Bodemenergieplan

Gesloten systemen in Breezicht Noord te Zwolle



IF Technology **Creating energy**

Datum	15 juni 2021
Referentie	70388/SV/20210615
Betreft	Bodemenergieplan gesloten systemen in Breezicht Noord te Zwolle
Behandeld door	[redacted]
Gecontroleerd door	
Versienummer	

OPDRACHTGEVER

Gemeente Zwolle
Postbus 10007
8000 GA Zwolle
Contactpersoon: [redacted]

OPSTELLER BODEMENERGIEPLAN

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

INHOUDSOPGAVE

1 Inleiding **4**
1.1 Breezicht Noord 4
1.2 Werkingsprincipe warmtepompinstallatie 4
1.3 Interferentie 5
1.4 Verordening interferentiegebied 6
1.5 Regels en bodemenergieplan 6
2 Geohydrologisch onderzoek **7**
2.1 Bodemopbouw 7
2.2 Bodemtemperatuur 7
2.3 Grondwaterkwaliteit en -stroming 8
2.4 Overige belangen 8
3 Bodemenergieplan **9**
3.1 Doelstelling 9
3.2 Interferentie en ontwerp 9
3.3 Uitgangspunten interferentieberekening 10
3.4 Resultaten interferentieberekening 10
3.5 Maximaal toegestane jaarlijkse netto warmteonttrekking 11
3.6 Temperatuurcorrectie 11
4 Regels **12**
4.1 Algemene regels 12
4.2 Locatie specifieke regels Breezicht Noord 12
5 Voorbeeldberekeningen **14**
5.1 Inleiding 14
5.2 Voorbeeld 1 - Interferentie leidend 14
5.3 Voorbeeld 2 - Ontwerp leidend 16
5.4 Warmtevraag woning groter dan maximale netto jaarlijkse warmtelevering bodem 18
Bijlage 1 Berekende temperatuurdaling na 25 jaar en temperatuurdaling door interferentie **20**
Bijlage 2 Maximale warmteonttrekking en temperatuurcorrectie per kavel **21**
Bijlage 3 Documenten voorbeeldberekeningen **22**

1 Inleiding

1.1 BREEZICHT NOORD

Momenteel worden de voorbereidingen getroffen voor de ontwikkeling van de nieuwbouwwijk Breezicht Noord, onderdeel van het gebied Stadshagen te Zwolle. In het noordelijk deel van Breezicht komen vier buurtschappen met ruim 500 woningen voor een brede doelgroep.

Breezicht Noord wordt aardgasloos ontwikkeld. Omdat er geen warmtenet in Breezicht Noord is gepland, is de verwachting dat voor het verwarmen en koelen van de woningen veel gebruik zal worden gemaakt van individuele warmtepompen in combinatie met gesloten bodemenergiesystemen. Uitgangspunt voor de uitwerking van het bodemenergieplan is dat het nu en in de toekomst mogelijk moet zijn om alle woningen in Breezicht Noord te verwarmen met behulp van individuele elektrisch aangedreven (combi)warmtepompen in combinatie met gesloten bodemenergiesystemen.



Figuur 1.1 | Buurtschappen binnen Breezicht Noord te Zwolle

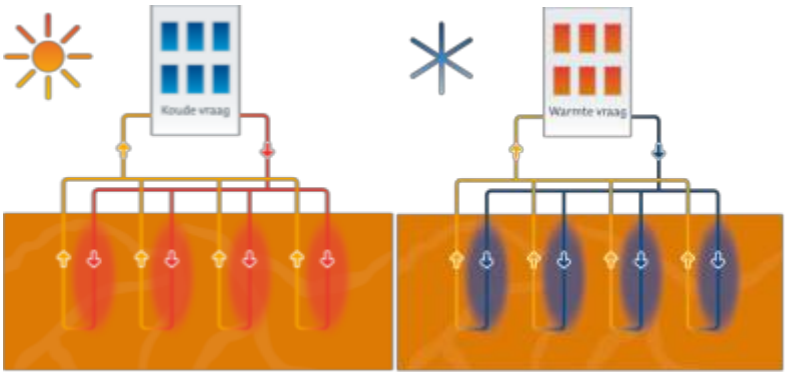
1.2 WERKINGSPRINCIPE WARMTEPOMPINSTALLATIE

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 (bodemlussen) die middels een boring in de bodem tot grote 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 te koelen. 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 op termijn de temperatuur van de bodem. Hierdoor treedt interferentie op tussen de gesloten bodemenergiesystemen onderling, zie paragraaf 1.3.



Figuur 1.2 | Principeschema gesloten bodemenergiesysteem

1.3 INTERFERENTIE

Bij toepassing van warmtepompen en gesloten bodemenergiesystemen onttrekken de woningen in Breezicht Noord 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. Dit is nodig om ook op lange termijn de woningen duurzaam te kunnen verwarmen. 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 (interferentie). 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.

1.4 VERORDENING INTERFERENTIEGEBIED

De gemeente Zwolle heeft Breezicht bij verordening op 6 mei 2019 aangewezen als een interferentiegebied. Dit houdt in dat voor het realiseren van een gesloten bodemenergiesysteem de Omgevingsvergunning beperkte milieutoets (Obm) bij het bevoegd gezag moet worden aangevraagd.

Het beoordelingscriterium om interferentiegebieden aan te wijzen, is het voorkomen van interferentie of anderszins ondoelmatig gebruik van bodemenergie te voorkomen. Bij doelmatig gebruik gaat het om optimaal gebruik van de potentie van de bodem om warmte te leveren. Daarbij gaat het enerzijds om een zo goed mogelijk rendement van een systeem en anderzijds om de totale energieproductie van meerdere systemen in een gebied. Bij dit laatste gaat het in praktische zin om het beperken/voorkomen van negatieve interferentie en om een optimale onderlinge ordening van bodemenergiesystemen.

1.5 REGELS EN BODEMENERGIEPLAN

Nadat Breezicht is aangewezen als een interferentiegebied kan het bevoegd gezag regels opstellen waaraan het realiseren en het in werking hebben van een gesloten bodemenergiesysteem moet voldoen. Dit is reeds gedaan voor Breezicht Zuid (bodemenergieplan met referentie 68328/SV/20190314, d.d. 14 maart 2019). De regels voor het realiseren en het in werking hebben van een gesloten bodemenergiesysteem zijn voor Breezicht Noord verwoord in dit bodemenergieplan.

