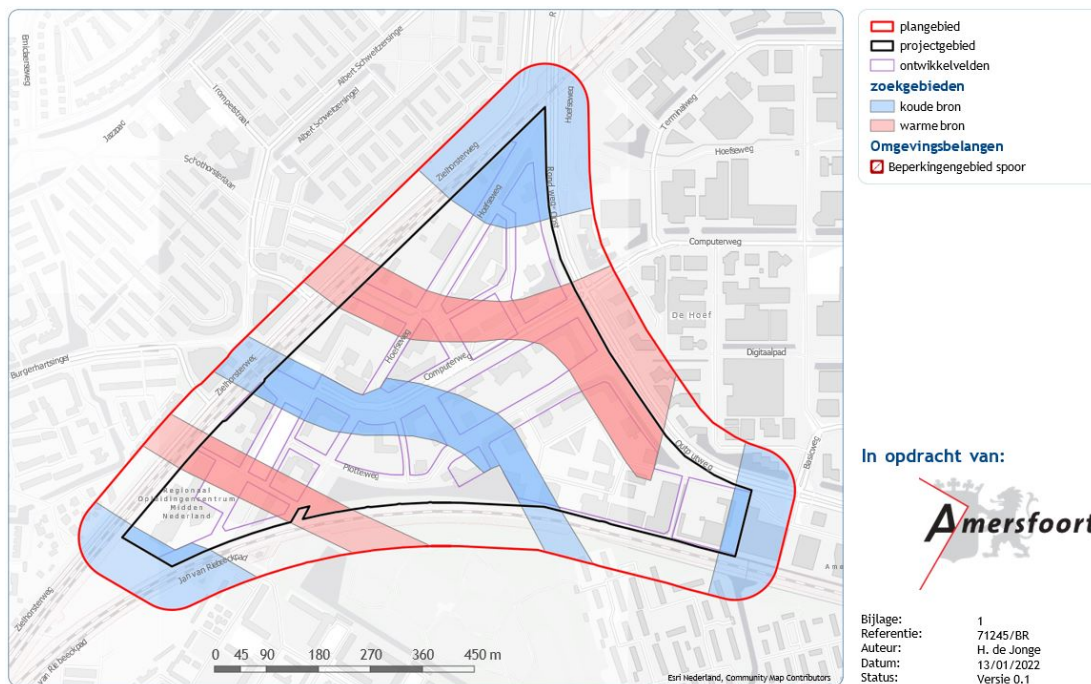
1. **Regel:** Gesloten bodemenergiesystemen mogen tot een diepte van maximaal 20 m-mv ge- realiseerd worden.

Onderbouwing: De energievraag van de gebouwen sluit het beste aan op de toepassing van open bodemenergiesystemen. Daarom wordt in het bodemenergieplan ruimte geboden voor het toepassen van open bodemenergiesystemen boven de toepassing van gesloten bodemenergie- systemen. Om thermische interferentie tussen open en gesloten bodemenergiesystemen te voorkomen is een verticale scheiding tussen deze systemen aangehouden en worden de geslo- ten bodemenergiesystemen toege- staan tot een diepte van maximaal 20 m-mv.

2. **Regel:** Indien het redelijkerwijs niet mogelijk is om aan de gebruiksregel te voldoen, kan afgeweken worden van de gebruiksregel. Een onderbouwing van de afwijking moet ter goedkeuring aan de gemeente worden voorgelegd.

Onderbouwing: In een uitzonderlijke situatie kan het mogelijk zijn om af te wijken van de gestelde ge- bruiksregel. Dit kan echter alleen indien het redelijkerwijs niet mogelijk is om aan de gebruiksregel te voldoen en de beoogde invulling van het plangebied met open bodemenergiesystemen voor de toe- komstige ontwikkelingen niet in het geding is. In dat geval moet in overleg met de gemeente Amersfoort bepaald worden of de afwijking is toegestaan. Pas nadat de gemeente een schriftelijke toestemming heeft gegeven kan de initiatiefnemer deze toe- stemming met een onderbouwing van de afwijking bij de vergunningaanvraag toevoegen.

Bijlage 1 – Plankaart



Bijlage 2 - Kentallen en uitgangspunten

Tabel 1 | Kentallen gebouwfuncties op basis van BENG (nieuwbouw) bepaald per gebruiksoppervlakte (GO).

gebouwfunctie	warmtevraag ruimteverwarming [kWh/m ² /jaar]	tapwater vraag [kWh/m ² /jaar]	warmtevermogen [W/m ²]	koudevraag [kWh/m ² /jaar]	koelvermogen [W/m ²]
Werk & utiliteit	38	0	40	45	65
Wonen	33	28	35	12	15

Tabel 2 | Energetische uitgangspunten: dT, COP en SPF.

	warmtelevering	koeling
dTontwerp	6,0	8,0
dTgemiddeld	5,0	5,0
COP/SPF ruimteverwarming-/koeling (WP/passief)	5,5	5,0 / 10,0
COP/SPF tapwater	3,0	-

Tabel 3 | Verdeling jaarlijkse energievraag en vermogens.

	passief (direct uit bronnen)	actief (via warmtepomp)
verwarmingsvermogen	-	100%
warmtevraag	-	100%
koelvermogen	100%	-
koudevraag	100%	-