

Bodemenergieplan

Gesloten systemen in De Laakse Tuinen, Velden 1F en Waterdorp (Vathorst Amersfoort)





Datum 16 mei 2022

Referentie 68104/HeM/20220516

Betreft Bodemenergieplan gesloten systemen in De Laakse Tuinen, Velden 1F en Waterdorp (Vathorst Amersfoort)

Behandeld door R. Wennekes / F. van Kasteel

Gecontroleerd door H. Mathijssen

Versienummer 4.0

Dit document vervangt het Bodemenergieplan, versie 3.0 van 25 augustus 2020

OPDRACHTGEVER

Ontwikkelingsbedrijf Vathorst
Veenlagen 33
3825 RT Amersfoort
T 033 451 1013
E info@vathorst.com

OPSTELLER BODEMENERGIEPLAN

IF Technology bv
Velperweg 37
Postbus 605
6800 AP Arnhem
T 026 35 35 555

INHOUDSOPGAVE

1 Inleiding	4
1.1 Revisie Bodemenergieplan	4
1.2 De Laakse Tuinen, Velden 1F en Waterdorp	4
1.3 Werkingsprincipe	5
1.4 Interferentie	5
1.5 Verordening gesloten bodemenergiesystemen	6
1.6 Regels en bodemenergieplan	6
2 Geohydrologisch onderzoek	7
2.1 Bodemopbouw	7
2.2 Geohydrologie	8
2.3 Risicoanalyse	11
3 Bodemenergieplan	12
3.1 Doelstelling	12
3.2 Interferentie en ontwerp	12
3.3 Uitgangspunten interferentieberekening	13
3.4 Resultaten interferentieberekening	13
3.5 Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking	15
3.6 Temperatuurcorrectie	15
4 Regels	16
4.1 Algemene regels	16
4.2 Locatie specifieke regels	16
5 Voorbeeldberekeningen	18
5.1 Inleiding	18
5.2 Voorbeeld 1 - grote woning	18
5.3 Voorbeeld 2 - kleine woning	21
5.4 Warmtevraag woning groter dan maximale netto jaarlijkse warmtelevering bodem	23
Bijlage 1 Figuur met thermische beïnvloeding	24
Bijlage 2 Warmteonttrekking en temperaturen	25
Bijlage 3 Nummering gesloten systemen	26
Bijlage 4 Voorbeeldberekeningen	27

1 Inleiding

1.1 REVISIE BODEMENERGIEPLAN

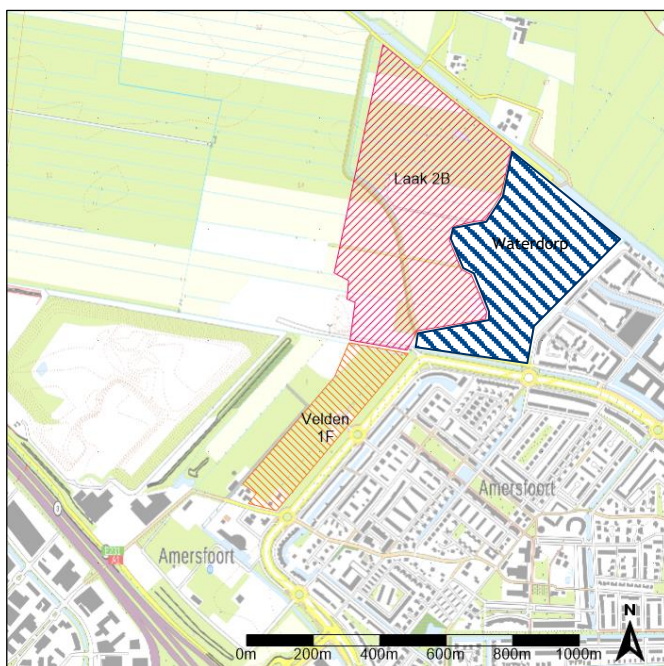
Dit "Bodemenergieplan gesloten systemen in De Laakse Tuinen, Velden 1F en Waterdorp (Vathorst Amersfoort)" met versienummer 4.0, d.d. 16 mei 2022 vervangt in zijn geheel het "Bodemenergieplan gesloten systemen in De Laakse Tuinen, Velden 1F en Waterdorp (Vathorst Amersfoort)" met versienummer 3.0, d.d.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