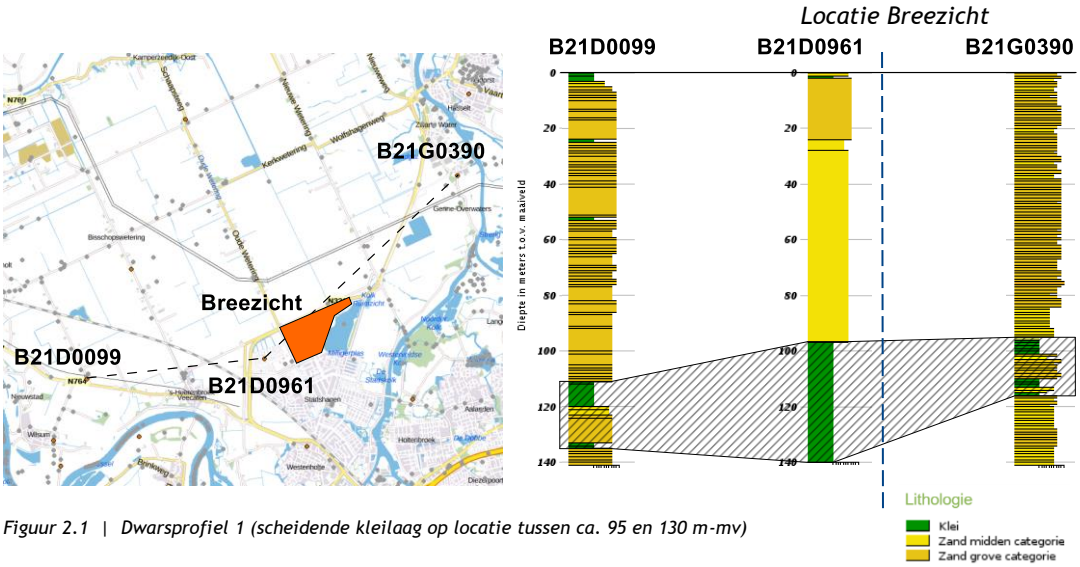
De regels in dit bodemenergieplan zijn zo opgesteld dat alle nieuw te bouwen woningen in Breezicht Noord doelmatig gebruik kunnen maken van de ondergrond voor bodemenergie. Daarnaast zorgen de regels ervoor dat interferentie tussen de gesloten systemen wordt beperkt en daarmee nadelige invloed op het 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 opbouw van de bodem is in kaart gebracht tot en met de eerste scheidende kleilaag, beginnend op ongeveer 90 m-mv (meter onder maaiveld). De gemeente Zwolle heeft de voorwaarde gesteld dat in dit gebied de bodemlussen niet dieper mogen worden gerealiseerd dan 90 m-mv (dieptere-strictie). Hierdoor is men er zeker van dat de kleilaag niet wordt doorboord.

De bodemopbouw op en in de directe omgeving van Breezicht Noord is bepaald aan de hand van een dwarsprofiel op basis van boorbeschrijvingen uit het archief van TNO Bouw en Ondergrond via DINOloket.

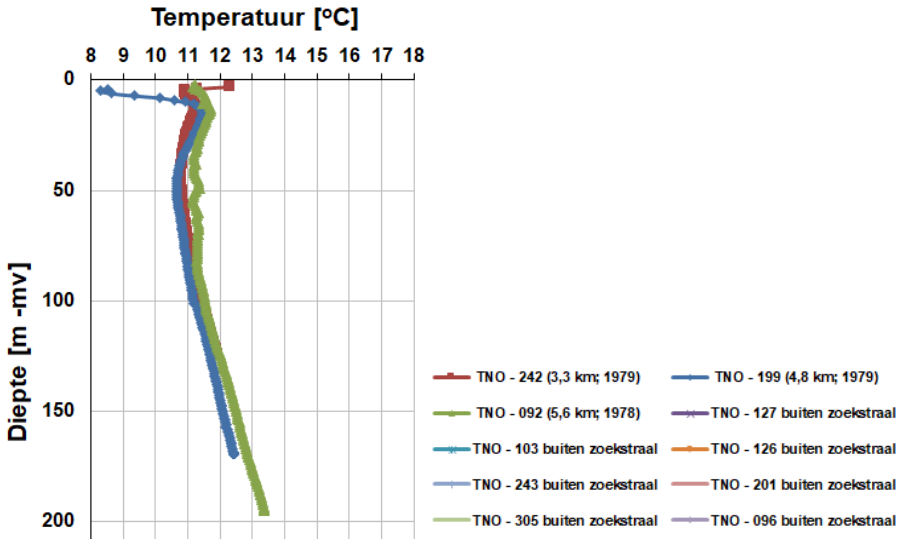


Figuur 2.1 | Dwarsprofiel 1 (scheidende kleilaag op locatie tussen ca. 95 en 130 m-mv)

Op basis van de beschikbare informatie is op te maken dat de bodemopbouw vanaf maaiveld tot circa 95 m-mv bestaat uit voornamelijk zand. Dit pakket wordt het gecombineerde eerste en tweede watervoerend pakket genoemd.

2.2 BODEMTEMPERATUUR

De temperatuur van de bodem tussen maaiveld tot aan de eerste scheidende laag op ongeveer 95 m-mv bedraagt gemiddeld 11°C. Deze temperatuur is gebaseerd op temperatuurmetingen in bronnen in de omgeving van de locatie (bron: database bodemtemperatuurmetingen van IF Technology met metingen van TNO en IF Technology).



Figuur 2.2 | Resultaten van bodemtemperatuurmetingen in de omgeving van Breezicht Noord in Zwolle

2.3 GRONDWATERKWALITEIT EN -STROMING

Het grondwater in het gecombineerde eerste en tweede watervoerend pakket (tot een diepte van circa 95 m-mv) is zoet. Het grondwater in het derde watervoerend pakket, gelegen onder de scheidende kleilaag, is zout.

Het grondwater in het gecombineerde eerste en tweede watervoerend pakket stroomt in noordelijke tot noordnoordwestelijke richting met een gemiddelde snelheid van circa 8 meter per jaar.

2.4 OVERIGE BELANGEN

De locatie Breezicht Noord is op basis van de Bodembeschermingsverordening 2019 gelegen in een restrictiegebied voor gesloten bodemenergiesystemen, waar boringen dieper dan 90 m-mv niet zijn toegestaan.

Op basis van informatie verkregen uit de WKO-tool en gegevens die zijn opgevraagd bij de provincie Overijssel, volgt dat in de directe omgeving geen open bodemenergiesystemen aanwezig zijn. Wel zijn er meerdere gesloten bodemenergiesystemen in de omgeving aanwezig. Deze liggen benedenstrooms van Breezicht Noord, waardoor Breezicht Noord deze gesloten bodemenergiesystemen niet thermisch beïnvloeden. De thermische invloed van de gesloten bodemenergiesysteem in Breezicht Zuid reiken tot in Breezicht Noord. Hier wordt rekening mee gehouden bij de bepaling van de maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking en temperatuurcorrecties in Breezicht Noord. De overige gesloten bodemenergiesystemen zijn echter op zodanig grote afstand gelegen, dat geen sprake is van thermische invloed van de te realiseren gesloten bodemenergiesystemen in Breezicht Noord op deze bestaande gesloten bodemenergiesystemen en omgekeerd.

3 Bodemenergieplan

3.1 DOELSTELLING

Het belangrijkste doel van het bodemenergieplan is om regels te hebben voor het realiseren 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), de gemeente Zwolle en het bevoegd gezag duidelijk is waaraan de gesloten bodemenergiesystemen moeten voldoen, voor het verkrijgen van de Omgevingsvergunning beperkte milieutoets (Obm).

3.2 INTERFERENTIE EN ONTWERP

Voor het realiseren 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 Handhavings Uitvoerings Methode bodemenergiesystemen voor gemeentelijke taken (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 Breezicht Noord uitgevoerd. De resultaten zijn beschreven in paragraaf 3.4. De potentieberekeningen resulteren per kavel in twee grootheden waaraan het ontwerp van de gesloten bodemenergiesystemen voet voldoen. Deze grootheden zijn:

- De maximaal toegestane 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. De maximaal toe te passen bodemdiepte is door de gemeente vastgesteld op 90 m-mv (diepterestrictie).

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 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.

