



## Bijlage 2 BUM en HUM BE deel 2 - GBES

### Handreiking – Versie 3.0

# Methodie toetsen interferentie tussen gesloten bodemenergiesystemen

Versie 3.0, 5 oktober 2023



## Colofon

### Status

Het Centraal College van Deskundigen (CCvD) Bodembeheer heeft op 5 oktober 2023 ingestemd met de inhoud van deze handreiking. Vervolgens is deze door het bestuur van SIKB vastgesteld. Versie 3.0 van deze handreiking vervangt versie 2.4 en treedt in werking op 1 januari 2024 (datum inwerkingtreding Omgevingswet).

### Eigendomsrecht

Deze handreiking is opgesteld in opdracht van en uitgegeven door Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer (SIKB). Het CCvD Bodembeheer, ondergebracht bij SIKB, beheert deze handreiking inhoudelijk. De actuele versie van de handreiking staat op de website van SIKB ([www.sikb.nl](http://www.sikb.nl)) en is op elektronische wijze tegen ongewenste aanpassingen beschermd. Het is niet toegestaan om wijzigingen aan te brengen in de originele en door het CCvD Bodembeheer goedgekeurde en vastgestelde teksten met het doel hieraan rechten te (kunnen) ontlenen.

### Vrijwaring

SIKB is behoudens in geval van opzet of grove schuld niet aansprakelijk voor schade die bij de gebruiker of derden ontstaat door het toepassen van deze handreiking.

### © 2023 SIKB

Overname van tekstdelen en beeld is toegestaan met bronvermelding. Alle rechten berusten bij SIKB.

### Bestelwijze

Deze handreiking is in digitale vorm kosteloos te verkrijgen via de website van SIKB.

### Helpdesk/gebruiksaanwijzing

Voor vragen over inhoud en toepassing van deze handreiking kunt u terecht bij SIKB. Voor geschillen zie de klachten- en geschillenregeling via [www.SIKB.nl](http://www.SIKB.nl).

## Inhoudsopgave

1. Inleiding .....	4
1.1 Doelstelling .....	4
1.2 Toepassingsgebied van de methode .....	5
1.3 Uitgangspunt methodiek – maximaal toelaatbare temperatuurverlaging ... Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.	
2. Beschrijving methode .....	7
2.1 Standaard-methode voor berekenen interferentie .....	7
2.1.1 Beslisschema standaard-methode .....	7
2.1.2 Stap 1. Inventariseren grote gesloten bodemenergiesystemen in de omgeving .....	8
2.1.3 Stap 2. Selecteren kleine gesloten systemen binnen zoekstraal van 120 meter .....	8
2.1.4 Stap 3. Toetsen of ITGBES toepasbaar is .....	9
2.1.5 Stap 4. Bepalen temperatuureffecten met ITGBES .....	12
2.1.6 Stap 5. Modelmatige berekening van temperatuureffecten .....	13
2.2 Alternatieve methode voor verzamelmeldingen van kleine gesloten systemen met integraal ontwerp en grote mate van energiebalans .....	14
2.3 Compenseren voor negatieve interferentie in het ontwerp van nieuw te plaatsen systemen .....	16
3. LITERATUUR .....	20
<b>BIJLAGE 2.2 HANDLEIDING ITGBES; INTERFERENTIETOOL GESLOTEN BODEMENERGIESYSTEMEN .....</b>	<b>21</b>
<b>BIJLAGE 2.3 ILLUSTRATIE TEMPERATUUR-EFFECTEN TUSSEN GESLOTEN BODEMENERGIESYSTEMEN .....</b>	<b>22</b>
<b>BIJLAGE 2.4 BEPALEN GRONDWATERSTROMING OP PROJECTLOCATIE .....</b>	<b>24</b>
<b>BIJLAGE 2.5 BEOORDELEN LIGGING SYSTEMEN T.O.V. DE GRONDWATERSTROMINGSRICHTING .....</b>	<b>28</b>

# 1. Inleiding

De voorliggende 'Methode toetsen interferentie tussen gesloten bodemenergiesystemen' betreft een bijlage van de Handreiking toetsen en besluiten gesloten bodemenergiesystemen (BUM Bodemenergie deel 2 GBES, versie 3.0). Dit document is te verkrijgen op [www.sikb.nl](http://www.sikb.nl).

Deze bijlage beschrijft de achtereenvolgens het doel en het toepassingsgebied van de methode, de werking ervan en de te volgen werkwijze per stap van de methode.

Met de vaststelling van versie 3.0 van de BUM Bodemenergie Handreiking toetsen en besluiten gesloten bodemenergiesystemen (BUM BE deel 2 GBES) is de methode van versie 2.3, en eerdere versies die gebaseerd waren op afleiding van temperatureffecten met behulp van nomogrammen, niet meer bruikbaar.

De voorliggende methode gaat niet in op negatieve interferentie tussen een gesloten bodemenergiesysteem en een open bodemenergiesysteem. Dit vergt een maatwerkbeoordeling. Zie hiervoor bijlage 3 van de Handreiking toetsen en besluiten gesloten bodemenergiesystemen (BUM BE deel 2 GBES).

## 1.1 Uitgangspunt methodiek – maximaal toelaatbare temperatuurverlaging

Het wettelijke voorschrift is dat met oog op het doelmatig functioneren van bodemenergiesystemen negatieve interferentie wordt voorkomen tussen het bodemenergiesysteem dat wordt aangelegd en de bodemenergiesystemen in de omgeving waarvoor een melding is gedaan of een vergunning is verleend (Bal art. 4.1139).

Uitgangspunt van de methodiek is dat aan deze wettelijke eis wordt voldaan als de temperatuurverlaging maximaal 1,5°C bedraagt bij elk van de bij de interferentietoets te betrekken kleine gesloten bodemenergiesystemen.

Het hanteren van dit criterium leidt tot een afname van de prestaties van de systemen met ten hoogste 5%. Dit wordt acceptabel geacht, gezien de marges in het ontwerp van de systemen. Indien een temperatuurverlaging van meer dan 1,5°C wordt toegestaan, wordt de resterende veiligheidsmarge in het algemeen zeer klein.

Een grotere temperatuurverlaging bij nieuw te plaatsen gesloten systemen kan aanvaardbaar zijn, mits de aanvrager aantoont dat dit geen nadelige gevolgen heeft voor het doelmatig functioneren van de systemen, omdat het ontwerp van het nieuwe systeem/de nieuwe systemen voldoende compenseert voor negatieve interferentie. De wijze waarop de aanvrager/melder dit kan doen is beschreven in § 2.3.

## 1.2 Rekentool ITGBES

Het is wenselijk om voor gesloten bodemenergiesystemen met een bodemzijdig vermogen kleiner dan 70 kW (verder in de bijlage aangeduid als 'kleine gesloten bodemenergiesystemen') zo eenvoudig mogelijk te kunnen toetsen of sprake is van ontoelaatbare negatieve beïnvloeding tussen kleine gesloten bodemenergiesystemen onderling (hier verder 'interferentie' genoemd). Onderdeel van de hier beschreven methode is de rekentool ITGBES. Met deze rekentool kunnen cumulatieve temperatureffecten tussen kleine gesloten bodemenergiesystemen worden berekend.

ITGBES, en het toepassingsbereik van ITGBES binnen de in deze bijlage gepresenteerde methode voor het toetsen van interferentie tussen gesloten bodemenergie-

systemen, is gebaseerd op de volgende onderzoeken:

- ITGBES; Interferentie Tool Gesloten Bodemenergie Systemen' (Groenholland Geo-energiesystemen, 2020).
- Interferentie Tool Gesloten Bodemenergiesystemen; Grenswaarden voor grondwaterstroming' (Groenholland Geo-energiesystemen, 2022).

ITGBES is een vereenvoudigde rekenmethode. Om het verschil tussen ITGBES en meer nauwkeurige modelberekening klein te houden, zijn er in ITGBES verschillende beperkingen ingebouwd. Onder andere de beperking tot maximaal 20 systemen. Voor situaties waarin ITGBES niet toepasbaar is, worden de temperatuureffecten bij gesloten bodemenergiesystemen modelmatig berekend. Zie voor de eisen aan modelberekeningen § 2.1.6.

ITGBES is verkrijgbaar op [www.sikb.nl](http://www.sikb.nl) onder 'Richtlijnen en protocollen', '[Richtlijn 8200 Bevoegd gezag taken Bodemenergie](#)', onder Informatieve documenten.

### 1.3 Toepassingsgebied ITGES

De rekentool ITGBES is geschikt voor berekenen van interferentie tussen maximaal 20 kleine gesloten bodemenergiesystemen met een bodemzijdig vermogen kleiner dan 70 kW.

De meer specifieke beperkingen aan ITGBES zijn beschreven bij stap 3 van de standaardmethode (§ 2.1.4), en bij de alternatieve methode voor verzamelmeldingen van kleine gesloten systemen met een integraal ondergronds ontwerp van de bodemwarmtewisselaars in § 2.2.

ITGBES is niet geschikt voor het berekenen van temperatuurinvloeden tussen een (gepland) klein gesloten bodemenergiesysteem en een groot gesloten bodemenergiesysteem (bodemzijdig vermogen  $\geq 70$  kW). Hiervoor is modelmatige berekening nodig. Voor modelmatige berekeningen zijn de eisen zoals beschreven in § 2.1.6 (stap 5 van de standaardmethode) van toepassing. De uitkomsten van de modelmatige berekening worden gebruikt voor de melding/vergunningaanvraag van het betrokken grote gesloten bodemenergiesysteem, danwel voor de melding van het betrokken kleine gesloten bodemenergiesysteem.

Het staat ontwerpers vrij om de temperatuureffecten modelmatig te berekenen voor situaties waarin ITGBES toepasbaar is. Dit geldt ook voor situaties waarin bij toepassing van de rekentool (ITGBES) bij één of meer van de gesloten systemen een temperatuurverlaging van meer dan 1,5°C wordt berekend.

Voor modelmatige berekeningen zijn de eisen zoals beschreven in § 2.1.6 (stap 5 van de standaardmethode) van toepassing.