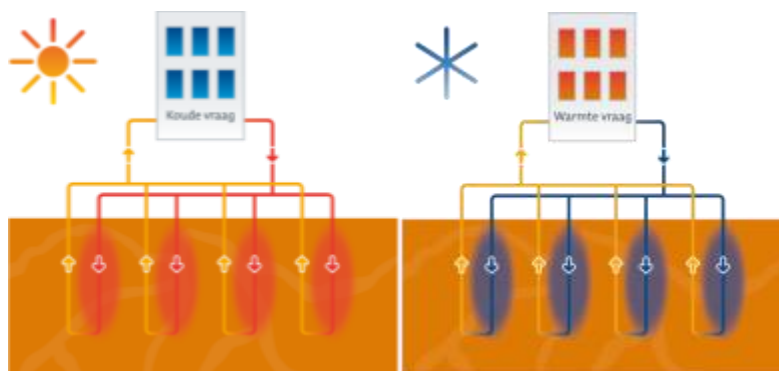
Figuur 1.1 | Woonwijken De Laakse Tuinen (Laak 2B), Velden 1F en Waterdorp in Amersfoort

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 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 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.

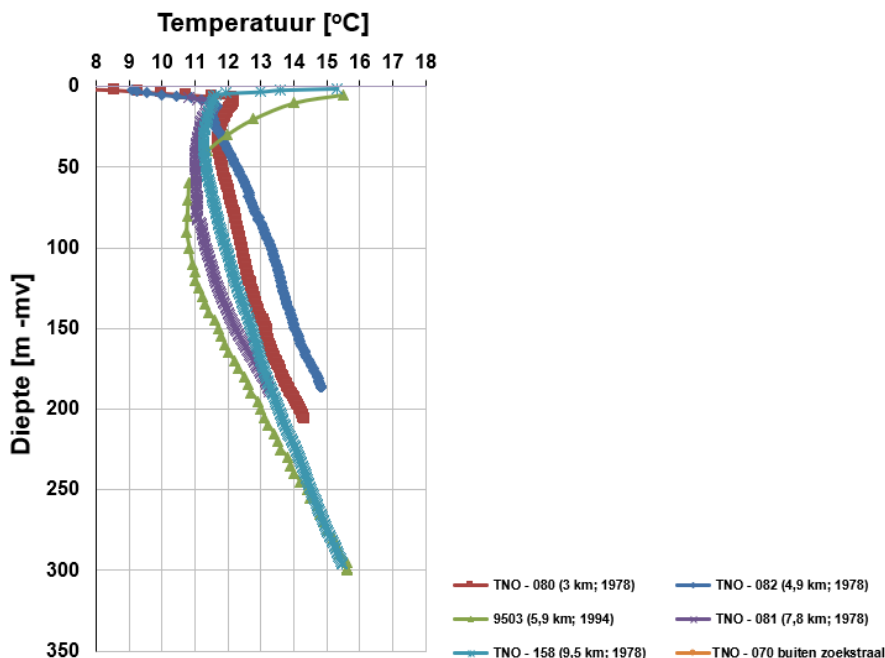
De verwachte bodemopbouw en de thermische eigenschappen van de bodemlagen zijn weergegeven in Tabel 2.1. In Figuur 2.1 zijn gemeten temperaturen van de bodem binnen een straal van 10 km rondom Laakse Tuinen weergegeven.