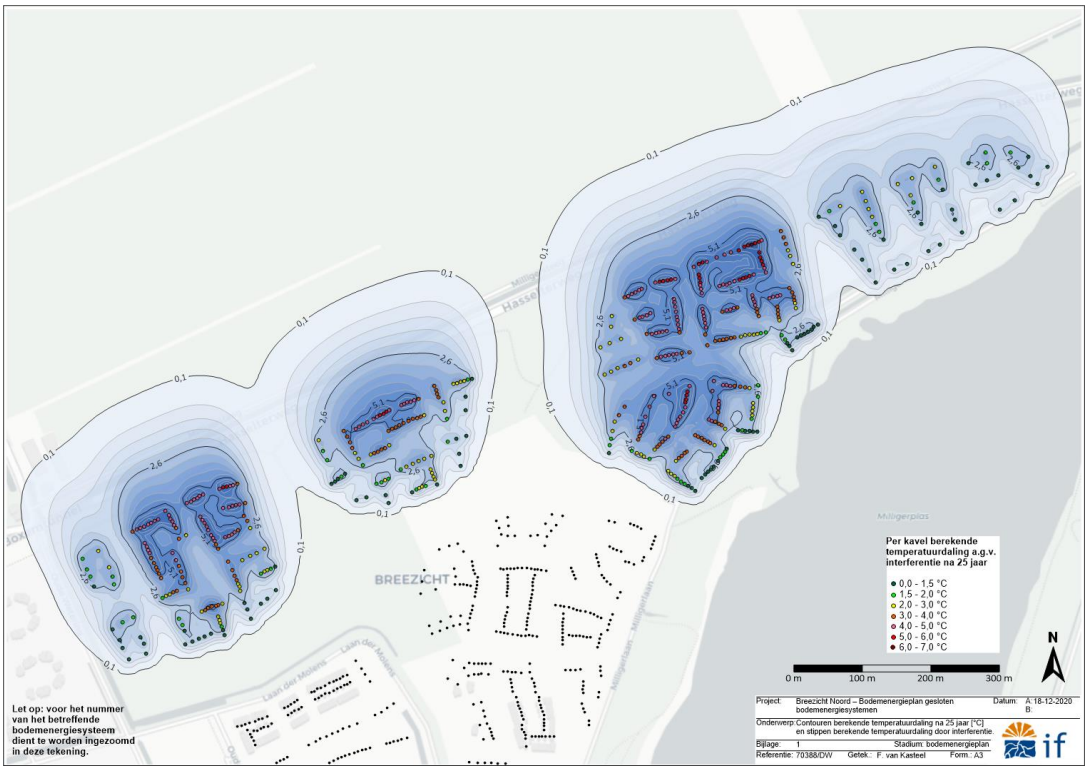
De uitgangspunten voor de berekeningen zijn als volgt:

- De verkaveling van Breezicht Noord (conform tekening 201109 Kavels vlakken.dgn).
- 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 90 m-mv (diepterestrictie bovenzijde scheidende kleilaag).
- De periode waarvoor de thermische berekeningen zijn uitgevoerd, bedraagt 25 jaar.

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 25 jaar voor de situatie waarbij op alle kavels (netto) 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 de gesloten bodemenergiesystemen is per kavel weergegeven in de gekleurde stippen, zie ook Bijlage 1.



Figuur 3.1 | Thermische beïnvloeding tussen 0 en 90 m-mv na 25 jaar (zie Bijlage 1 voor groot formaat)

3.5 MAXIMAAL TOEGESTANE JAARLIJKSE NETTO WARMTEONTTREKKING

Per kavel is de maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking tot een diepte van 90 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 m^2) en een maximaal aan te boren diepte van 90 m (tot aan de top van de scheidende kleilaag). De maximaal toegestane jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte is per kavel in de tabel in Bijlage 2 opgenomen.

Opgemerkt wordt dat de berekende netto warmteonttrekking de maximale onttrekking voor het betreffende kavel is en niet per bodemlus. Deze netto warmteonttrekking kan dus niet worden verhoogd door het aanbrengen van meerdere bodemlussen op een kavel. Indien de opgenomen netto warmteonttrekking onvoldoende blijkt, dienen er andere maatregelen te worden getroffen. Zie hiervoor paragraaf 5.4.

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 realiseren 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 Besluit lozen buiten inrichtingen (Blbi).

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 (Blbi).

4. De bodemlus(sen) van een gesloten bodemenergiesysteem dient conform het gemeentelijk beleid (de Bodembeschermingsverordening 2019) gerealiseerd te worden tot een maximale diepte van 90 m-mv.

5. 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 (Blbi).

4.2 LOCATIE SPECIFIEKE REGELS BREEZICHT NOORD

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

6. 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).

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 2,4 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 warmte-onttrekking per meter bodemdiepte. Zie: "Maximale jaarlijkse netto warmtelevering per meter bodemdiepte" in Bijlage 2. Het betreft hier de maximale onttrekking per kavel en derhalve niet per bodemlus. Voor de onderbouwing dient gebruik te worden gemaakt van de rekensheet zoals opgenomen in Bijlage 3. Deze sheet zal separaat worden verstrekt.

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 25 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 de SIKB BRL Protocol 11001[1] weergegeven programma's Glhepro, DST en SBM). De resultaten van de berekening dienen als bijlage bij de vergunningaanvraag te worden toegevoegd.

12. Indien uit de ontwerpberekening blijkt dat twee of meer boorgaten per kavel nodig zijn, bedraagt de minimale bodemdiepte van elk boorgat de bij regel 9 berekende bodemdiepte.

[1] SIKB BRL Protocol 11001: Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer Beoordelingsrichtlijn Protocol 11001.

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 twee voorbeeldberekeningen uitgewerkt.

In onderstaande tabel is de verklaring van de gebruikte symbolen in dit hoofdstuk opgenomen. De voorbeelden zijn deels uitgewerkt in rekensheets die als Bijlage 3 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
$T_{\text{verdamper}}$	°C	De temperatuur aan de verdamperzijde van de warmtepomp

5.2 VOORBEELD 1 - INTERFERENTIE LEIDEND

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 informatie bij de melding (o.a. op basis van de SPF-verklaring van de installateur) blijkt het volgende: De warmtevraag van de woning (het bouwwerk) voor ruimte- en tapwaterverwarming bedraagt 1.950 respectievelijk 1.600 kWh per jaar. De gemiddelde SPF van de warmtepomp bedraagt 4,5 voor ruimteverwarming en 2,5 voor tapwaterverwarming. De koudevraag (van het bouwwerk) bedraagt 890 kWh per jaar met een SPF van 50 voor de circulatiepomp. Het vermogen van de warmtepomp bedraagt (condensorzijdig) 2,9 kW.

Voor deze woning geldt volgens de tabel in Bijlage 2 in dit bodemenergieplan een maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter aangeboorde bodemdiepte van 17,5 kWh/m en een temperatuurcorrectie van 1,5°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 3.

Tabel 5.2 | Berekening jaarlijkse netto warmteonttrekking aan bodem

	Bouwwerk	SPF	Berekening	Bodemzijdig
Ruimteverwarming	1.950 kWh	4,5	Q_{rv} x ((SPF - 1) / SPF)) 1.950 x ((4,5-1) / 4,5)	1.517 kWh
Tapwaterverwarming	1.600 kWh	2,5	Q_{tw} x ((SPF - 1) / SPF)) 1.600 x ((2,5 - 1) / 2,5)	960 kWh
Warmteonttrekking aan bodem				**2.477 kWh**
Koeling / warmte laden	890 kWh	50	Q_k + (Q_k / SPF) 890 + (890 / 50)	908 kWh
Warmtetoevoer aan bodem				**908 kWh**
Jaarlijkse netto warmteonttrekking = Warmteonttrekking aan bodem - Warmtetoevoer aan bodem				**1.569 kWh**

Minimaal benodigde diepte van de boorgaten (regel 9)
Voor dit voorbeeld blijkt uit Bijlage 2 van dit bodemenergieplan dat voor het desbetreffende kavel van de woning een maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter aangeboorde bodemdiepte geldt van 17,5 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: 90 m-mv (1.569 kWh / 17,5 kWh/m).