ITGBES gaat uit van een vereenvoudigde rekenmethode. Modelmatige berekeningen geven daardoor een grotere nauwkeurigheid dan ITGBES. De uitkomsten van ITGBES en modelmatige berekeningen kunnen daardoor, bij gebruik van dezelfde invoergegevens, enigszins van elkaar verschillen. Dit geldt ook voor uitkomsten van modelberekeningen met verschillende modelprogramma's.

### **Gemeentelijke regels om negatieve interferentie tussen kleine gesloten systemen in woonwijken te voorkomen**

Voor gebieden waar veel gesloten bodemenergiesystemen in woningen worden verwacht kan het toepassen van de methode tot de conclusie leiden dat het bijplaatsen van nieuwe gesloten bodemenergie-systemen niet mogelijk is. Voor dergelijke gebieden kan de gemeente in het omgevingsplan regels stellen om negatieve interferentie tussen gesloten bodemenergiesystemen te voorkomen.

Regels voor gesloten bodemenergiesystemen zijn vooral van belang voor nieuwbouwwijken waar geen warmtenet wordt aangelegd en waar veel verschillende ontwikkelaars zijn. Een afgestemd integraal ontwerp van het ondergrondse deel (de bodemwarmtewisselaars) van de bodemenergiesystemen is dan vaak niet haalbaar. Als de gemeente in dergelijke gebieden geen regels stelt om negatieve interferentie te voorkomen, kan de plaatsing van enkele kleine gesloten bodemenergiesystemen er al voor zorgen dat in de omgeving daarvan geen kleine gesloten systemen kunnen worden bijgeplaatst. Dan resteert als alternatief voor volgende woningen vaak alleen een lucht-water-warmtepomp. Vanwege het hogere stroomverbruik van lucht-water-warmtepompen tijdens koude periodes, kan plaatsing van een groot aantal lucht-water-warmtepompen in een woonwijk leiden tot overbelasting van het stroomnet. Afstemming met de netbeheerder hierover kan bijdragen aan de gemeentelijke afweging over het al dan niet stellen van omgevingsplanregels om negatieve interferentie tussen gesloten bodemenergiesystemen te voorkomen.

Het voorgaande speelt in toenemende mate in bestaande woonwijken waar de gemeente op grond van de uitwerking van de gemeentelijke Transitie Visie Warmte inzet op individuele alternatieven voor verwarming met aardas (bijvoorbeeld omdat een warmtenet niet haalbaar is).

Door voor dergelijke gebieden in het omgevingsplan regels te stellen om negatieve interferentie tussen gesloten bodemenergiesystemen te voorkomen, kunnen meer woningen van een bodemenergiesysteem worden voorzien. Ook is daarbij, zowel aan de zijde van de ontwerpers als aan de zijde van de vergunningverleners, minder tijd nodig voor respectievelijk het ontwerp en de bijbehorende interferentieberekening en voor het beoordelen van meldingen voor gesloten bodemenergiesystemen.

## 2. Beschrijving methode

De standaard-methode is beschreven in § 2.1. De methode bestaat uit 5 stappen. Paragraaf 2.1.1 geeft een overzicht van de stappen in de vorm van een beslisschema. De werkwijze per stap is toegelicht in de paragrafen 2.1.1 tot en met 2.1.6.

Voor verzamelmeldingen van kleine gesloten systemen met een ontwerp dat uitgaat van een grote mate van energiebalans, kan desgewenst een alternatieve methode worden gevolgd. De alternatieve methode, en de voorwaarden waaronder deze kan worden toegepast, zijn beschreven in § 2.2.

Paragraaf 2.3 beschrijft de wijze waarop compensatie voor negatieve interferentie in het ontwerp van systemen in een melding gerealiseerd en onderbouwd kan worden.

### 2.1 Standaard-methode berekenen interferentie tussen gesloten systemen

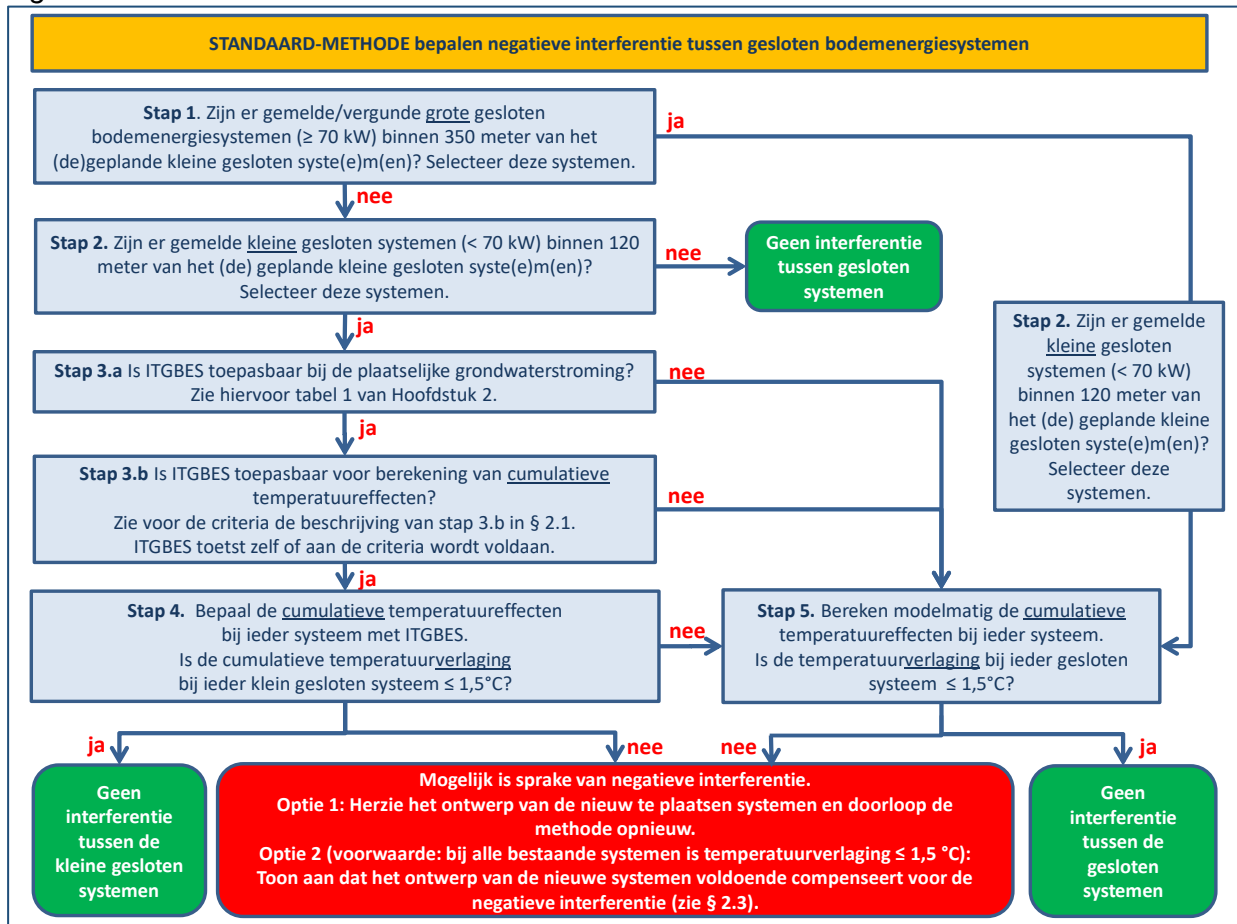
#### 2.1.1 Beslisschema standaard-methode

Figuur 2.1 toont het beslisschema voor de standaard-methode. De methode beschrijft 5 stappen. De paragrafen 2.1.2 t/m 2.1.6 geven een toelichting op deze stappen.

Een initiatiefnemer kan altijd besluiten om stap 5 uit te voeren (modelmatige berekening temperatuureffecten) in plaats van stap 4 (berekening van de temperatuureffecten met behulp van ITGBES).

Bij het bepalen van de afstanden tussen gesloten bodemenergiesystemen zijn de centrale x- en y-coördinaten van de bodemwarmtewisselaars van een bodemenergiesysteem maatgevend.

Figuur 2.1. Beslisschema standaard-methode.



### 2.1.2 Stap 1. Inventariseren grote gesloten bodemenergiesystemen in de omgeving

In deze stap inventariseert men gemelde en/of vergunde grote gesloten bodemenergiesystemen (bodemzijdig vermogen  $\geq 70$  kW) binnen een afstand van 350 meter van het nieuw geplande kleine gesloten bodemenergiesysteem. Hiervoor raadpleegt de ontwerper het bevoegd gezag.<sup>1</sup>

Indien er geen grote gesloten bodemenergiesystemen aanwezig zijn binnen 350 meter afstand van het geplande kleine gesloten bodemenergiesysteem volgt stap 2.

Indien er één of meer grote gesloten bodemenergiesystemen aanwezig zijn binnen 350 meter afstand van het geplande kleine gesloten bodemenergiesysteem, volgt modelmatige berekening van de onderlinge temperatureffecten (stap 6). Bij de modelberekeningen dienen ook alle gemelde kleine systemen in de omgeving (120 meter) van de grote systemen te worden betrokken.

### 2.1.3 Stap 2. Selecteren kleine gesloten systemen binnen zoekstraal van 120 meter

Men inventariseert de gemelde kleine gesloten bodemenergiesystemen (bodemzijdig vermogen  $< 70$  kW) binnen een afstand van 120 meter van het nieuw geplande kleine gesloten bodemenergiesysteem.

- Indien er geen kleine gesloten bodemenergiesystemen aanwezig zijn binnen 120 meter

<sup>1</sup> De inventarisatie van systemen bij stap 1 en 2 kan gecombineerd worden uitgevoerd.



afstand van het geplande kleine gesloten bodemenergiesysteem is er geen sprake van negatieve interferentie tussen kleine gesloten bodemenergiesystemen. Dan zijn geen vervolgstappen nodig. Indien er wel kleine gesloten bodemenergiesystemen aanwezig zijn binnen 120 meter afstand van het geplande kleine gesloten bodemenergiesysteem, worden deze systemen geselecteerd en worden de meldingsgegevens van deze systemen geïinventariseerd. Hiervoor raadpleegt de ontwerper het bevoegd gezag.<sup>2</sup>

**Toelichting:** Uit het in § 1.1 van deze bijlage genoemde onderzoek van Groenholland blijkt het volgende:

Op basis van een analyse van de gegevens in LGR is de 'worst case' bepaald als: een gesloten bodemenergiesysteem met een bodemzijdig vermogen tot 70 kW met een netto warmteonttrekking aan de bodem van 240 kWh/m/j (dus maximaal koude-overschot), in combinatie met een bodem die goed warmtegeleidend is (2,25-2,75 W/mK).