Tabel 2.1 | Bodemopbouw

diepte [m-mv]*	lithologie	geohydrologie	tempe- ratuur [°C]	warmtegelei- dingscoëfficiënt [W/m².K]	warmte- capaciteit [MJ/m³.K]	grondwater- stroming [m/jaar]
0 - 11	fijn zand	1 ^e watervoerend pakket A	ca. 10,5	2,4	2,5	ca. 5 m/jaar naar het NW
11 - 21	klei en veen	lokale schei- dende laag	ca. 10,5	1,7	2,5	
21 - 39	matig grof zand	1 ^e watervoerend pakket B	ca. 11	2,4	2,5	5 - 10 m/jaar naar het NW
39 - 41	klei	1 ^e scheidende laag	ca. 11	1,7	2,5	-
41 - 175	matig grof tot uiterst grof zand met grind en enkele kleilagen	2 ^e watervoerend pakket	ca. 11 - 13	2,4	2,5	10 - 15 m/jaar naar het NW
175 - 210	klei met inschakelingen van zandlagen	2 ^e scheidende laag	ca. 13 - 13,5	1,9	2,5	-
210 - ca. 280	afwisselend fijn zand en zandige klei, veel schelpmateriaal	3 ^e 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 bodemtemperatuurprofielmetingen 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		
bodempopbouw			
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 artesisch 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

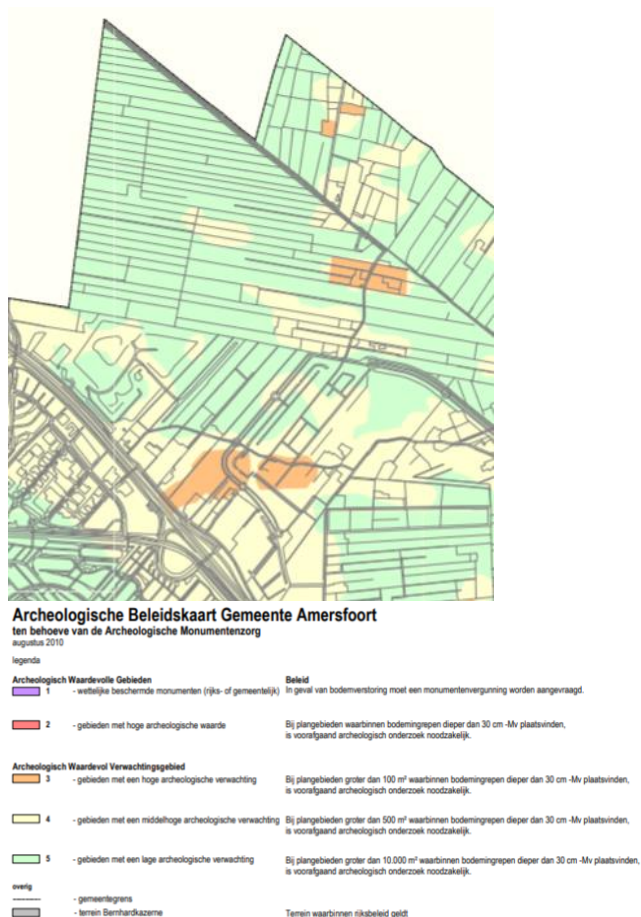
Het meest actuele overzicht van gesloten bodemenergiesystemen op de locatie en in de omgeving is op te vragen bij RUD Utrecht en is tevens te vinden op www.wkotool.nl.

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.