Ontwerp gesloten bodemenergiesysteem (regels 10 en 11)
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 25 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 de betreffende woning is opgenomen 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 bedraagt tot aan de eerste scheidende laag:

$$T_{bodem\ natuurlijk} = 11{,}0\,^{\circ}C$$

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:

$$T_{bodem\ met\ correctie} = T_{input\ EED} = T_{bodem\ natuurlijk} - T_{correctie} = 11{,}0 - 1{,}5 = 9{,}5\,^{\circ}C$$

De voor dit voorbeeld uitgevoerde Earth Energy Designer berekening laat zien dat de minimale gemiddelde temperatuur van de circulatievloeistof bij één boorgat tot 90 m na 25 jaar daalt tot +1,7°C (zie Bijlage 3). Met een temperatuurverschil over de verdamper van de warmtepomp van 4°C, resulteert dit in een minimale temperatuur van de circulatievloeistof van -0,3°C. Deze is als volgt berekend:

$$T_{gem,circulatievloeistof} - (\Delta T_{verdamper} / 2) = +1,7°C - (4,0 / 2) = -0,3°C$$

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.

Conclusie
Het uiteindelijke resultaat is dat voor deze woning op dit kavel een gesloten bodemenergiesysteem moet worden toegepast dat bestaat uit minimaal één boorgat met een aan te boren bodemdiepte van 90 m. In deze situatie is de regel met betrekking van interferentie leidend ten opzichte van de ontwerpregel. De iets hogere temperatuur van de circulatievloeistof in de winter heeft een positief effect op het rendement van het eigen systeem.

5.3 VOORBEELD 2 - ONTWERP LEIDEND

Gegevens woning met warmtepomp en gesloten bodemenergiesysteem
Uit de informatie bij de melding (o.a. op basis van de SPF-verklaring van de installateur) blijkt het volgende: De warmtevraag van de woning (het bouwwerk) voor ruimte- en tapwaterverwarming bedraagt 2.550 respectievelijk 2.100 kWh per jaar. De gemiddelde SPF van de warmtepomp bedraagt 4,5 voor ruimteverwarming en 2,5 voor tapwaterverwarming. De koudevraag (van het bouwwerk) bedraagt 1.800 kWh per jaar met een SPF van 50 voor de circulatiepomp. Het vermogen van de warmtepomp bedraagt (condensorzijdig) 3,8 kW.

Voor deze woning geldt volgens de tabel in Bijlage 2 in dit bodemenergieplan een maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter aangeboorde bodemdiepte van 20,7 kWh/m en een temperatuurcorrectie van 0,5°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 3.

Tabel 5.3 | Berekening jaarlijkse netto warmteonttrekking aan bodem

	Bouwwerk	SPF	Berekening	Bodemzijdig
Ruimteverwarming	2.550 kWh	4,5	Q_{rv} x ((SPF - 1) / SPF)) 2.550 x ((4,5-1) / 4,5)	1.983 kWh
Tapwaterverwarming	2.100 kWh	2,5	Q_{tw} x ((SPF - 1) / SPF)) 2.100 x ((2,5 - 1) / 2,5)	1.260 kWh
Warmteonttrekking aan bodem				**3.243 kWh**
Koeling / warmte laden	1.800 kWh	50	Q_k + (Q_k / SPF) 1.800 + (1.800 / 50)	1.836 kWh
Warmtetoevoer aan bodem				**1.836 kWh**
Jaarlijkse netto warmteonttrekking = Warmteonttrekking aan bodem - Warmtetoevoer aan bodem				**1.407 kWh**

Minimaal benodigde diepte van de boorgaten (regel 9)
Voor dit voorbeeld blijkt uit Bijlage 2 van dit bodemenergieplan dat voor het desbetreffende kavel van de woning een maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter aangeboorde bodemdiepte geldt van 20,7 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: 68 m-mv (1.407 kWh / 20,7 kWh/m).

Ontwerp gesloten bodemenergiesysteem (regels 10 en 11)
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 25 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 de betreffende woning is opgenomen 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 bedraagt tot aan de eerste scheidende laag:

$$T_{bodem\ natuurlijk} = 11{,}0\,^{\circ}C$$

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:

$$T_{bodem\ met\ correctie} = T_{input\ EED} = T_{bodem\ natuurlijk} - T_{correctie} = 11{,}0 - 0{,}5 = 10{,}5\,^{\circ}C$$

De voor dit voorbeeld uitgevoerde Earth Energy Designer berekening laat zien dat de minimale gemiddelde temperatuur van de circulatievloeistof bij één boorgat tot 68 m na 25 jaar daalt tot -2,5°C. Met een temperatuurverschil over de verdamper van de warmtepomp van 4°C, resulteert dit in een minimale temperatuur van de circulatievloeistof van -4,5°C. Deze is als volgt berekend:

$$T_{gem,circulatievloeistof} - (\Delta T_{verdamper} / 2) = -2,5°C - (4,0 / 2) = -4,5°C$$

De minimale temperatuur van de circulatievloeistof is lager dan -3°C, waardoor niet wordt voldaan aan de algemene regel van de minimale temperatuur van de circulatievloeistof van -3°C. Er dient dus een herberekening te worden uitgevoerd, waarbij niet interferentie maar het ontwerp van het gesloten bodemenergiesysteem leidend is.

Herberekening
De voor dit voorbeeld uitgevoerde herberekening met Earth Energy Designer laat zien dat de minimale gemiddelde temperatuur van de circulatievloeistof bij één boorgat tot 80 m na 25 jaar daalt tot -0,9°C (zie Bijlage 3). 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:

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

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

Conclusie
Het uiteindelijke resultaat is dat voor deze woning een gesloten bodemenergiesysteem moet worden toegepast dat bestaat uit één boorgat met een aan te boren bodemdiepte van 80 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 nabij gelegen systemen. Het is in deze situatie natuurlijk ook toegestaan het boorgat tot maximaal 90 m-mv te realiseren. Dit heeft een nog kleinere thermische beïnvloeding naar de buren en een hogere temperatuur van de circulatievloeistof in het eigen systeem - en dus een hoger systeemrendement - tot gevolg.

5.4 WARMTEVRAAG WONING GROTER DAN MAXIMALE NETTO JAARLIJKSE WARMTELEVERING BODEM

Indien de benodigde jaarlijkse netto warmteonttrekking van de woning groter is dan de maximale jaarlijkse netto warmtelevering van de bodem, 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 door meer ruimten te koelen 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 Berekende temperatuurdaling na 25 jaar en temperatuurdaling door interferentie



Let op: voor het nummer van het betreffende bodemenergiesysteem dient te worden ingezoomd in deze tekening.

Project:	Breezicht Noord – Bodemenergieplan gesloten bodemenergiesystemen	Datum:	A: 04-06-2021 B:
Onderwerp:	Contouren berekende temperatuurdaling na 25 jaar [°C] en stippen berekende temperatuurdaling door interferentie.		
Bijlage:	1	Stadium: bodemenergieplan	
Referentie:	70388/DW	Getek.: F. van Kasteel	Form.: A3