Uit het onderzoek blijkt dat in deze 'worst case' op 60 meter afstand het temperatuureffect verwaarloosbaar is. Een klein systeem dat binnen een straal 60 meter van een nieuw te plaatsen systeem ligt, kan echter zelf ook weer beïnvloed worden door andere kleine systemen binnen een straal van 60 meter afstand. Daarom kan in de 'worst case' een temperatuurinvloed tussen kleine gesloten bodemenergiesystemen worden uitgesloten als de afstand tussen kleine systemen groter is dan 120 meter (2 keer 60 m = 120 m).

### 2.1.4 Stap 3. Toetsen of ITGBES toepasbaar is

In stap 3 wordt in twee sub-stappen bepaald of gebruik van ITGBES (stap 4) mogelijk is voor berekening van de cumulatieve temperatuureffecten tussen de kleine gesloten bodemenergiesystemen die bij stap 2 zijn geselecteerd.

#### **Stap 3.a Toetsen aan toetsingstabel grondwaterstroming**

De Interferentie Tool Gesloten Bodemenergiesystemen (ITGBES, zie stap 4), maakt het mogelijk om onderlinge temperatuureffecten van kleine gesloten bodemenergiesystemen af te leiden, zonder uitvoering van modelmatige berekeningen.

De berekeningen die ten grondslag liggen aan ITGBES zijn uitgevoerd met de zogenaamde eindige lijnbronmethode (Groenholland, 2020), waarbij warmtetransport alleen plaatsvindt door geleiding, en niet door grondwaterstroming.

Op basis van aanvullende modelberekeningen (Groenholland, 2022) is gevalideerd bij welke grondwaterstromingssnelheden ITGBES een voldoende betrouwbare inschatting van de temperatuureffecten geeft. De uitkomsten van deze studie zijn verwerkt in tabel 1, de toetsingstabel grondwaterstroming, aan de hand waarvan de bruikbaarheid van ITGBES bij diverse grondwaterstromingssnelheden, aantallen systemen en grootte van de systemen kan worden bepaald.

---

<sup>2</sup> De inventarisatie van systemen bij stap 1 en 2 kan gecombineerd worden uitgevoerd.

**Tabel 1.** Toetsingstabel grondwaterstroming: Bruikbaarheid ITGBES bij diverse grondwaterstromingsnelheden, aantallen systemen en grootte van de systemen.

Gemiddeld energieprofiel van de bij de interferentietoets betrokken systemen		Darcy grondwaterstromingsnelheid (m/j)							
Netto energie-onttrekking aan de bodem (kWh/m/j)	Energiebalans (%) *								
		<1	≥1 & <2,5	≥2,5 & <4	≥4 & <6	≥6 & <9	≥9 & <13	≥13 & <18	≥18
≥160	<15		3	4	6	8	10	15	
	≥15 & <40		4	6	8	10	15		
	≥40 & <60		6	8	11	15			
	≥60		9	12	19				
≥80 & <160	<15		6	9	12	15			
	≥15 & <40		9	12	17				
	≥40 & <60		11	16					
	≥60								
≥40 & <80	<15		13	18					
	≥15 & <40		18						
	≥40								
<40	≥0								

Toelichting tabel 1:

\* Energiebalans = de verhouding tussen jaarlijkse warmtetoevoer naar de bodem en jaarlijkse warmteonttrekking aan de bodem (maal 100 %), gemiddeld over alle systemen in de effectenstudie.

\*\* De getallen in de gekleurde cellen geven de maximale hoeveelheid systemen weer, waarmee een berekening met een bepaald energieprofiel bij een bepaalde mate van grondwaterstroming nog uitgevoerd mag worden met de ITGBES-rekentool. Kleurcodes:

Groen: ITGBES kan altijd worden toegepast.

Geel: ITGBES kan worden toegepast voor 10 – 19 kleine gesloten bodemenergiesystemen, zie voor het maximale aantal systemen het getal in de betreffende cel van de tabel.

Rood: ITGBES kan worden toegepast voor 3 – 9 kleine gesloten bodemenergiesystemen, zie voor het maximale aantal systemen het getal in de betreffende cel van de tabel.

De informatie die een initiatiefnemer moet verzamelen om de toetsingstabel, en daarmee ITGBES, te kunnen gebruiken is:

- Het aantal systemen in de beoordeling van negatieve interferentie.
- Het gemiddelde energieprofiel (energieonttrekking (kWh/m/j) en energiebalans (%)) bepaald o.b.v. van alle systemen in de berekening.
- Wanneer het aantal systemen in de beoordeling groter is dan het aantal systemen genoemd in de kolom met Darcy 1 – 2,5 m - bij het gemiddelde energieprofiel, bepaald o.b.v. alle systemen in de berekening - wordt de Darcy grondwaterstromingsnelheid bepaald. Bijlage 2.4 beschrijft een procedure waarmee deze bepaling uitgevoerd kan worden.

Indien uit deze beoordeling van effecten van grondwaterstroming blijkt dat ITGBES niet direct toegepast kan worden, zijn er twee mogelijke vervolgstappen:

1. Beoordeel de ligging van de systemen in samenhang met de grondwater-

stromingsrichting en beoordeel of gemotiveerd afgeweken kan worden van Tabel 1 en ITGBES toch kan worden toegepast (Bijlage 2.5 geeft een voorbeeld).

2. Indien uit voorgaande stap blijkt dat ITGBES niet kan worden toegepast, dan moeten de effecten met behulp van een hydro-thermisch model (zoals FEFLOW) bepaald worden.

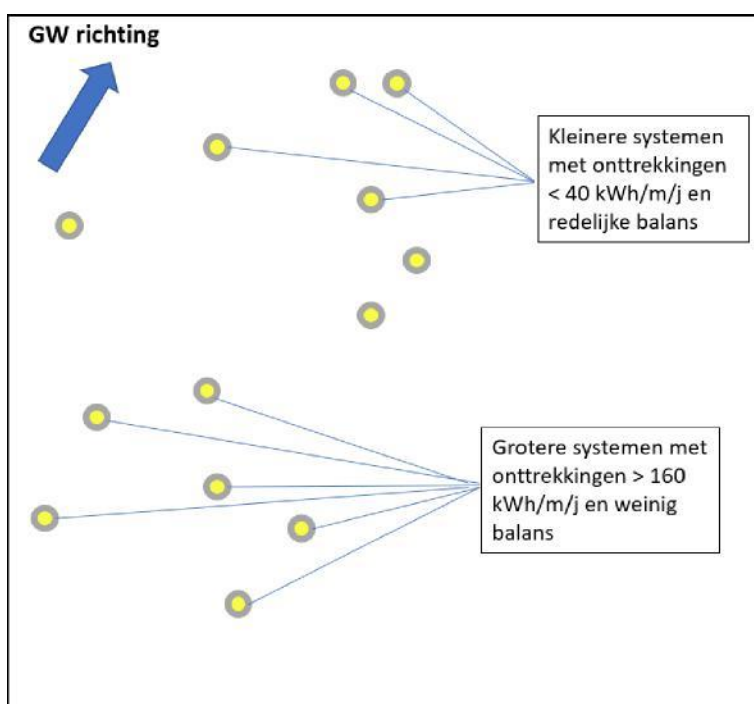
### DISCLAIMER

Met de toetsingstabel voor grondwaterstroming (tabel 1) kan op relatief eenvoudige wijze getoetst worden of de rekentool ITGBES toegepast mag worden. Uitgangspunt daarbij is dat ITGBES een conservatieve (worst case) schatting van temperatureffecten geeft. De aannames die bij de modelberekeningen (Groenholland, 2022) zijn gedaan om de invloed van grondwaterstroming te berekenen, introduceren echter mogelijke afwijkingen. Situaties waarbij bij toepassing van de toetsingstabel de in ITGBES optredende 'extra' effecten door de aanwezigheid van grondwaterstroming worden onderschat, zullen niet vaak voorkomen (globale schatting, maximaal 5% van de situaties), maar zijn door een aantal van de toegepaste vereenvoudigingen in de methodiek niet uit te sluiten.

Een 'foute beslissing' zou bijvoorbeeld kunnen ontstaan in een situatie waarin er grote variatie is in de energieprofielen, waarbij de systemen met een kleinere energievraag (nieuwere woningen) overwegend stroomafwaarts gelegen zijn (Figuur 2.2). Het kan dan voorkomen dat - door uit te gaan van het 'gemiddelde energieprofiel' bij de beoordeling of ITGBES bruikbaar is (tabel 1) - de negatieve effecten door de stroomopwaarts gelegen grotere systemen worden onderschat, terwijl positieve effecten van de grondwaterstroming op de kleinere systemen worden overschat. ITGBES zal in dat geval geen veilige (conservatieve) schatting van negatieve temperatureffecten geven.

Gebruikers van ITGBES en de toetstabel grondwaterstroming dienen per project altijd af te wegen of de specifieke situatie gebruik van de toetstabel grondwaterstroming en ITGBES toestaat.

**Figuur 2.2.** Schematisch voorbeeld van ruimtelijke indeling GBES, waarbij het totale aantal systemen kleiner is dan het maximale aantal in de toetsingstabel (tabel 1) voor deze situatie, maar waarbij enkele systemen mogelijk alsnog een te groot negatief temperatureffect zouden kunnen ondervinden.



### Stap 3.b Toetsen aan criteria ten aanzien van de geselecteerde systemen

De cumulatieve temperatuureffecten tussen kleine gesloten bodemenergiesystemen kunnen berekend worden met ITGBES als voldaan wordt aan de volgende criteria:

1. Het aantal bij stap 2 geselecteerde kleine systemen, inclusief het te melden systeem of de te melden systemen, is maximaal 20.
2. De specifieke warmteonttrekking van het nieuw geplande systeem en alle bij stap 2 geselecteerde inventariseerde systemen is ten hoogste 240 kWh/m/j.
3. Ieder individueel klein systeem heeft ten hoogste 6 bodemwarmtewisselaars.
4. De einddiepte van de bodemwarmtewisselaars is tenminste 20 meter en niet dieper dan 500 meter.
5. Warmtegeleidingscoëfficiënt bodem tussen 1,5 en 2,5 W/mK.
6. Afstand tussen de systemen niet kleiner dan 5 meter en niet groter dan 140 meter.