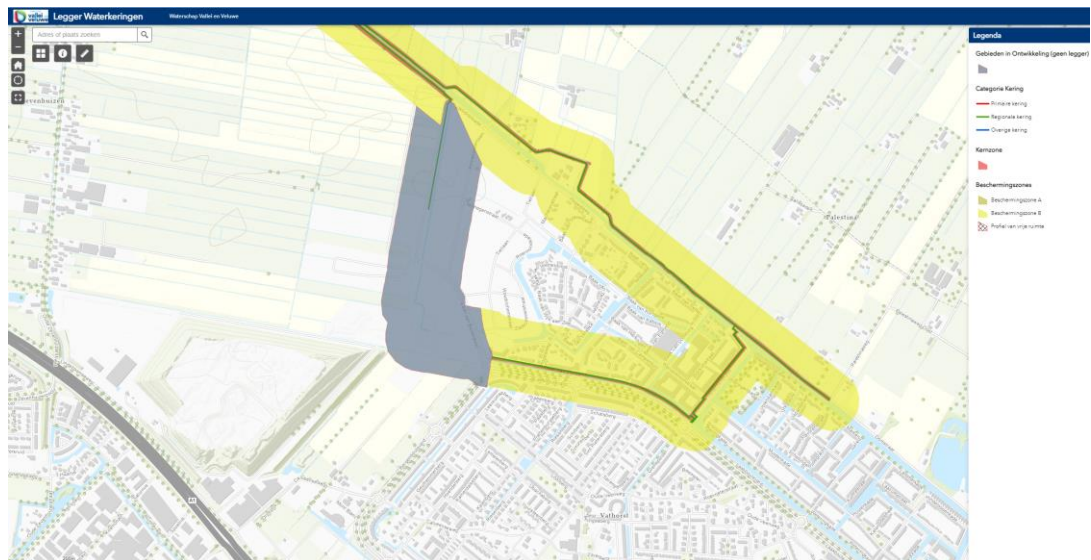


Figuur 2.2 | Archeologische verwachting op de projectlocatie (beleidskaart gemeente Amersfoort)

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/functiëren nabijgelegen open bodemenergiesystemen	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 water tijdens 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 kavelkooper(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 waarvan 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 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 (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 warmte-transport (door middel van geleiding) bij gesloten bodemenergiesystemen.

De uitgangspunten voor de berekeningen zijn als volgt:

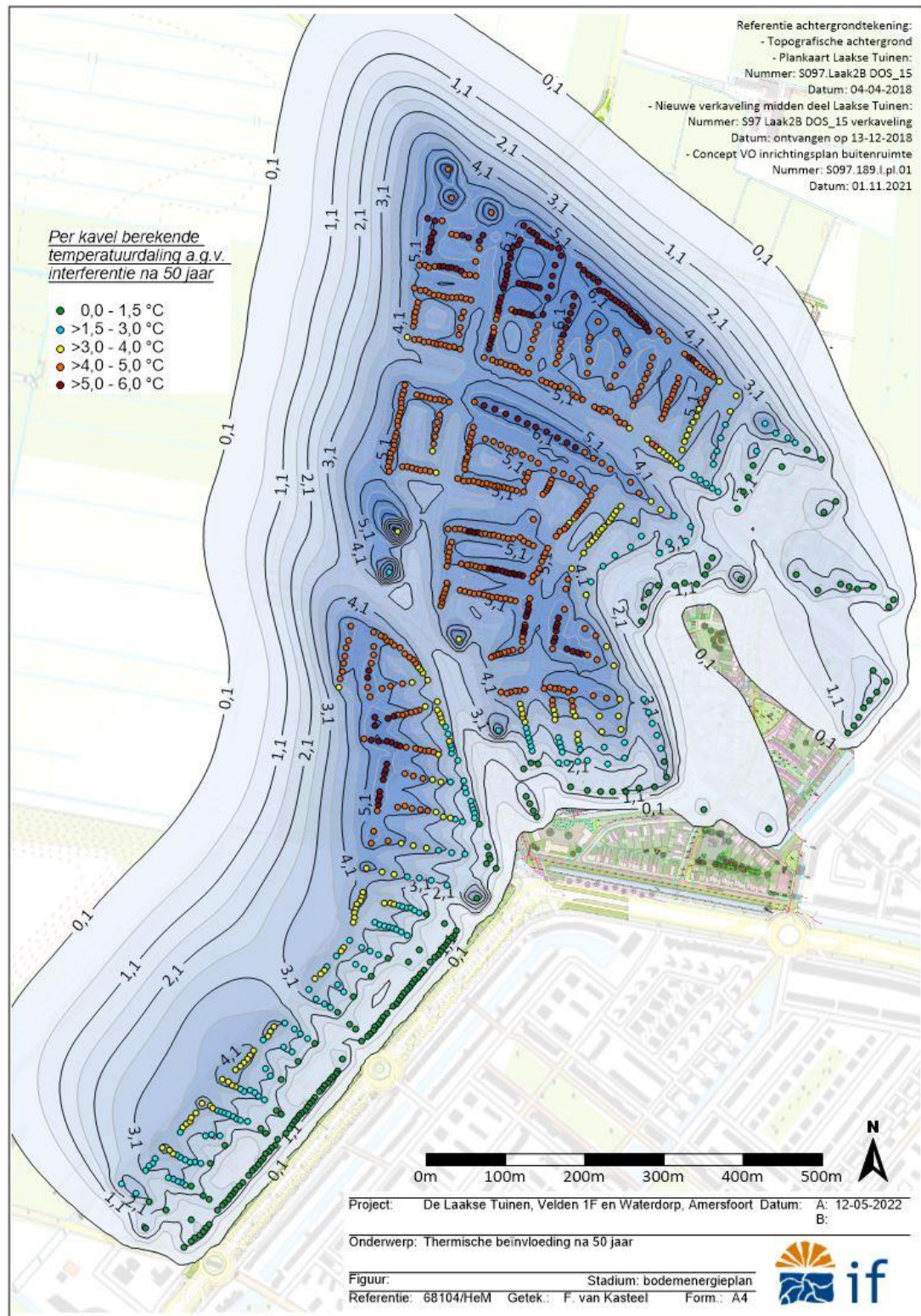
- De meest recente verkaveling van De Laakse Tuinen, Velden 1F en Waterdorp (voorjaar 2022), zie Bijlage 1 en 3.
- De bodemopbouw en de grondwaterstroming zoals deze zijn omschreven in hoofdstuk 2.
- De maximale diepte van de gesloten bodemenergiesystemen ter bepaling van de maximale netto warmteonttrekking 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 Glhepro, 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 voor ruimteverwarming (bouwwerk)
Q_{tv}	MWh	De energiehoeveelheid voor tapwaterverwarming (bouwwerk)
Q_k	MWh	De energiehoeveelheid voor koeling (bouwwerk)
SPF	-	Seasonal Performance Factor
$T_{\text{bodem natuurlijk}}$	°C	De natuurlijke temperatuur van de bodem
$T_{\text{correctie}}$	°C	De correctie van de temperatuur die is opgenomen in dit bodemenergieplan
$T_{\text{bodem met correctie}} = T_{\text{input EED}}$	°C	De temperatuur bodem inclusief correctie (is invoerwaarde EED)
$T_{\text{gem, circulatievloeistof}}$	°C	De gemiddelde temperatuur van de circulatievloeistof in de bodemlus
$T_{\text{verdampert}}$	°C	De temperatuur aan de verdampertzijde 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 bodemdpte 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 netto warmteonttrekking = 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 verdampers 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:

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

¹ Zie opmerking in paragraaf 3.3.

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 $-3,0^{\circ}\text{C}$. 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 $-0,9^{\circ}\text{C}$. Met een temperatuurverschil over de verdamper van de warmtepomp van 4°C , resulteert dit in een minimale temperatuur van de circulatievloeistof van $-2,9^{\circ}\text{C}$. Deze is als volgt berekend:

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

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 $7,7^{\circ}\text{C}$. Deze is als volgt berekend:

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

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 nabijgelegen 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 netto warmteonttrekking = 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:

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

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 ($T_{\text{bodem met correctie}}$) bedraagt 6,5°C. Deze is als volgt berekend:

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

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:

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

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 iets hogere 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

Referentie achtergrondtekening:

- Topografische achtergrond

- Plankaart Laakse Tuinen:

Nummer: S097.Laak2B DOS_15

Datum: 04-04-2018

- Nieuwe verkaveling midden deel Laakse Tuinen:

Nummer: S97 Laak2B DOS_15 verkaveling

Datum: ontvangen op 13-12-2018

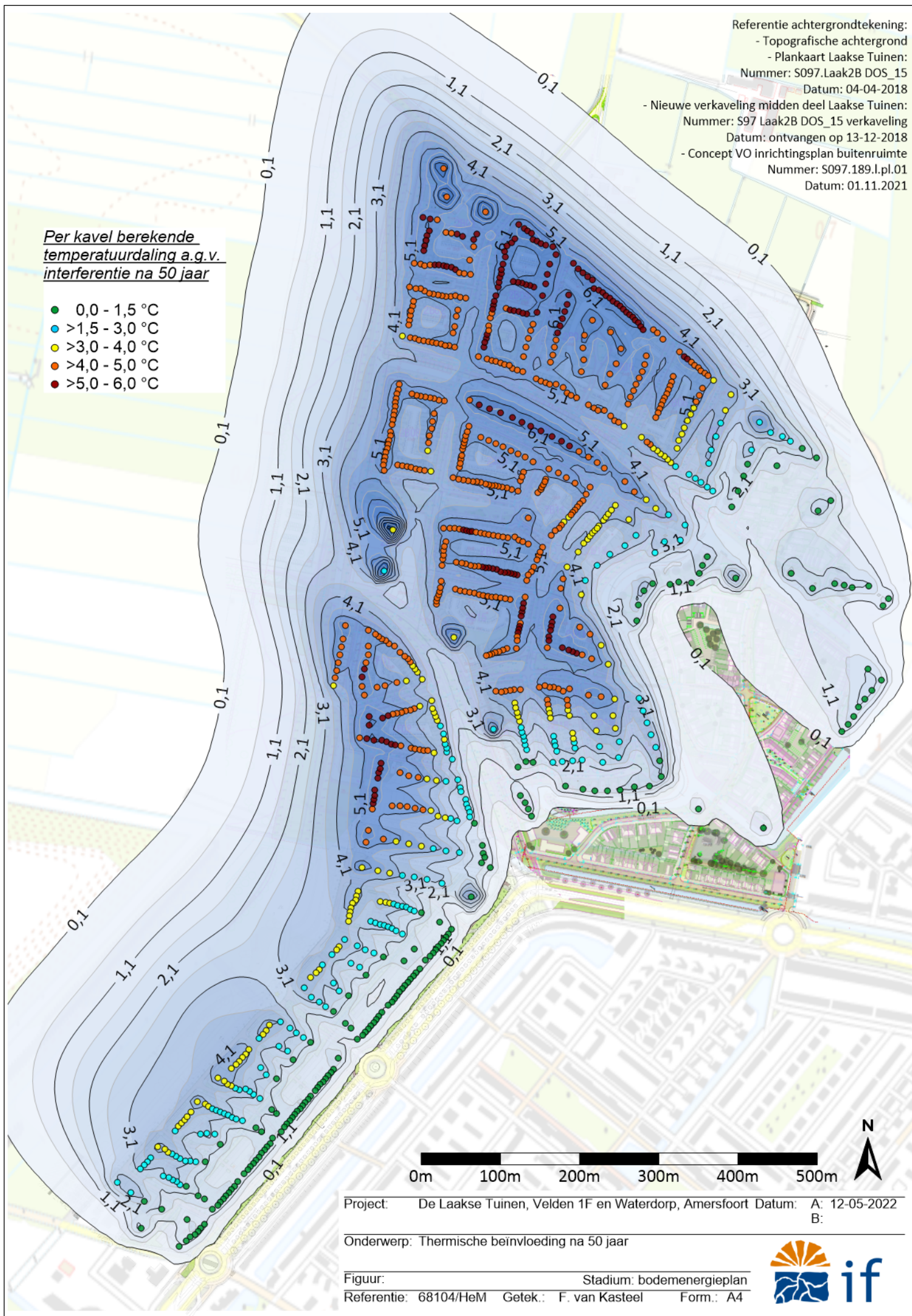
- Concept VO inrichtingsplan buitenruimte

Nummer: S097.189.I.pl.01

Datum: 01.11.2021

Per kavel berekende
temperatuurdaling a.g.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



0m 100m 200m 300m 400m 500m

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

Onderwerp: Thermische beïnvloeding na 50 jaar

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



Bijlage 2 Warmteonttrekking en temperaturen

De Laakse Tuinen - Fase 1

12 mei 2022

Nummer	Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte	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 warmteonttrekking per meter bodemdiepte	Temperatuurcorrectie door interferentie
	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