Bijlage 2 Maximale warmteonttrekking en temperatuurcorrectie per kavel

Bodemenergieplan Breezicht Noord

4 juni 2021

Nummer	Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte [kWh/jaar]	Temperatuurcorrectie voor interferentie [°C]
0	71,5	0,1
1	67,1	0,1
2	59,0	0,7
3	60,4	1,1
4	66,8	1,8
5	67,0	1,4
6	60,3	1,2
7	61,1	0,7
8	56,0	0,4
9	51,2	0,7
10	51,2	0,8
11	51,2	0,9
12	54,1	0,9
13	46,6	0,7
14	39,8	1,3
15	40,2	1,7
16	40,5	2,1
17	41,0	2,3
18	43,5	2,3
19	40,6	3,1
20	40,5	3,3
21	41,1	3,4
22	41,2	2,6
23	54,6	1,8
24	50,6	1,6
25	50,6	1,3
26	66,5	1,3
27	60,3	1,7
28	60,4	1,9
29	67,5	2,0
30	68,0	2,1
31	66,7	2,1
32	60,2	1,7
33	45,6	2,0
34	41,6	2,6
35	41,6	2,9
36	41,6	3,1
37	42,2	3,0
38	54,4	2,8
39	50,0	3,3
40	50,8	3,9
41	51,2	4,0
42	51,5	4,1
43	57,4	4,0
44	44,7	3,1
45	44,1	3,5
46	44,1	3,9
47	44,1	4,0
48	48,3	3,9
49	48,3	4,0
50	44,1	4,3
51	44,1	4,4
52	44,1	4,5
53	44,7	4,2
54	48,7	3,5
55	43,1	4,7
56	43,1	4,8
57	43,1	4,8
58	43,1	4,8
59	43,1	4,8
60	43,8	4,6
61	49,8	4,6
62	41,7	4,7
63	42,1	4,6
64	42,3	4,4
65	42,5	4,3
66	43,1	3,9
67	57,8	3,3
68	50,5	3,0
69	43,7	4,0
70	39,5	4,6
71	39,5	4,9
72	39,5	4,9
73	39,5	4,9
74	40,1	4,6
75	40,1	4,7
76	39,5	5,1
77	39,5	5,0
78	39,5	4,8
79	39,5	4,4
80	44,4	3,6
81	45,9	4,4
82	41,6	4,7
83	41,6	4,7
84	42,1	4,5
85	42,3	4,3
86	41,4	4,3
87	41,3	3,9
88	42,6	4,1
89	42,1	4,4
90	42,1	4,4
91	42,1	4,2
92	56,3	2,7
93	51,4	3,2
94	49,0	3,2
95	42,7	4,2
96	42,6	4,6
97	53,2	3,4
98	55,1	3,2
99	44,3	3,1
100	43,9	3,0

Nummer	Maximale jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte [kWh/jaar]	Temperatuurcorrectie voor interferentie [°C]
101	44,2	2,9
102	44,6	2,5
103	43,8	2,0
104	58,1	2,8
105	52,3	2,7
106	53,9	2,6
107	59,6	2,1
108	47,6	1,2
109	43,4	1,8
110	43,4	2,0
111	43,4	2,1
112	44,0	1,8
113	63,6	0,4
114	53,6	1,3
115	56,4	0,6
116	62,2	0,5
117	59,6	0,3
118	62,0	0,4
119	57,8	0,9
120	58,2	0,5
121	47,2	1,5
122	44,2	2,0
123	49,0	1,7
124	46,3	0,8
125	42,2	1,2
126	42,2	1,5
127	42,2	1,6
128	46,3	1,5
129	59,1	2,0
130	57,1	1,8
131	59,2	1,5
132	54,8	3,6
133	50,4	3,6
134	50,4	3,4
135	50,1	2,7
136	55,1	1,8
137	44,3	2,9
138	43,6	3,2
139	43,5	3,3
140	43,5	3,3
141	49,1	2,9
142	45,0	4,1
143	42,2	4,3
144	42,2	4,3
145	42,4	4,4
146	39,9	5,0
147	39,9	5,0
148	40,0	5,1
149	40,5	4,7
150	40,5	4,6
151	40,0	4,9
152	40,0	4,6
153	40,0	4,3
154	43,8	3,7
155	47,0	2,7
156	43,8	3,2
157	43,6	3,4
158	43,5	3,5
159	47,7	3,4
160	43,5	3,8
161	43,7	4,0
162	44,4	3,7
163	54,0	1,9
164	51,1	2,3
165	51,0	2,6
166	50,8	2,8
167	50,8	2,7
168	53,3	2,2
169	39,3	1,9
170	39,3	2,1
171	39,3	2,1
172	39,9	1,8
173	47,1	1,4
174	40,5	2,1
175	40,7	2,4
176	40,8	2,6
177	41,6	2,5
178	62,4	0,9
179	62,7	1,1
180	57,6	1,5
181	56,9	1,4
182	58,2	0,9
183	44,1	3,5
184	41,5	3,6
185	41,4	3,5
186	42,1	3,1
187	41,6	2,7
188	41,6	2,7
189	41,6	2,4
190	45,6	1,2
191	55,5	2,4
192	51,5	2,1
193	54,9	1,8
194	64,6	0,9
195	71,3	1,6
196	71,0	1,0
197	69,9	0,6
198	81,0	0,3
199	69,8	0,1
200	78,9	0,0
201	46,0	2,1

202	44,3	2,1
203	47,8	1,9
204	44,0	1,7
205	44,0	1,5
206	44,0	1,2
207	44,0	1,0
208	51,3	0,4
209	46,5	0,9
210	43,1	1,2
211	43,1	1,3
212	43,1	1,3
213	42,4	1,4
214	41,7	1,6
215	41,7	1,5
216	41,7	1,5
217	42,4	1,2
218	40,2	3,0
219	39,5	3,3
220	39,5	3,2
221	40,1	2,8
222	39,5	3,7
223	39,5	3,8
224	39,7	3,7
225	39,7	3,4
226	39,7	3,3
227	39,7	3,0
228	43,2	2,1
229	51,8	2,0
230	43,9	2,2
231	44,1	2,3
232	44,1	2,0
233	52,7	1,7
234	41,6	4,1
235	41,6	3,7
236	42,2	2,9
237	43,8	4,3
238	43,1	4,3
239	43,1	4,0
240	46,5	3,1
241	52,0	3,2
242	56,0	2,7
243	59,2	2,2
244	53,2	1,9
245	52,6	1,5
246	55,9	1,1
247	57,7	4,2
248	58,6	4,1
249	59,5	4,1
250	49,5	4,9
251	44,0	5,3
252	44,1	5,4
253	44,2	5,3
254	44,1	5,2
255	47,2	4,6
256	43,3	4,6
257	42,9	4,4
258	42,9	4,0
259	38,5	4,1
260	39,1	4,1
261	40,1	3,4
262	42,2	4,1
263	41,6	4,2
264	42,2	3,8
265	51,9	4,5
266	44,4	4,3
267	43,8	4,4
268	43,8	4,2
269	44,4	3,8
270	51,1	3,4
271	43,8	3,3
272	44,4	2,9
273	50,4	1,8
274	50,1	1,6
275	44,7	2,3
276	44,1	2,4
277	44,1	2,3
278	44,1	2,0
279	44,7	1,7
280	43,1	1,4
281	42,5	1,6
282	42,5	1,5
283	42,5	1,1
284	46,8	0,6
285	43,6	1,3
286	43,6	1,4
287	43,6	1,4
288	44,2	1,2
289	48,0	1,6
290	42,7	1,6
291	42,7	1,5
292	49,2	1,6
293	44,8	2,0
294	44,8	2,3
295	44,8	2,4
296	44,8	2,5
297	44,8	2,6
298	50,8	2,6
299	45,4	3,2
300	44,8	3,5
301	44,8	3,6
302	44,8	3,9
303	44,8	4,0
304	45,4	3,7
305	41,4	4,5
306	40,8	4,8
307	40,9	4,6
308	40,8	4,5
309	40,8	4,4
310	41,4	4,0
311	50,6	3,6
312	56,1	3,5
313	51,3	3,9
314	45,2	4,3
315	45,2	4,4
316	45,2	4,5
317	45,2	4,4
318	45,2	4,1
319	51,3	3,6
320	55,4	2,4
321	52,6	2,8
322	52,2	3,0
323	57,4	2,9
324	61,5	2,8
325	63,6	2,7
326	59,6	2,6
327	61,4	2,2
328	42,6	4,2
329	42,1	4,6
330	42,1	4,6
331	42,1	4,4
332	42,1	4,1
333	48,7	3,6
334	48,6	3,3
335	42,0	4,2
336	42,6	4,5
337	43,3	4,6
338	48,3	4,8
339	44,1	5,0
340	44,1	4,8
341	47,5	4,6
342	47,5	4,6
343	44,1	4,3
344	44,1	4,2
345	44,7	3,9
346	44,7	4,6
347	44,1	4,8
348	44,1	4,6
349	49,8	4,6
350	44,0	5,0
351	44,0	5,2
352	44,0	5,1
353	44,0	5,0
354	48,5	4,5
355	41,7	5,1
356	41,1	5,2
357	41,1	4,7
358	41,7	4,3
359	47,3	3,8
360	42,9	4,0
361	43,1	4,1
362	43,4	4,1
363	44,0	3,8
364	40,1	4,7
365	39,5	4,2
366	39,5	3,9
367	42,6	3,0
368	40,7	3,6
369	40,2	3,0
370	40,7	2,5
371	48,3	3,8
372	43,1	3,7
373	43,8	3,5
374	44,4	3,3
375	45,2	2,9
376	50,0	2,3
377	42,1	4,3
378	41,2	4,5
379	41,0	4,5
380	41,4	4,3
381	48,4	4,9
382	41,2	5,3
383	41,8	5,3
384	42,6	4,9
385	41,8	5,0
386	41,8	4,9
387	42,5	5,2
388	41,8	5,4
389	41,8	5,3
390	44,0	5,5
391	44,0	5,5
392	44,0	5,3
393	44,0	5,0
394	48,3	4,6
395	39,5	5,6
396	39,5	5,9
397	39,5	6,0
398	39,5	6,0
399	40,1	5,7
400	48,4	5,1
401	48,4	5,0
402	48,4	4,8
403	48,7	4,7
404	52,6	3,1
405	52,6	3,0
406	52,6	2,7
407	56,6	2,3
408	56,5	3,1
409	73,6	0,1
410	72,8	0,6
411	75,0	1,2
412	74,9	1,2
413	69,7	2,0
414	78,7	1,5
415	76,7	1,1