Voor de toetsing aan deze criteria worden de meldingsgegevens van de systemen in de selectie van stap 2 gebruikt.

Als voldaan wordt aan deze zes criteria (waarop ITGBES de invoergegevens controleert) kunnen de cumulatieve temperatuureffecten van de geselecteerde kleine bodemenergiesystemen worden berekend met ITGBES.

Als niet voldaan wordt aan deze criteria wordt vervolgd met stap 5 (modelmatige berekeningen van cumulatieve temperatuureffecten).

#### 2.1.5 Stap 4. Bepalen temperatuureffecten met ITGBES

Als uit de voorgaande stappen blijkt dat in de gegeven situatie de temperatuureffecten bepaald kunnen worden met behulp van ITGBES, de automatische rekentool voor kleine gesloten bodemenergiesystemen, wordt deze tool toegepast conform de ['Handreiking ITGBES: Interferentietool Gesloten Bodemenergiesystemen'](#) van SIKB. Daarbij wordt de actuele versie van ITGBES gebruikt, zoals beschikbaar gesteld op de website van SIKB.

Hiertoe worden de gevraagde gegevens van het nieuw te plaatsen kleine systeem, en van alle kleine systemen die zijn geselecteerd bij stap 2, ingevoerd in ITGBES, op basis waarvan ITGBES de cumulatieve temperatuureffecten bij de ingevoerde systemen berekent.

#### Interferentietoets

In elke situatie geldt dat de totale temperatuurverlaging bij geen van de bij de interferentietoets te betrekken systemen meer dan 1,5°C mag bedragen.

Als uit de berekening met ITGBES blijkt dat bij een van de bij de interferentietoets te betrekken systemen de temperatuurverlaging groter is dan 1,5°C, is in principe sprake van negatieve interferentie. Een grotere temperatuurverlaging kan aanvaardbaar zijn, mits de aanvrager/melder aantoont dat dit geen nadelige gevolgen heeft voor het doelmatig functioneren van de systemen. De wijze waarop de melder/aanvrager dit kan aantonen, is beschreven in § 2.3.

Een andere mogelijkheid is om door wijziging van het ontwerp van het geplande systeem (bijvoorbeeld met meer regeneratie m.b.v. een zonnecollector of met een grotere lengte van de bodemwarmtewisselaar(s), waardoor de specifieke warmteonttrekking kan worden verlaagd) negatieve interferentie mogelijk worden voorkomen. In dat geval dient op basis van het bijgestelde ontwerp opnieuw de interferentietoets uitgevoerd te worden.

### 2.1.6 Stap 5. Modelmatige berekening van temperatuureffecten

Als uit stap 1 t/m 3 blijkt dat ITGBES niet toepasbaar is, of als de ontwerper om andere redenen geen gebruik maakt van ITGBES, worden de temperatuureffecten modelmatig berekend met een geavanceerd programma voor berekening van warmtetransport in de ondergrond. Daarmee worden de cumulatieve temperatuureffecten bij de bij de interferentietoets betrokken gesloten bodemenergiesystemen berekend.

Bruikbare programma's zijn onder andere Feflow, HST3D, Modflow/SEAWAT en Tough, ITGBES-PRO en MLU. De modelmatige berekening van thermische effecten moet uitgevoerd zijn volgens eis 1b.8 van protocol 11001.

Met deze modellen moet, om onderlinge interferentie te bepalen, voor alle te beoordelen systemen het temperatuureffect van de omliggende systemen worden bepaald, zonder dat daarbij de effecten van het te beoordelen systeem zelf worden 'meegerekend'. Om de interferentie op die wijze met geavanceerde methoden te berekenen moet telkens één van de systemen worden 'aangezet', om vervolgens het temperatuureffect op de posities van de omliggende systemen te bepalen. Dit wordt voor alle systemen herhaald, waarna de effecten per systeem gesommeerd kunnen worden.

Ontwerp-programma's voor bodemenergiesystemen, zoals EED (Earth Energy Designer), Ghlepro, DST en SBM, zijn niet bruikbaar voor het berekenen van interferentie tussen bodemenergiesystemen. Deze ontwerp-programma's gaan uit van een systeem waarbij alle individuele bodemwarmtewisselaars onderdeel zijn van één hydraulisch circuit (collectief systeem). Met deze ontwerp-programma's is het niet mogelijk om de temperatuurinvloed tussen bodemwarmtewisselaars te berekenen voor situaties waarin:

- de energievraag van de objecten die met individuele gesloten systemen worden uitgerust verschilt;
- de lengte, opstelling of tussenafstand van de individuele bodemwarmtewisselaars van de betrokken systemen van elkaar verschillen;
- er een verschil in bodemtemperatuur ontstaat door verschillende systemen in een veld. Doordat systemen in het centrum van een veld door meer buursystemen beïnvloed worden dan de systemen aan de rand, treedt een verschil in temperatuur op. De ontwerp-programma's voor bodemenergiesystemen rekenen echter voor alle systemen met dezelfde bodemtemperatuur.

#### Interferentietoets

In elke situatie geldt dat de totale temperatuurverlaging bij geen van de bij de interferentietoets te betrekken systemen meer dan 1,5°C mag bedragen.

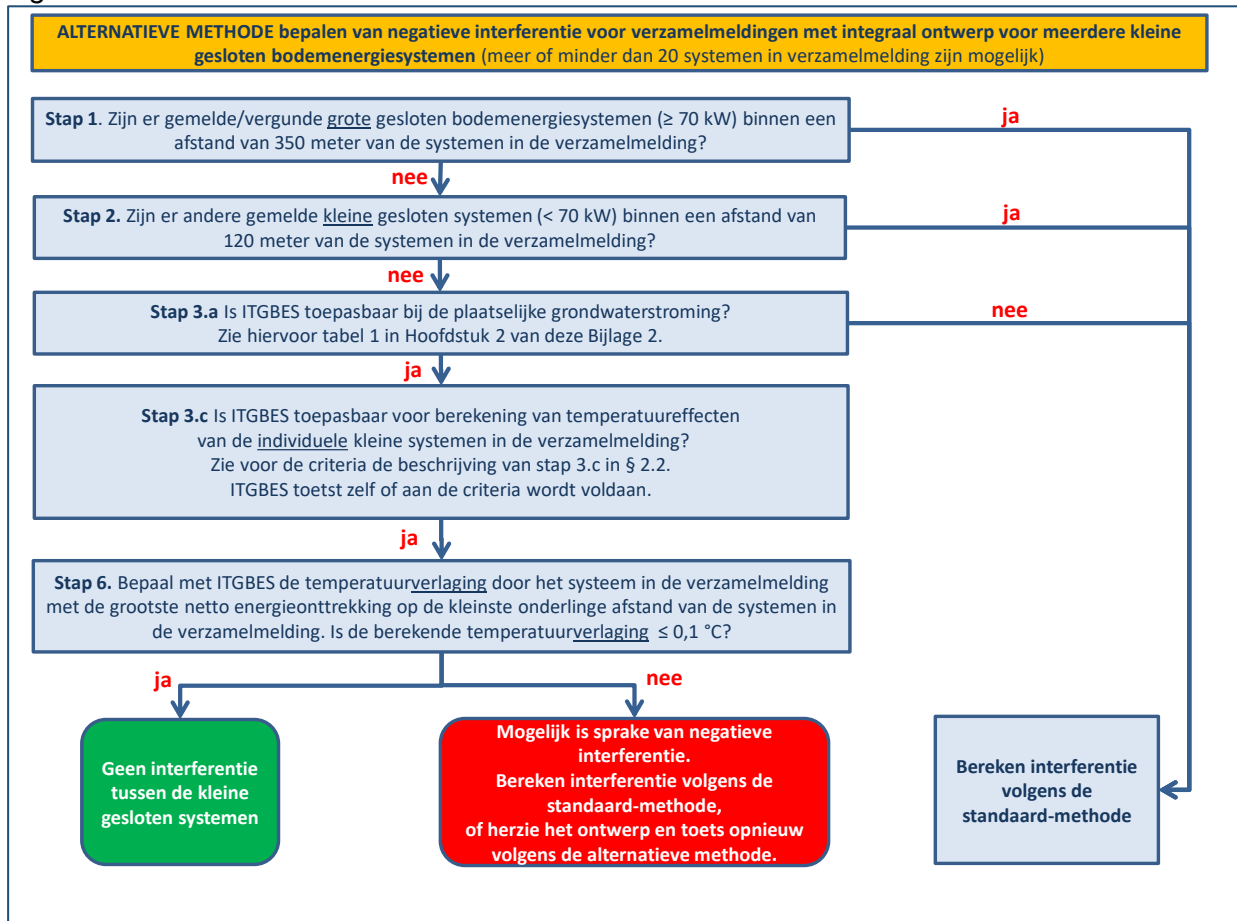
Als uit de berekening met ITGBES blijkt dat bij een van de bij de interferentietoets te betrekken systemen de temperatuurverlaging groter is dan 1,5°C, is in principe sprake van negatieve interferentie. Een grotere temperatuurverlaging kan aanvaardbaar zijn, mits de aanvrager/melder aantoont dat dit geen nadelige gevolgen heeft voor het doelmatig functioneren van de systemen. De wijze waarop de melder/aanvrager dit kan aantonen, is beschreven in § 2.3.

Een andere mogelijkheid is dat door wijziging van het ontwerp van het geplande systeem of de geplande systemen (bijvoorbeeld meer regeneratie met zonnecollectoren en/of door vergroten van de einddiepte(s), waardoor de specifieke netto warmteonttrekking wordt verlaagd) negatieve interferentie mogelijk worden voorkomen. In dat geval dient op basis van het bijgestelde ontwerp opnieuw de interferentietoets uitgevoerd te worden.

## 2.2 Alternatieve methode voor verzamelmeldingen van kleine gesloten systemen met integraal ontwerp en grote mate van energiebalans

Figuur 2.2 geeft het beslisschema voor de alternatieve methode.