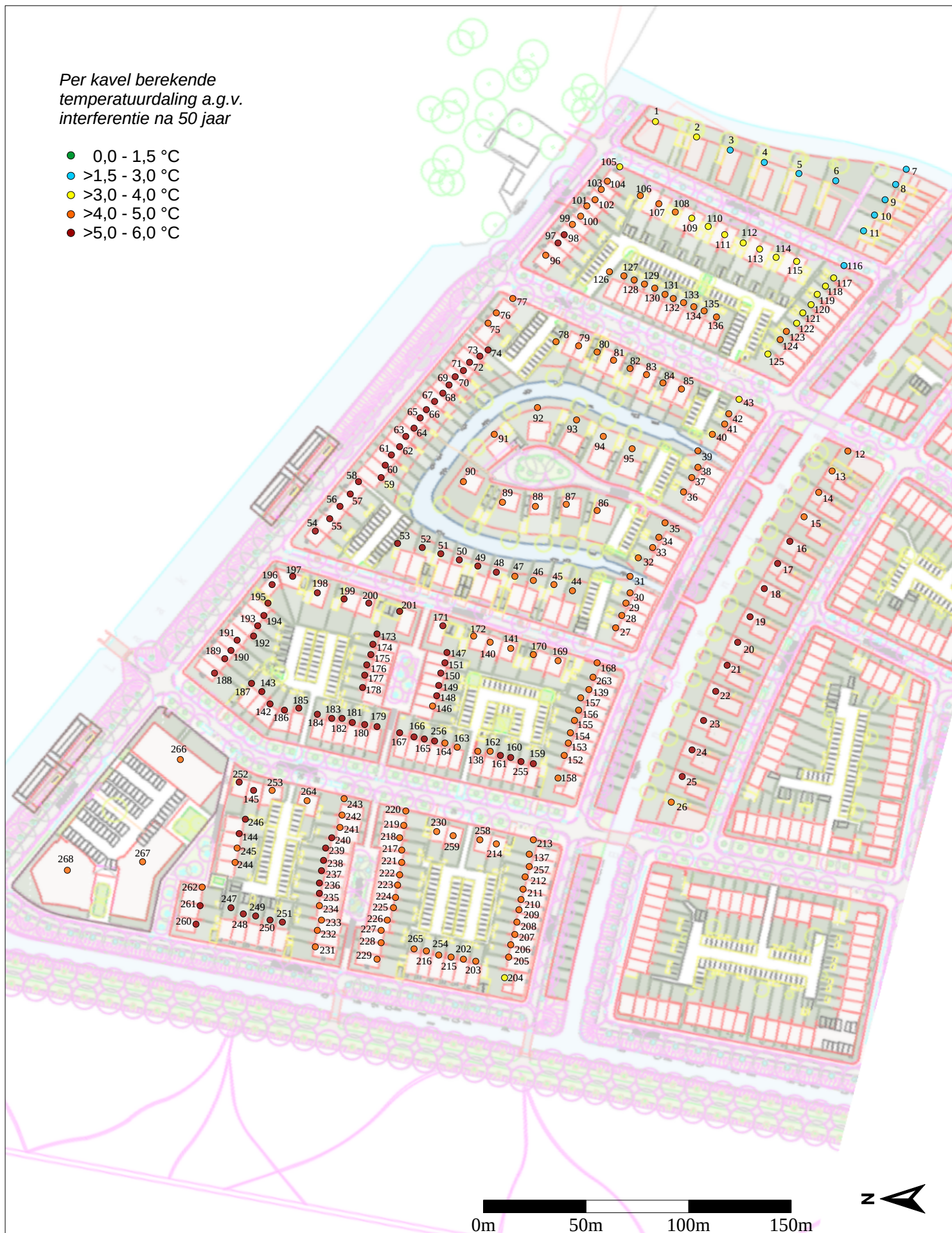
914	17,8	0,8
915	17,9	0,8
916	17,9	0,7
917	37,3	0,4
918	29,3	1,1
919	30,7	1,2
920	38,6	1,5
921	19,4	1,9
922	19,3	2,1
923	18,9	2,2
924	18,7	2,3
925	29,4	2,1
926	68,6	1,9
927	80,0	1,7
928	82,0	1,3
929	60,2	0,9
930	117,8	0,2
931	32,0	0,9
932	27,8	0,4
933	16,5	0,6
934	16,0	0,6
935	15,7	0,5
936	17,7	0,6
937	26,3	0,4
938	38,2	0,2

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
temperatuurdaling a.g.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: 25-08-2020
B:

Onderwerp: Nummering gesloten bodemenergiesystemen
De Laakse Tuinen fase 1

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

Referentie achtergrondtekening:
Nummer: S97 Laak2B DOS_15 verkaveling (definitief)
Datum: ontvngen op 13-12-2018