416	77,8	2,8
417	68,4	2,6
418	68,4	2,3
419	68,5	2,0
420	67,8	1,0
421	72,5	0,2
422	77,6	0,2
423	77,9	0,2
424	71,6	2,2
425	79,1	2,0
426	77,4	0,9
427	75,1	0,7
428	84,1	0,1
429	75,4	2,0
430	72,7	1,8
431	71,3	1,4
432	58,6	2,0
433	63,0	0,9
434	62,3	0,8
435	65,1	0,6
436	68,2	1,4
437	68,6	1,5
438	42,0	2,3
439	41,2	3,3
440	40,5	3,1
441	60,7	2,0
442	50,4	3,7
443	43,1	4,3
444	41,6	4,8
445	41,5	4,5
446	45,0	3,5
447	42,6	3,8
448	51,4	3,5
449	42,4	4,6
450	42,5	4,7
451	47,8	4,3
452	51,9	0,9
453	58,9	0,7
454	50,3	3,1
455	49,8	2,3
456	43,5	3,4
457	42,8	4,1
458	39,9	4,9
459	47,8	3,6
460	43,6	3,9
461	45,6	1,3
462	43,9	2,6
463	41,6	2,0
464	66,2	1,1
465	73,4	1,3
466	68,4	0,1
467	44,8	2,2
468	43,8	1,2
469	43,9	2,4
470	42,2	4,0

471	41,6	3,9
472	41,6	3,5
473	43,1	3,7
474	58,2	3,6
475	62,6	4,5
476	43,6	4,6
477	40,0	3,8
478	40,1	3,0
479	41,6	4,2
480	50,6	4,3
481	42,5	1,4
482	47,8	0,8
483	43,6	1,3
484	43,6	1,4
485	42,7	1,1
486	45,9	0,4
487	50,1	3,4
488	52,4	3,0
489	52,2	3,0
490	61,6	2,6
491	47,9	4,5
492	44,1	4,5
493	44,1	4,8
494	44,7	3,7
495	44,1	4,3
496	41,1	5,1
497	41,1	5,0
498	39,5	4,7
499	39,5	4,5
500	39,5	3,6
501	40,2	3,6
502	40,2	3,3
503	42,5	4,5
504	41,8	4,9
505	47,7	4,9
506	41,8	5,4
507	42,4	5,0
508	47,3	5,3
509	43,7	4,9
510	52,6	2,9
511	73,2	1,0
512	68,8	2,7
513	69,2	1,5
514	72,0	0,2
515	69,5	2,1
516	69,3	1,9
517	77,4	1,4
518	72,8	1,1
519	67,6	1,5
520	70,1	2,0
521	40,0	4,8
522	43,7	1,9
523	47,4	4,7
524	39,5	3,2

Bijlage 3 Documenten voorbeeldberekeningen

EED Berekening

Voorbeeld 1

Samenvatting

Kosten	-
Aantal boringen	1
Boorgatdiepte	90 m
Totale boordiepte	90 m

ONTWERPGEGEVENS
==========

BODEM

Warmtegeleidingsvermogen bodem	2.4 W/(m·K)
Warmtecapaciteit bodem	2.5 MJ/(m³·K)
Temperatuur aardoppervlak	9.5 °C
Geothermische warmtestroom	0 W/m²

BOORGAT EN BODEMWARMTEWISSELAAR

Opstellingsvorm	0 ("1 : single")
Boorgatdiepte	90 m
Tussenafstand boorgaten	0 m
Type bodemwarmtewisselaar	Enkel-U
Boorgatdiameter	110 mm
U-buis - buitendiameter	32 mm
U-buis - wanddikte	3 mm
U-buis - warmtegeleidingsvermogen	0.42 W/(m·K)
U-buis - onderlinge afstand U-benen	70 mm
Warmtegeleidingsvermogen vulmateriaal	2 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	0.47 W/(m·K)
Specifieke warmtecapaciteit	3930 J/(Kg·K)
Dichtheid	1033 Kg/m³
Viscositeit	0.0079 Kg/(m·s)
Vriespunt	-10 °C
Debiet per boorgat	0.21 l/s

BASISVERMOGEN

Jaarlijks warmwatergebruik	1.6 MWh
Jaarlijks warmtevraag	1.95 MWh
Jaarlijks koelvraag	0.89 MWh

Seasonal performance factor (WW)	2.5
Seasonal Performance Factor (verwarming)	4.5
Seasonal Performance Factor (koeling)	50

Maandelijks energieprofiel [MWh]

Maand	Factor	Verwarmingsvermogen	factor	Koelvermogen	Bodemvermogen
JAN	0.155	0.44	0	0	0.32
FEB	0.148	0.42	0	0	0.3
MRT	0.125	0.38	0	0	0.27
APR	0.099	0.33	0	0	0.23
MEI	0.064	0.26	0	0	0.18
JUN	0	0.13	0.333	0.3	-0.22
JUL	0	0.13	0.334	0.3	-0.22
AUG	0	0.13	0.333	0.3	-0.22
SEP	0.061	0.25	0	0	0.17
OKT	0.087	0.3	0	0	0.21
NOV	0.117	0.36	0	0	0.26
DEC	0.144	0.41	0	0	0.3
	---	---	---	---	---
Totaal	1	3.55	1	0.89	1.57

PIEKVERMOGEN

Maandelijkse piekvermogens [kW]

Maand	Piek verwarmen	Duur	Piek koelen	Duur [h]
JAN	2.9	8	0	0
FEB	2.9	8	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	0	0
AUG	0	0	0	0
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)	25
Maand van inbedrijfstelling	SEP