Figuur 2.2. Beslisschema alternatieve methode.



### Stap 1, 2 en 3.a

Doorloop eerst stap 1, 2 en 3.a van de standaardmethode (§ 2.1).

De alternatieve methode kan worden uitgevoerd indien voldaan wordt aan de volgende criteria:

- binnen een afstand van 120 meter van de nieuw geplande kleine systemen in de melding zijn geen andere gemelde kleine systemen (< 70 kW) gelegen (op basis stap 1), én
- binnen een afstand van 350 meter van de nieuw geplande kleine systemen in de melding zijn geen gemelde of vergunde grote systemen (≥ 70 kW) gelegen (op basis van stap 2).
- de plaatselijke grondwaterstromingssnelheid is niet hoger dan de waarden van tabel 1 in § 2.1 (op basis stap 3.a).

Als niet aan deze criteria wordt voldaan, moeten de onderlinge temperatureffecten volgens de standaardmethode berekend worden.

### Stap 3.c Toetsen aan criteria ten aanzien van de systemen in de verzamelmelding

De temperatureffecten tussen de kleine gesloten bodemenergiesystemen in de verzamelmelding kunnen berekend worden met behulp van ITGBES als voldaan wordt aan de volgende criteria:

1. De specifieke warmteonttrekking van de nieuw geplande systemen in de verzamel melding is ten hoogste 240 kWh/m/j.
2. Ieder individueel klein systeem in de verzamel melding heeft ten hoogste 6 bodemwarmtewisselaars.
3. De einddiepte van de bodemwarmtewisselaars in de verzamel melding is tenminste 20 meter en niet dieper dan 500 meter.
4. Warmtegeleidingscoëfficiënt bodem tussen 1,5 en 2,5 W/mK.
5. De afstand tussen de systemen in de verzamel melding is niet kleiner dan 5 meter en niet groter dan 140 meter.

Als aan voorgenoemde criteria wordt voldaan, kan voor projecten – ook met meer dan 20 kleine gesloten bodemenergiesystemen (eventueel met verschillende kenmerken: bodemzijdig vermogen, aantal en diepte van de bodemwarmtewisselaars, specifieke warmteonttrekking) – via stap 6 worden getoetst of sprake is van negatieve interferentie.

Als niet aan deze criteria wordt voldaan, dienen de onderlinge temperatuureffecten modelmatig berekend te worden (stap 5 van de standaard-methode).

### **2.1.6 Stap 6: Is de temperatuurverlaging van alle individuele systemen in de verzamel melding op de nabijgelegen systemen in de melding $\leq 0,1$ °C?**

Voor stap 6 doorloopt men de volgende stappen:

- 1) Selecteer het systeem met de grootste netto energieonttrekking van de verzamel melding.
- 2) Bepaal voor dit systeem met ITGBES het temperatuureffect op de kleinste onderlinge afstand van alle systemen in de verzamel melding. Daarbij wordt de actuele versie van ITGBES gebruikt, zoals beschikbaar gesteld op de website van SIKB. Voer daarvoor 2 systemen in in ITGBES: het systeem met de grootste netto specifieke warmteonttrekking, en een fictief systeem met zodanige coördinaten dat het op de kleinste onderlinge afstand van het eerst ingevoerde systeem is gesitueerd.
- 3) Op basis hiervan wordt de volgende toets uitgevoerd:
  - Is de temperatuurverlaging door het systeem met de grootste netto energieonttrekking op (het fictieve systeem op) de kleinste onderlinge afstand van alle systemen in de melding  $\leq 0,1$  °C? Dan is er geen sprake van negatieve interferentie tussen de systemen in de melding.
  - Is de temperatuurverlaging door het systeem met de grootste netto energieonttrekking op (het fictieve systeem op) de kleinste onderlinge afstand van alle systemen in de melding  $> 0,1$  °C?  
Dan is er mogelijk sprake van negatieve interferentie.  
Overwogen kan worden om de temperatuureffecten bij alle systemen in de verzamel melding te berekenen volgens de standaardmethode in § 2.1. Een andere mogelijkheid is om het integrale ontwerp te herzien en opnieuw de interferentie te bepalen via de alternatieve methode.

### 2.3 Compenseren voor negatieve interferentie in het ontwerp van nieuw te plaatsen systemen

Door in het ontwerp te kiezen voor extra lengte van de bodemwarmtewisselaar(s) van het/de syste(e)m(en) in de melding, kan gecompenseerd worden voor negatieve interferentie.

Er is sprake van compensatie voor negatieve interferentie in het ontwerp van systemen in een melding, als uit de ontwerpberekening blijkt dat de systemen in de melding - ondanks dat de berekende temperatuurverlaging bij de systemen in de melding meer dan 1,5°C bedraagt t.g.v. eerder gemelde systemen en/of andere systemen in de clustermelding - toch het door de ontwerper gegarandeerde rendement (spf) realiseren.

De wijze waarop compensatie voor negatieve interferentie in het ontwerp kan worden gerealiseerd en onderbouwd is hieronder beschreven voor twee voorbeeldsituaties:

- **Voorbeeldsituatie 1:** Voornemen tot bijplaatsing van één klein gesloten bodemenergiesysteem; de gemelde gesloten bodemenergiesystemen in de omgeving verlagen de bodemtemperatuur ter plaatse van het nieuw te plaatsen systeem met meer dan 1,5°C; bij alle gemelde systemen in de omgeving is de temperatuurverlaging bij plaatsing van het nieuwe systeem door interferentie kleiner dan 1,5 °C.
- **Voorbeeldsituatie 2:** Voornemen tot plaatsing van meerdere kleine gesloten bodemenergie-systemen met overeenkomstige kenmerken op basis van een integraal ontwerp; uit de standaard-methode blijkt dat bij een deel van de systemen in de verzamelmelding de cumulatieve temperatuurverlaging door de andere systemen in het ontwerp groter is dan 1,5°C; bij alle (eerder gemelde) systemen in de omgeving is de cumulatieve temperatuurverlaging kleiner dan 1,5°C.

De gebruikte begrippen zijn hierna toegelicht:

#### Toelichting begrippen

*Integraal ontwerp:* Ontwerp van meerdere nabij elkaar gelegen individuele kleine gesloten bodemenergiesystemen. Elk systeem heeft een warmtepomp gekoppeld aan (een) individuele bodemwarmtewisselaar(s), waarbij alle individuele bodemwarmtewisselaars tezamen worden ontworpen als één collectief systeem.

*Ontwerp-doeltemperatuur:* De temperatuur die bij het ontwerp als criterium (doel) wordt gebruikt om de benodigde einddiepte van de bodemwarmtewisselaars te berekenen. Meestal is dit de temperatuur waarbij het systeemrendement voor verwarmingsbedrijf gegeven is.

*Temperaturen verwijzen naar de temperatuur in het bodemwarmtewisselaarsysteem (vloeistoftemperatuur) waarmee ontworpen wordt. Dit kan zijn: de gemiddelde vloeistoftemperatuur óf de retourtemperatuur van de vloeistof uit de bodemwarmtewisselaar; de vloeistoftemperatuur onder piekbelasting óf de temperatuur onder basislast. Uitgangspunt is dat dezelfde temperatuur wordt gebruikt als bij het ontwerp.*

**Voorbeeldsituatie 1:** Voornemen tot bijplaatsing van één klein gesloten bodemenergiesysteem; de reeds eerder gemelde gesloten bodemenergiesystemen in de omgeving de verlagen de bodemtemperatuur ter plaatse van het nieuw te plaatsen systeem met meer dan 1,5°C; bij alle eerder gemelde systemen is de temperatuurverlaging door interferentie kleiner dan 1,5°C.



Werkwijze situatie 1:

a. Neem als uitgangspunt de ontwerp-doeltemperatuur van het ontwerp voor het nieuw te plaatsen systeem.

*Voorbeeld: ontwerp-doeltemperatuur nieuw te plaatsen systeem is 2,0°C, bij einddiepte van 130 m-mv.*

b. Bepaal de cumulatieve temperatuurverlaging bij het nieuw te plaatsen systeem door de gesloten systemen in de omgeving.

*Voorbeeld: de met ITGBES berekende temperatuurverlaging bij het nieuw te plaatsen systeem bedraagt 2,7°C.*

c. Bepaal de verhoging van de ontwerp-doeltemperatuur die nodig is ter compensatie van de overschrijding van de maximaal toegestane temperatuurverlaging door interferentie van 1,5°C.

*Voorbeeld: de benodigde verhoging van de ontwerp-doeltemperatuur = verschil in de berekende temperatuurverlaging door interferentie (2,7°C) en de maximaal toegestane temperatuurverlaging door interferentie (1,5°C) = 1,2°C.*

*De ontwerp-doeltemperatuur van het nieuw te plaatsen systeem dient met 1,2°C verhoogd te worden: van 2,0°C naar 3,2°C (originele ontwerp-doeltemperatuur + benodigde verhoging van de ontwerp-doeltemperatuur = 2,0°C + 1,2°C = 3,2°C).*

d. Maak een nieuwe ontwerp-berekening met de op basis van c. verhoogde ontwerp-doeltemperatuur. Bepaal de benodigde einddiepte van het nieuw te plaatsen kleine gesloten bodemenergiesysteem op basis van de verhoogde ontwerp-doeltemperatuur.

*Voorbeeld: De nieuwe ontwerp-berekening met een ontwerp-doeltemperatuur van het nieuw te plaatsen systeem van 3,2°C, resulteert in een ontwerp met een einddiepte van 170 m-mv.*

e. Pas het ontwerp en de melding voor het nieuw te plaatsen kleine bodemenergiesysteem aan conform de voorgaande stappen, en voeg de onderbouwing van de stappen a t/m d bij de melding.