Per kavel berekende
temperatuurdaling a.q.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



Referentie achtergrondtekening:

Inrichtingsplan buitenruimte 1/2

Nummer: S097.173.I.DO.pl.01b

Datum: 14-05-2020

Inrichtingsplan buitenruimte 2/2

Nummer: S097.173.I.DO.pl.01a

Datum: 14-05-2020

VH-L2B-200721

Ontvangen op: 21-07-2020

Toelichting herziening bodemenergieplan bijlage 2

Ontvangen op: 11-03-2022

Nummer: S097.Laak2B DOS_15

Datum: 04-04-2018

Concept VO inrichtingsplan buitenruimte

Nummer: S097.189.I.pl.01

Datum: 01.11.2021

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

Onderwerp: Nummering gesloten bodemenergiesystemen De Laakse
Tuinen (zonder fase 1) en Velden 1F (noord)

Figuur: Stadium: bodemenergieplan

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



Per kavel berekende
temperatuurdaling a.q.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



0m 50m 100m 150m 200m



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

Referentie achtergrondtekening:
Concept VO inrichtingsplan buitenruimte
Nummer: S097.189.l.pl.01
Datum: 01.11.2021

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

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



Per kavel berekende
temperatuurdaling a.g.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



0m 50m 100m 150m 200m



Project: De Laakse Tuinen, Velden 1F en Waterdorp, Amersfoort Datum: A: 25-08-2020
B:

Referentie achtergrondtekening:
Nummer: S097.167.I.DO.pl.01a
Datum: 25.09.2017
Nummer: S097.167.I.DO.pl.01b
Datum: 30.01.2018

Onderwerp: Nummering gesloten bodemenergiesystemen Waterdorp

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



Bijlage 4 Voorbeeldberekeningen

Laakse Tuinen, Velden 1F en Waterdorp (Vathorst) Amersfoort

Rekensheet behorende bij bodemenergieplan

Versie: 16 mei 2022

Naam:

Straat:

Huisnr.

Datum:

Opmerking:

Voorbeeld 1

Gegevens woning / gebouw (bouwwerk)

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

Jaarlijkse totalen en SPF_{BES}

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

Minimaal aan te boren bodemdiepte (conform regel 9)

- Jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte voor dit kavel (volgens bijlage 2):	50,3 kWh/m
- Temperatuurdaling ten gevolge van interferentie voor dit kavel (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/(m ³ ·K)
Temperatuur aardoppervlak	7.7 °C
Geothermische warmtestroom	0 W/m ²

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/m ³
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	2.02	
FEB	0.148	2.57	0	0	1.94	
MRT	0.125	2.25	0	0	1.69	
APR	0.099	1.89	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	Duur	Piek koelen	Duur [h]
JAN	9.8	4	0	0
FEB	9.8	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 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

Versie: 16 mei 2022

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 _e	3,3 MWh
- Warmtelevering tapwaterverwarming	3,5 MWh +	3,0	1,2 MWh _e +	2,3 MWh +
Totaal	7,7 MWh		2,1 MWh _e	5,6 MWh
- Koudelevering / aanvullend warmte laden	1,0 MWh +	40,0	0,0 MWh _e +	1,0 MWh +
Totaal	1,0 MWh		0,0 MWh _e	1,0 MWh

Jaarlijkse totalen en SPF_{BES}

- Jaarlijkse warmte- en koudelevering:	8,7 MWh
- Jaarlijks elektraverbruik:	2,1 MWh _e
- Jaarlijkse netto warmteonttrekking aan de bodem:	4,6 MWh
- Seasonal Performance Factor bodemenergiesysteem (SPF _{BES}):	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/(m ³ ·K)
Temperatuur aardoppervlak	6.5 °C
Geothermische warmtestroom	0 W/m ²

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/m ³
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	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	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

IF Technology **Creating energy**



Velperweg 37
6824 BE Arnhem
Postbus 605
6800 AP Arnhem

T 026 35 35 555
E info@iftechnology.nl
I www.iftechnology.nl

NL60 RABO 0383 9420 47
KvK Arnhem 09065422
BTW nr. NL801045599B01

IF Technology **Creating energy**