BEREKENDE WAARDEN
==========

* Monthly calculation *

Totale boordiepte	90 m

THERMISCHE WEERSTAND

Thermische weerstand boorgat intern	0.72 (m·K)/W
Reynoldsgetal	1345
Thermische weerstand medium / buis	0.1675 (m·K)/W
Thermische weerstand buismateriaal	0.07868 (m·K)/W
Contact weerstand buis / vulmateriaal	0 (m·K)/W
Boorgat thermische weerstand medium / grond	0.1633 (m·K)/W
Effectieve thermische weerstand boorgat	0.1684 (m·K)/W

SPECIFIEKE WARMTEONTTREKKING [W/m]

Maand	Basisvermogen		Piekvermogen verwarming
JAN	4.8	25.1	0
FEB	4.63	25.1	0
MRT	4.1	0	0
APR	3.5	0	0
MEI	2.7	0	0
JUN	-3.38	0	0
JUL	-3.4	0	0
AUG	-3.38	0	0
SEP	2.63	0	0
OKT	3.23	0	0
NOV	3.92	0	0
DEC	4.54	0	0

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

Jaar	1	2	5	10	25
JAN	9.5	7.29	7.21	7.17	7.13
FEB	9.5	7.32	7.24	7.2	7.16
MRT	9.5	7.51	7.44	7.4	7.36
APR	9.5	7.76	7.68	7.64	7.6
MEI	9.5	8.1	8.03	7.99	7.95
JUN	9.5	10.7	10.6	10.5	10.5
JUL	9.5	10.8	10.7	10.7	10.7
AUG	9.5	10.9	10.8	10.8	10.7
SEP	8.4	8.42	8.35	8.32	8.28
OKT	8.09	8.07	8.01	7.97	7.94
NOV	7.75	7.72	7.66	7.63	7.59
DEC	7.44	7.41	7.35	7.32	7.28

BASISVERMOGEN: JAAR 25

Minimum gemiddelde medium temperatuur 7.13 °C Aan het einde van JAN

Maximum gemiddelde medium temperatuur 10.7 °C Aan het einde van AUG

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

Jaar	1	2	5	10	25
JAN	9.5	1.85	1.77	1.73	1.68
FEB	9.5	1.83	1.75	1.71	1.67
MRT	9.5	7.51	7.44	7.4	7.36
APR	9.5	7.76	7.68	7.64	7.6
MEI	9.5	8.1	8.03	7.99	7.95
JUN	9.5	10.7	10.6	10.5	10.5
JUL	9.5	10.8	10.7	10.7	10.7
AUG	9.5	10.9	10.8	10.8	10.7
SEP	8.4	8.42	8.35	8.32	8.28
OKT	8.09	8.07	8.01	7.97	7.94
NOV	7.75	7.72	7.66	7.63	7.59
DEC	7.44	7.41	7.35	7.32	7.28

PIEKVERMOGEN VERWARMEN: JAAR 25
Minimum gemiddelde medium temperatuur 1.67 °C Aan het einde van FEB
Maximum gemiddelde medium temperatuur 10.7 °C Aan het einde van AUG

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

Jaar	1	2	5	10	25
JAN	9.5	7.29	7.21	7.17	7.13
FEB	9.5	7.32	7.24	7.2	7.16
MRT	9.5	7.51	7.44	7.4	7.36
APR	9.5	7.76	7.68	7.64	7.6
MEI	9.5	8.1	8.03	7.99	7.95
JUN	9.5	10.7	10.6	10.5	10.5
JUL	9.5	10.8	10.7	10.7	10.7
AUG	9.5	10.9	10.8	10.8	10.7
SEP	8.4	8.42	8.35	8.32	8.28
OKT	8.09	8.07	8.01	7.97	7.94
NOV	7.75	7.72	7.66	7.63	7.59
DEC	7.44	7.41	7.35	7.32	7.28

PIEKVERMOGEN KOELING: JAAR 25
Minimum gemiddelde medium temperatuur 7.13 °C Aan het einde van JAN
Maximum gemiddelde medium temperatuur 10.7 °C Aan het einde van AUG

Zwolle Breezicht Noord

Rekensheet behorende bij bodemenergieplan

Versie: 70388/SV/20201218

Naam:	
Straat:	
Huisnr.	
Datum:	
Kavelnr(plan):	Fictief
Opmerking:	Voorbeeld 1

Gegevens woning / gebouw (bouwwerk)

	Bouwwerk		SPF	Elektra		Bodem	
- Warmtelevering ruimteverwarming	1,950	MWh	4,5	0,433	MWh_e	1,517	MWh
- Warmtelevering tapwaterverwarming	1,600	MWh +	2,5	0,640	MWh_e +	0,960	MWh +
Totaal	3,550	MWh		1,073	MWh_e	2,477	MWh
- Koudelevering / aanvullend warmte laden	0,890	MWh +	50,0	0,018	MWh_e +	0,908	MWh +
Totaal	0,890	MWh		0,018	MWh_e	0,908	MWh

Jaarlijkse totalen en SPF_{BES}

- Jaarlijkse warmte- en koudelevering:	4,440	MWh
- Jaarlijks elektraverbruik:	1,091	MWh_e
- Jaarlijkse netto warmteonttrekking aan de bodem:	1,569	MWh
- Seasonal Performance Factor bodemenergiesysteem (SPF_{BES}):	4,1	

Minimaal aan te boren bodemdiepte (conform regel 7)

- Jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte voor dit kavel (volgens bijlage 2):	17,5	kWh/m
- Temperatuurdaling ten gevolge van interferentie voor dit kavel (volgens bijlage 2):	1,5	°C
- Berekende minimaal aan te boren bodemdiepte:	90	m-mv
- Berekende gemiddelde bodemtemperatuur vanaf maaiveld tot aan minimaal aan te boren bodemdiepte:	9,5	°C

Ontwerp gesloten systeem (conform regels 8 en 9)

- Door de aannemer berekende minimale retourtemperatuur circulatievloeistof bij minimaal aan te boren diepte van 90 m-mv:	-0,3	°C
- Door de aannemer herberekend gesloten systeem (minimale retourtemperatuur -3,0°C) bestaat uit:		
- Minimale retourtemperatuur circulatievloeistof:	-0,3	°C
- Diepte boorgaten:	90	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 90 m-mv van:	9,5	°C

Opmerkingen / aantekeningen

EED Berekening

Voorbeeld 2

Samenvatting

Kosten	-
Aantal boringen	1
Boorgatdiepte	80 m
Totale boordiepte	80 m

ONTWERPGEGEVENS

BODEM

Warmtegeleidingsvermogen bodem	2.4 W/(m·K)
Warmtecapaciteit bodem	2.5 MJ/(m³·K)
Temperatuur aardoppervlak	10.5 °C
Geothermische warmtestroom	0 W/m²

BOORGAT EN BODEMWARMTEWISSELAAR

Opstellingsvorm	0 ("1 : single")
Boorgatdiepte	80 m
Tussenafstand boorgaten	0 m
Type bodemwarmtewisselaar	Enkel-U
Boorgatdiameter	110 mm
U-buis - buitendiameter	32 mm
U-buis - wanddikte	3 mm
U-buis - warmtegeleidingsvermogen	0.42 W/(m·K)
U-buis - onderlinge afstand U-benen	70 mm
Warmtegeleidingsvermogen vulmateriaal	2 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	0.47 W/(m·K)
Specifieke warmtecapaciteit	3930 J/(Kg·K)
Dichtheid	1033 Kg/m³
Viscositeit	0.0079 Kg/(m·s)
Vriespunt	-10 °C
Debiet per boorgat	0.21 l/s

BASISVERMOGEN

Jaarlijks warmwatergebruik	2.1 MWh
Jaarlijks warmtevraag	2.55 MWh
Jaarlijks koelvraag	1.8 MWh
Seasonal performance factor (WW)	2.5
Seasonal Performance Factor (verwarming)	4.5
Seasonal Performance Factor (koeling)	50