*Voorbeeld: Het nieuwe systeem kan worden geplaatst als de einddiepte minimaal 170 m-mv bedraagt.*

<i>Ontwerp-doeltemperatuur in oorspronkelijke ontwerp met einddiepte 130 m-mv</i>	<i>2,0°C</i>
<i>Met ITGBES berekende temperatuurverlaging bij het nieuw te plaatsen systeem</i>	<i>2,7°C</i>
<i>Maximaal toegestane temperatuurverlaging door interferentie</i>	<i>1,5°C</i>
<i>Benodigde verhoging van de ontwerp-doeltemperatuur</i>	<i>1,2°C</i>
<i>Verhoogde ontwerp-doeltemperatuur van het nieuw te plaatsen systeem waarbij de benodigde einddiepte opnieuw wordt berekend</i>	<i>3,2°C</i>

**Voorbeeldsituatie 2:** Voornemen tot plaatsing van meerdere kleine gesloten bodemenergiesystemen met overeenkomstige kenmerken op basis van een integraal ontwerp; uit de standaard-methode blijkt dat bij een deel van de systemen in de verzamelmelding de cumulatieve temperatuurverlaging door andere systemen in het ontwerp groter is dan 1,5°C; bij alle bestaande en eerder gemelde systemen in de omgeving is de cumulatieve temperatuurverlaging kleiner dan 1,5°C.

Het 'integraal ontwerp' betreft hierbij een basisberekening waarin alle aan te leggen systemen tezamen als collectief worden gesimuleerd in de ontwerpsoftware, om globaal in te schatten welke totale lengte aan bodemwarmtewisselaars nodig is om voor het project op de ontwerpcriteria uit te komen. Dit heeft alleen zin als warmtevragen en beoogde dieptes

enigszins vergelijkbaar zijn. Met 'overeenkomstige kenmerken' wordt daarom bedoeld dat de warmtevragen en de beoogde dieptes van de systemen in het ontwerp wat betreft ordegrootte vergelijkbaar zijn.

Het doel van het integraal ontwerp is dat het cluster van kleine bodemenergiesystemen gelijktijdig wordt ontworpen, waarbij rekening gehouden wordt met onderlinge effecten (middels compensatie). Na uitvoering van de basisberekening volgt verfijning van de individuele ontwerpen.

Onverminderd blijft van kracht dat aangetoond moet worden dat de voorgenomen aanleg van het cluster van nieuwe kleine systemen, niet leidt tot negatieve interferentie met bestaande en gemelde bodemenergiesystemen in de omgeving. **Compensatie voor negatieve interferentie kan niet worden toegepast voor eerder gemelde (bestaande) systemen in de omgeving.**

Bij de melding wordt, als onderdeel van de effectenstudie, de volgende informatie gevoegd:

1. De ontwerp-doeltemperatuur van de gesloten bodemenergiesystemen in de melding.
2. De werkelijke ontwerp-temperatuur bij de definitieve dimensies voor ieder systeem.
3. De temperatuurmarge voor compensatie per systeem voor ieder systeem in de melding. Deze wordt per systeem berekend als het verschil tussen de ontwerpdoeltemperatuur en de werkelijk berekende ontwerp-temperatuur.
4. Bij de interferentieberekening is duidelijk aangegeven:
  - wat de totale temperatuurverlaging is per systeem,
  - wat de temperatuurmarge voor compensatie is per systeem en waar dit uit blijkt (zie 1, 2, 3),
  - wat de resulterende temperatuurverlaging is per systeem na verrekening van de compensatie, en of deze meer of minder dan  $1,5^{\circ}\text{C}$  bedraagt.

Werkwijze situatie 2:

a. Neem als uitgangspunt de berekende einddiepte van de bodemwarmtewisselaars voor het systeem gebaseerd op het integraal ontwerp (waarbij de einddiepte is bepaald op basis van de gewenste ontwerp-doeltemperatuur voor het integraal ontwerp).

*Voorbeeld: de einddiepte voor een individueel systeem is in het totaal-ontwerp berekend op 100 m-mv bij een ontwerp-doeltemperatuur van het totaal-ontwerp  $+5^{\circ}\text{C}$ .*

b. Bepaal met een ontwerpprogramma de minimum-temperatuur van een individueel systeem, met de einddiepte zoals beoogd in het totaal-ontwerp.

*Voorbeeld: met EED wordt een minimum-temperatuur voor het individuele systeem van  $+7^{\circ}\text{C}$  berekend bij einddiepte van 100 m-mv.*

c. Bereken de temperatuur-marge voor dit systeem: dit is het verschil tussen de bij stap b. berekende minimum-temperatuur van het individuele systeem (bij einddiepte uit integraal ontwerp) en de ontwerp-doeltemperatuur uit het integraal ontwerp.

*Voorbeeld: De temperatuurmarge voor dit systeem op basis van het integraal ontwerp is in dit geval  $+2^{\circ}\text{C}$ : het verschil tussen de berekende minimum-temperatuur zonder invloed van nabije systemen berekend onder stap b ( $+7^{\circ}\text{C}$ ) en de ontwerp-doeltemperatuur voor het systeem in het integraal ontwerp ( $+5^{\circ}\text{C}$ ).*

d. Bereken voor alle individuele systemen de som van de temperatuurverandering door interferentie met de nabije systemen en de in stap c berekende temperatuur-marge. Indien bij alle systemen de som van de temperatuurverandering door interferentie en de in stap c berekende temperatuur-marge kleiner of gelijk is aan  $-1,5^{\circ}\text{C}$ , dan is er geen sprake van negatieve interferentie.

Voorbeeld:

*De berekende cumulatieve temperatuurverandering door interferentie bij een individueel systeem in het ontwerp is  $-2,5^{\circ}\text{C}$ .*

*De temperatuur-marge voor het systeem op basis van het integraal ontwerp =  $+2,0^{\circ}\text{C}$ .*

*Berekening per systeem in de melding: De som van de berekende temperatuurverandering door interferentie ( $-2,5^{\circ}\text{C}$ ) en de temperatuur-marge die volgt uit het integraal ontwerp ( $+2,0^{\circ}\text{C}$ ) is  $-0,5^{\circ}\text{C}$ .*

*Conclusie: Het ontwerp compenseert voor het betreffende systeem voldoende voor interferentie, er is geen sprake van negatieve interferentie.*

<i>De temperatuur-marge bij het systeem, volgend uit het integraal ontwerp (i)</i>	<b><math>+2,0^{\circ}\text{C}</math></b>
<i>De berekende cumulatieve temperatuurverlaging door interferentie bij een individueel systeem in het totaal-ontwerp (ii)</i>	<b><math>-2,5^{\circ}\text{C}</math></b>
<i>Som van temperatuur-marge in totaal-ontwerp (i) + berekende temperatuurverandering door interferentie met andere systemen (ii)</i>	<b><math>-0,5^{\circ}\text{C}</math></b>
<b><i>Indien som <math>&lt; -1,5^{\circ}\text{C}</math> is, is sprake van negatieve interferentie; indien som <math>\geq -1,5^{\circ}\text{C}</math> is, is geen sprake van negatieve interferentie.</i></b>	

### 3. LITERATUUR

1. Groenholland Geo-energiesystemen, 2020. ITGBES; Interferentie Tool Gesloten Bodemenergie Systemen, rapport GHNL 180760.
2. Groenholland Geo-energiesystemen, 2022; Interferentie Tool Gesloten Bodemenergiesystemen - Grenswaarden voor grondwaterstroming, rapport GHNL 201080.

## **BIJLAGE 2.2 HANDLEIDING ITGBES; INTERFERENTIE TOOL GESLOTEN BODEMENERGIESYSTEMEN**

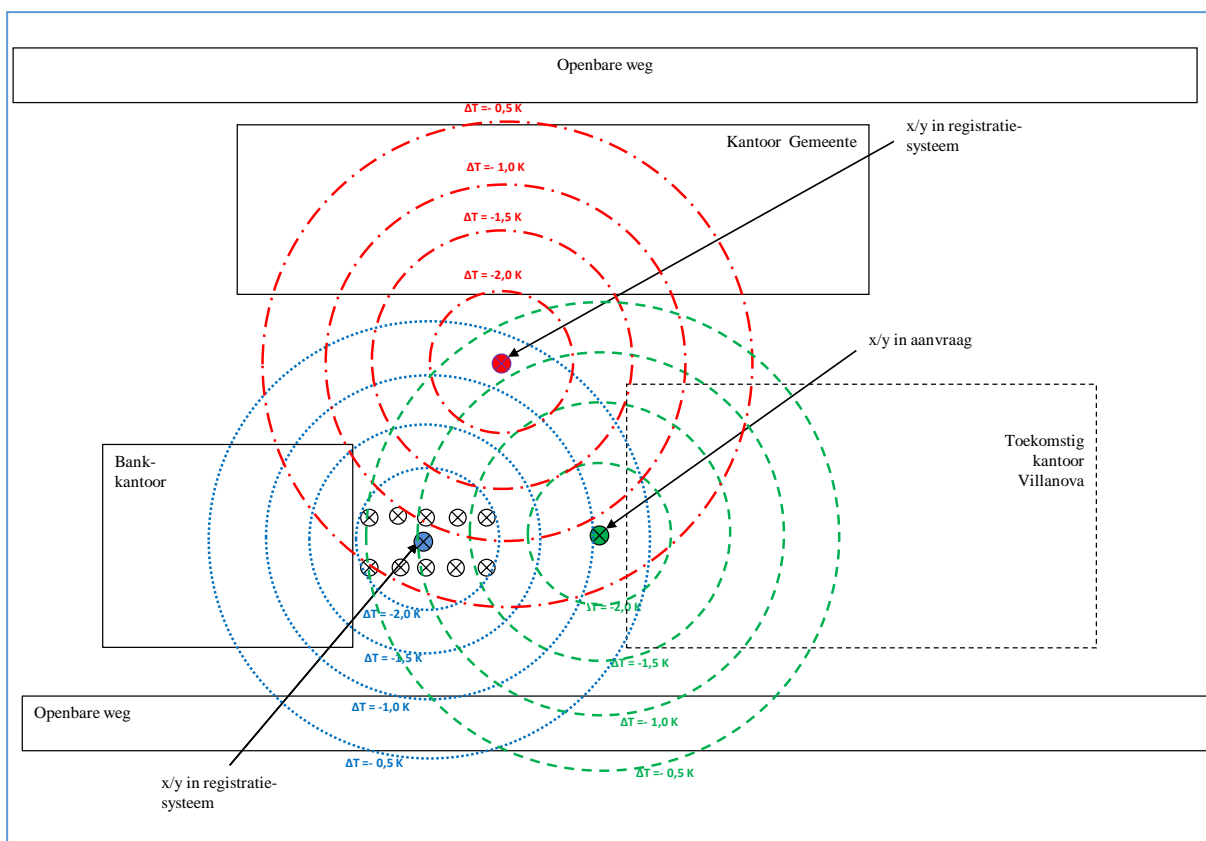
Deze bijlage kunt als apart document [downloaden](#) op de website van SIKB (Via 'Richtlijnen en protocollen', kiezen voor 'Richtlijn 8200 Bevoegd gezag taken bodemenergie' onder de 'Informatieve documenten').