Maandelijks energieprofiel [MWh]

Maand	Factor	Verwarmingsvermogen	factor	Koelvermogen	Bodemvermogen
JAN	0.155	0.57	0	0	0.41
FEB	0.148	0.55	0	0	0.4
MRT	0.125	0.49	0	0	0.35
APR	0.099	0.43	0	0	0.3
MEI	0.064	0.34	0	0	0.23
JUN	0	0.17	0.333	0.6	-0.51
JUL	0	0.17	0.334	0.6	-0.51
AUG	0	0.17	0.333	0.6	-0.51
SEP	0.061	0.33	0	0	0.23
OKT	0.087	0.4	0	0	0.28
NOV	0.117	0.47	0	0	0.34
DEC	0.144	0.54	0	0	0.39
	---	---	---	---	---
Totaal	1	4.65	1	1.8	1.41

PIEKVERMOGEN

Maandelijkse piekvermogens [kW]

Maand	Piek verwarmen	Duur	Piek koelen	Duur [h]
JAN	3.8	8	0	0
FEB	3.8	8	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	0	0
AUG	0	0	0	0
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)	25
Maand van inbedrijfstelling	SEP

BEREKENDE WAARDEN
==========

* Monthly calculation *

Totale boordiepte	80 m

THERMISCHE WEERSTAND

Thermische weerstand boorgat intern	0.72 (m·K)/W
Reynoldsgetal	1345
Thermische weerstand medium / buis	0.1675 (m·K)/W
Thermische weerstand buismateriaal	0.07868 (m·K)/W
Contact weerstand buis / vulmateriaal	0 (m·K)/W
Boorgat thermische weerstand medium / grond	0.1633 (m·K)/W
Effectieve thermische weerstand boorgat	0.1674 (m·K)/W

SPECIFIEKE WARMTEONTTREKKING [W/m]

Maand	Basisvermogen		Piekvermogen verwarming
JAN	7.06	36.9	0
FEB	6.82	36.9	0
MRT	6.04	0	0
APR	5.16	0	0
MEI	3.97	0	0
JUN	-8.67	0	0
JUL	-8.7	0	0
AUG	-8.67	0	0
SEP	3.87	0	0
OKT	4.75	0	0
NOV	5.77	0	0
DEC	6.69	0	0

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

Jaar	1	2	5	10	25
JAN	10.5	7.26	7.23	7.19	7.15
FEB	10.5	7.3	7.26	7.22	7.19
MRT	10.5	7.59	7.54	7.51	7.47
APR	10.5	7.94	7.9	7.86	7.82
MEI	10.5	8.44	8.39	8.36	8.32
JUN	10.5	13.7	13.7	13.7	13.6
JUL	10.5	14	14	14	13.9
AUG	10.5	14.2	14.1	14.1	14.1
SEP	8.88	9.07	9.03	8.99	8.96
OKT	8.43	8.51	8.46	8.43	8.4
NOV	7.93	7.97	7.93	7.89	7.86
DEC	7.48	7.49	7.45	7.42	7.39

BASISVERMOGEN: JAAR 25

Minimum gemiddelde medium temperatuur 7.15 °C Aan het einde van JAN

Maximum gemiddelde medium temperatuur 14.1 °C Aan het einde van AUG

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

Jaar	1	2	5	10	25
JAN	10.5	-0.74	-0.77	-0.81	-0.84
FEB	10.5	-0.76	-0.8	-0.83	-0.87
MRT	10.5	7.59	7.54	7.51	7.47
APR	10.5	7.94	7.9	7.86	7.82
MEI	10.5	8.44	8.39	8.36	8.32
JUN	10.5	13.7	13.7	13.7	13.6
JUL	10.5	14	14	14	13.9
AUG	10.5	14.2	14.1	14.1	14.1
SEP	8.88	9.07	9.03	8.99	8.96
OKT	8.43	8.51	8.46	8.43	8.4
NOV	7.93	7.97	7.93	7.89	7.86
DEC	7.48	7.49	7.45	7.42	7.39

PIEKVERMOGEN VERWARMEN: JAAR 25
Minimum gemiddelde medium temperatuur -0.87 °C Aan het einde van FEB
Maximum gemiddelde medium temperatuur 14.1 °C Aan het einde van AUG

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

Jaar	1	2	5	10	25
JAN	10.5	7.26	7.23	7.19	7.15
FEB	10.5	7.3	7.26	7.22	7.19
MRT	10.5	7.59	7.54	7.51	7.47
APR	10.5	7.94	7.9	7.86	7.82
MEI	10.5	8.44	8.39	8.36	8.32
JUN	10.5	13.7	13.7	13.7	13.6
JUL	10.5	14	14	14	13.9
AUG	10.5	14.2	14.1	14.1	14.1
SEP	8.88	9.07	9.03	8.99	8.96
OKT	8.43	8.51	8.46	8.43	8.4
NOV	7.93	7.97	7.93	7.89	7.86
DEC	7.48	7.49	7.45	7.42	7.39

PIEKVERMOGEN KOELING: JAAR 25
Minimum gemiddelde medium temperatuur 7.15 °C Aan het einde van JAN
Maximum gemiddelde medium temperatuur 14.1 °C Aan het einde van AUG

Zwolle Breezicht Noord

Rekensheet behorende bij bodemenergieplan

Versie: 70388/SV/20201218

Naam:	
Straat:	
Huisnr.	
Datum:	
Kavelnr(plan):	Fictief
Opmerking:	Voorbeeld 2

Gegevens woning / gebouw (bouwwerk)

	Bouwwerk		SPF	Elektra		Bodem	
- Warmtelevering ruimteverwarming	2,550	MWh	4,5	0,567	MWhe	1,983	MWh
- Warmtelevering tapwaterverwarming	2,100	MWh +	2,5	0,840	MWhe +	1,260	MWh +
Totaal	4,650	MWh		1,407	MWhe	3,243	MWh
- Koudelevering / aanvullend warmte laden	1,800	MWh +	50,0	0,036	MWhe +	1,836	MWh +
Totaal	1,800	MWh		0,036	MWhe	1,836	MWh

Jaarlijkse totalen en SPF$_{BES}$

- Jaarlijkse warmte- en koudelevering:	6,450	MWh
- Jaarlijks elektraverbruik:	1,443	MWhe
- Jaarlijkse netto warmteonttrekking aan de bodem:	1,407	MWh
- Seasonal Performance Factor bodemenergiesysteem (SPF$_{BES}$):	4,5	

Minimaal aan te boren bodemdiepte (conform regel 7)

- Jaarlijkse netto warmteonttrekking per meter bodemdiepte voor dit kavel (volgens bijlage 2):	20,7	kWh/m
- Temperatuurdaling ten gevolge van interferentie voor dit kavel (volgens bijlage 2):	0,5	°C
- Berekende minimaal aan te boren bodemdiepte:	68	m-mv
- Berekende gemiddelde bodemtemperatuur vanaf maaiveld tot aan minimaal aan te boren bodemdiepte:	10,2	°C

Ontwerp gesloten systeem (conform regels 8 en 9)

- Door de aannemer berekende minimale retourtemperatuur circulatievloeistof bij minimaal aan te boren diepte van 68 m-mv:	-4,5	°C
- Door de aannemer herberekend gesloten systeem (minimale retourtemperatuur -3,0°C) bestaat uit:		
- Minimale retourtemperatuur circulatievloeistof:	-2,9	°C
- Diepte boorgaten:	80	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 80 m-mv van:	10,5	°C

Opmerkingen / aantekeningen

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

[redacted]
KvK Arnhem 09065422
BTW nr. NL801045599B01

IF Technology **Creating energy**