## BIJLAGE 2.3 ILLUSTRATIE TEMPERATUUR-EFFECTEN TUSSEN GESLOTEN BODEMENERGIESYSTEMEN

**Voorbeeldsituatie:** Beoordeling interferentie naar aanleiding van de vergunningaanvraag voor de plaatsing van een gesloten bodemenergiesysteem bij toekomstig kantoor Villanova.

### Situatieschets van systemen in de nabije omgeving:

Binnen 120 meter afstand van het nieuw te plaatsen systeem liggen twee gesloten bodemenergiesystemen: bij het kantoor van de gemeente en bij het kantoor van de bank. De twee bestaande gesloten bodemenergiesystemen voegen jaarlijks een koude-overschot aan de bodem toe. Dit geldt ook voor het geplande gesloten bodemenergiesysteem van Villanova. Omdat het bodemzijdig vermogen van het voorgenumen gesloten bodemenergiesysteem bij het kantoor Villanova hoger is dan 70 kW, zijn de onderlinge temperatuureffecten modelmatig berekend. De uitkomsten daarvan zijn geïllustreerd in onderstaande situatieschets.



### Berekening temperatuureffecten per systeem in situatie vóór aanleg bodemenergiesysteem Villanova:

*Onderlinge effecten van de bestaande gesloten bodemenergiesystemen:*

Verlaging van de bodemtemperatuur bij het bodemenergiesysteem van het bankkantoor:

- De temperatuurverlaging door het GBES bij het kantoor van de gemeente is 0,7°C.

Verlaging van de bodemtemperatuur bij het bodemenergiesysteem van het kantoor van de gemeente:

- De temperatuurverlaging door het GBES bij het bankkantoor is 0,7°C.

*Conclusie:*

De temperatuurverlagingen zijn bij beide GBES kleiner dan 1,5°C. Er is geen sprake van negatieve interferentie.

### Berekening temperatuureffecten per systeem bij aanleg bodemenergiesysteem Villanova:

*Effecten van het geplande systeem op de bestaande gesloten bodemenergiesystemen:*

Effecten op bodemenergiesysteem van Bankkantoor:

- Temperatuurverlaging door GBES van kantoor gemeente: 0,7°C
- Temperatuurverlaging door GBES van toekomstig kantoor Villanova: 1,1°C
- Totale temperatuurverlaging: 1,8°C

Effecten op bodemenergiesysteem van kantoor gemeente:

- Temperatuurverlaging door GBES van Bankkantoor: 0,7°C
- Temperatuurverlaging door toekomstig GBES van kantoor Villanova: 0,8°C
- Totale temperatuurverlaging: 1,5°C

*Effecten op het geplande gesloten bodemenergiesysteem in aanvraag/melding*

Effecten op bodemenergiesysteem van toekomstig kantoor Villanova:

- Temperatuurverlaging door GBES van Bankkantoor: 0,9°C
- Temperatuurverlaging door GBES van kantoor gemeente: 1,1°C
- Totale temperatuurverlaging: 2,0°C

*Conclusie:*

De temperatuurverlaging bij het kantoor van de gemeente ligt op de bovengrens van de norm van 1,5°C.

De temperatuurverlaging bij het bestaande bodemenergiesysteem van het bankkantoor overschrijdt de norm van 1,5°C.

De temperatuurverlaging bij het nieuw te plaatsen bodemenergiesysteem van kantoor Villanova overschrijdt de norm van 1,5°C.

Plaatsing van het bodemenergiesysteem bij kantoor Villanova leidt bij twee van de drie systemen tot overschrijding van het criterium voor maximale temperatuurverlaging met 1,5°C. Het systeem bij kantoor Villanova kan bij het voorliggende ontwerp niet worden geplaatst.

## BIJLAGE 2.4 BEPALEN GRONDWATERSTROMING OP PROJECTLOCATIE

Om te bepalen of de ITGBES-rekentool voor het berekenen van thermische effecten tussen gesloten bodemenergiesystemen gebruikt mag worden, moet eerst worden vastgesteld of de op de locatie aanwezige grondwaterstroming binnen de vastgestelde grenzen valt. Deze grenswaarde (Tabel 1) is gebaseerd op de *Darcy* grondwaterstromingssnelheden, die worden uitgedrukt in meter per jaar (m/j).

Voor het bepalen van de *Darcy* grondwaterstromingssnelheid (in meter per jaar) op een projectlocatie zijn de volgende basisgegevens nodig:

- De lokale grondwatergradiënt (ook wel verhang genoemd), bepaald uit het verschil in stijghoogte tussen twee meetpunten parallel aan de stromingsrichting en de afstand tussen deze twee meetpunten (in meter/meter).
- De horizontale doorlatendheid van het watervoerende pakket (meter/jaar; wordt de doorlatendheid in meter/dag gegeven dan wordt deze met 365 vermenigvuldigd).

De *Darcy* grondwaterstromingssnelheid wordt hieruit bepaald door de grondwatergradiënt te vermenigvuldigen met de doorlatendheid van het pakket:

$$Darcy = \frac{\Delta h}{L} * k * 365$$

Waarbij:

*Darcy* = grondwaterstromingssnelheid [m/jaar]

$\Delta h$  = verschil in stijghoogte tussen twee meetpunten parallel aan de stromingsrichting over de afstand  $L$  [m]

$L$  = afstand tussen de twee meetpunten waarover het stijghoogteverschil is gemeten [m]

$k$  = doorlatendheid van het watervoerende pakket [m/dag]

Wanneer er meerdere watervoerende pakketten aanwezig zijn dan wordt de gemiddelde *Darcy* grondwaterstroming bepaald door het berekenen van het (met dikte van de lagen gewogen) gemiddelde te berekenen over de pakketten.

Het vervolg van deze bijlage licht toe hoe de horizontale doorlatendheid en de stijghoogtegradiënt voor een projectlocatie kunnen worden bepaald.

### Bepalen horizontale doorlatendheid

De meest eenvoudige en toegankelijke manier om de horizontale doorlatendheid van een watervoerende laag te benaderen is door deze voor een projectlocatie uit het REGIS II model af te lezen. Op basis van een database van geologische boringen geeft het REGIS II model geïnterpoleerde geohydrologische parameters voor een locatie. Dit model geeft voor iedere in het model gedefinieerde modellaag (e.g. watervoerend pakket of scheidende laag) die op de projectlocatie in de bodem aanwezig is een bereik van de voorspelde parameters (Figuur II 1).

Het is bij gebruik van deze informatie van belang de doorlatendheid voor de juiste diepte intervallen te verzamelen en te verwerken tot een representatieve (gemiddelde) waarde voor het betreffende watervoerende pakket of dieptetraject.

Samenvatting stappen bepalen horizontale doorlatendheid:

1. Ga naar <https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen>. Selecteer het BRO REGIS II v2.2

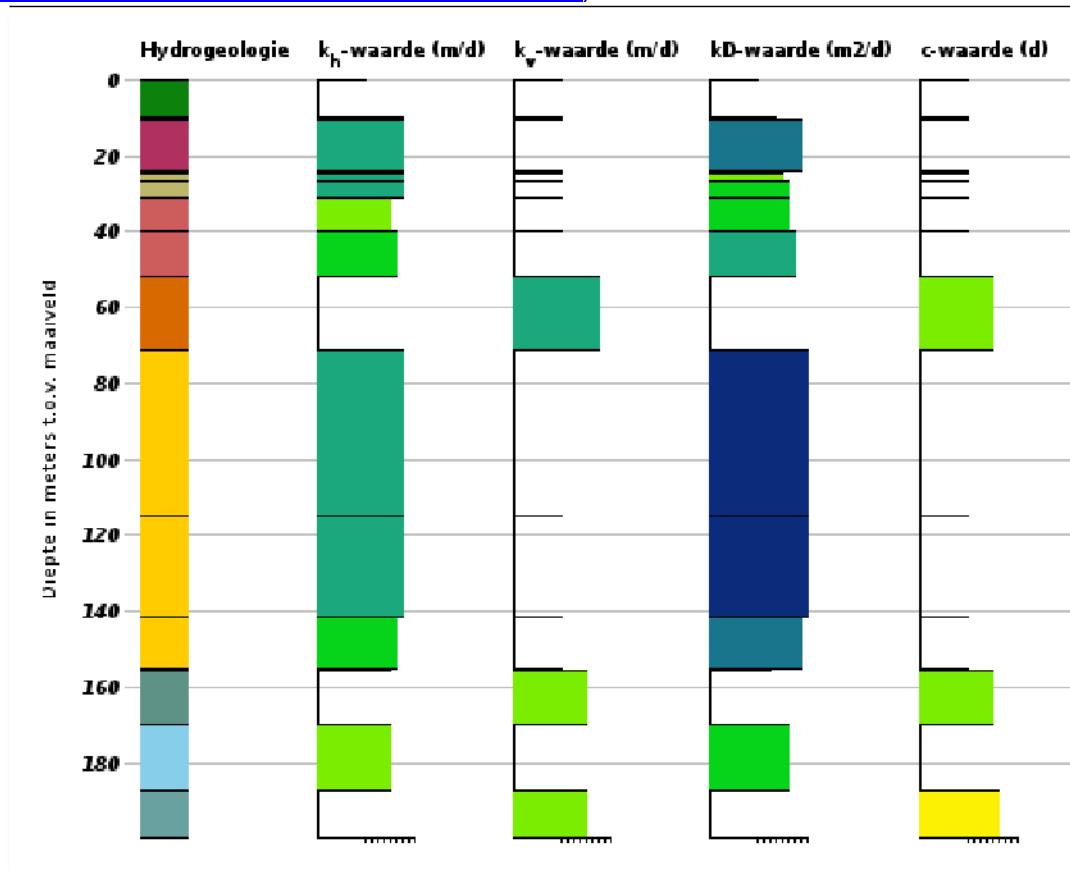


model en maak een appelboorprofiel op de projectlocatie.

Bepaal de gemiddelde einddiepte t.o.v. maaiveld van de te beschouwen systemen (zowel nieuw als al aanwezig), en stel deze in voor het appelboorprofiel.

2. De gebruikersinterface op het Dinoloket geeft een aantal grafieken die betrekking hebben op de eigenschappen van de geologische formaties die in de ondergrond te verwachten zijn op de locatie (zie Figuur 1). De  $k_h$ -waarde (2<sup>e</sup> van links in Figuur 1) is de horizontale doorlatendheid nodig voor het berekenen van de Darcy grondwaterstromingssnelheid. De  $k_h$ - waarden worden gegeven als bereik (e.g. 5 – 10 m/d of 50 – 100 m/d). Ter vereenvoudiging dient van deze intervallen een gemiddelde waarde genomen te worden (e.g. lagen aangeduid als 5 – 10 m/d krijgen 7,5 als  $k_h$ -waarde). Lagen die wit zijn, zijn geclassificeerd als niet-watervoerend of scheidend, hierin treedt geen horizontale grondwaterstroming op.
3. Bepaal het totale percentage zandige (=watervoerend) lagen binnen het traject tot de einddiepte bepaald in stap 2, en bereken een met dikte gewogen gemiddelde voor de  $k_h$ -waarde over al deze watervoerende lagen.

**Figuur 1.** Weergave interface REGIS II v2.2. model (Bron: <https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen>)



**Toelichting figuur 1:** In het REGIS II v2.2. model kunnen geïnterpoleerde geohydrologische parameters voor de ondergrond kunnen worden opgevraagd. De meest linker kolom toont welke stratigrafische eenheden er aanwezig zijn op een locatie. De tweede kolom van links geeft de horizontale doorlatendheid weer.

### Bepalen stijghoogtegradiënt

De stijghoogten van het grondwater kunnen worden bepaald aan de hand van isohypsenbeelden. Dat zijn kaartbeelden waarop de lijnen van gelijke stijghoogten

(isohypsen) van het grondwater staan weergegeven. De gradiënt van de stijghoogte is altijd loodrecht op de isohypsen (lijnen van gelijke stijghoogte).

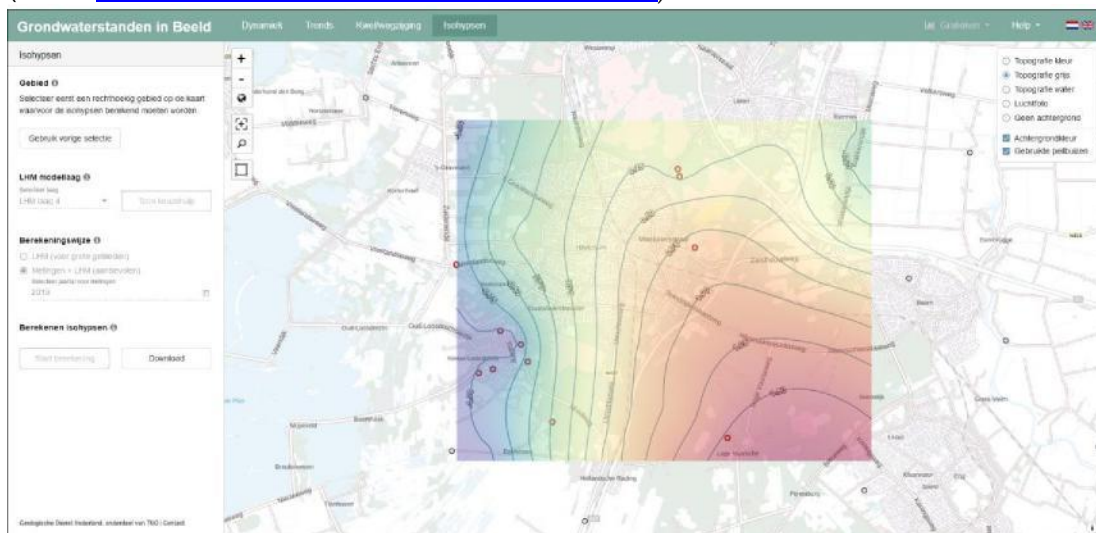
Door de afstand tussen twee isohypsen nabij een projectgebied, loodrecht op de richting van de isohypsen te bepalen, kan een inschatting van de grondwatergradiënt (verhang) op een projectlocatie worden gemaakt.

Omdat de stijghoogtegradiënten kunnen verschillen per watervoerend pakket, is het van belang te bepalen welke formaties uit de geologische bodemopbouw tot welk watervoerend pakket behoren, en vast te stellen welke watervoerende pakketten onderdeel uitmaken van het relevante dieptetraject van de bodemwarmtewisselaars. Vervolgens dient voor ieder watervoerend pakket dat voorkomt binnen het traject (waar mogelijk) een stijghoogtegradiënt te worden bepaald.

Op de website *Grondwatertools* (<https://www.grondwatertools.nl/gwsinbeeld>), kan voor iedere locatie een isohypsenkaart gecreëerd worden voor een bepaald jaar per watervoerend pakket. Zie figuur 2 voor een voorbeeld. De watervoerende pakketten die op deze tool te selecteren zijn komen overeen met de schematisatie van het landelijk lagenmodel van het Nationaal Hydrologisch instrumentarium (NHI). Wanneer een selectie in een bepaald gebied gemaakt is in de isohypsentool, wordt een overzicht (keuzehup) gegeven waarin kan worden afgelezen welke LHM laag bij welke formatie hoort in dat gebied.

Op basis van deze indeling kan voor alle watervoerende pakketten binnen het dieptetraject van de bodemwarmtewisselaars op een projectlocatie de stijghoogtegradiënt berekend worden. Vervolgens dient hiermee, wederom een basis van dikte van de pakketten, het gewogen gemiddelde van de stijghoogtegradiënt bepaald te worden voor het gehele traject.

**Figuur 2.** Weergave interface Isohypsentool. Model waarmee op basis van gemeten stijghoogtes isohypsenpatronen voor een bepaalde locatie kunnen worden gegenereerd. (Bron: <https://www.grondwatertools.nl/gwsinbeeld>)



### Samenvatting stappen bepalen stijghoogtegradiënt:

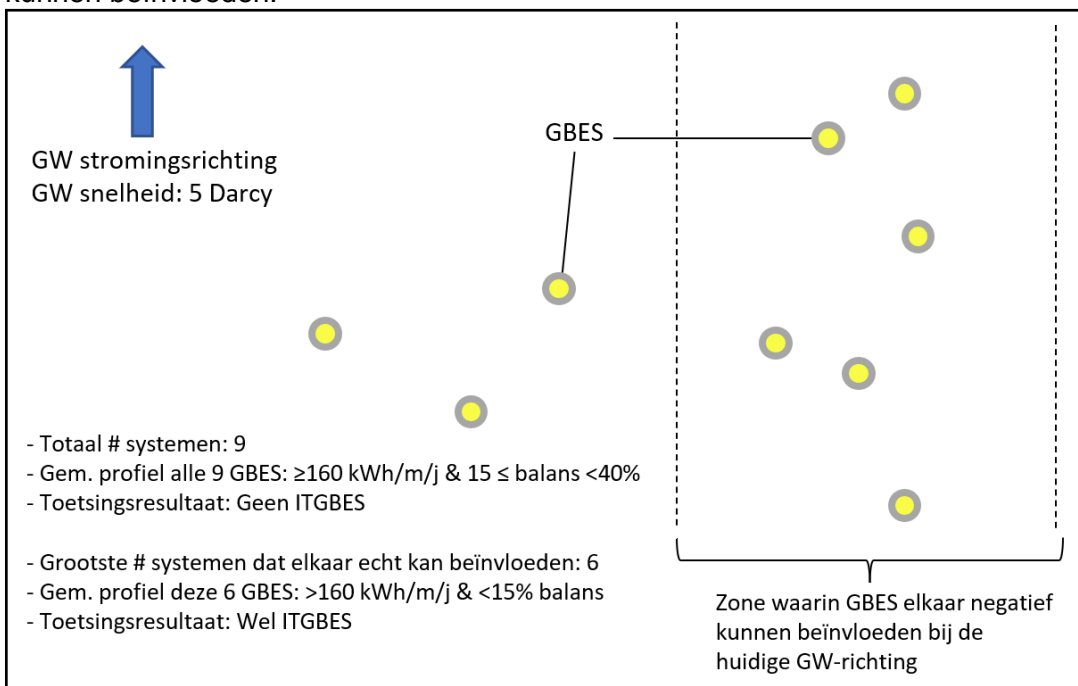
1. Ga naar het kopje 'isohypsen' op <https://www.grondwatertools.nl/gwsinbeeld>. Navigeer op de kaart naar de projectlocatie en bepaal op basis van de keuzehulp op de isohypsentool en de eerder gebruikte geologische indeling o.b.v. het BRO REGIS II v2.2 model, welke watervoerende pakketten er voorkomen op het dieptetraject, en uit welke formaties deze zijn opgebouwd.
2. Gebruik de functie 'selecteer gebied' om een isohypsenkaart te maken voor een watervoerend pakket rondom de locatie. Hierbij dient over het algemeen een wat groter gebied gebruikt te worden (>10 km bij >10 km) om succesvol een isohypsenkaart te kunnen genereren. Kies voor het moment van het isohypsenbeeld een zo recent mogelijke jaar waarop er genoeg data beschikbaar is (grijze punten op de kaart).
3. Wanneer het isohypsenbeeld geladen is (zie Figuur II 2), kan het stijghoogteverschil worden afgelezen. Het stijghoogteverschil wordt afgelezen uit de stijghoogten van de gebruikte lijnen (e.g. -3,0 en -2,0, het verschil is dan 1,0 m in stijghoogte). De stijghoogtegradiënt in (m/m) kan vervolgens berekend worden door het stijghoogteverschil te delen door de horizontale afstand tussen de twee lijnen (bijvoorbeeld 0,5 m over ca. 360 m, geeft een gradiënt van 0,0014 m/m).
4. Stappen 2 en 3 dienen herhaald te worden voor alle bij stap 1 bepaalde aanwezige watervoerende pakketten. Op locaties waar er sprake is van een groot aantal scheidende lagen betekent dit dat er voor 5/6 verschillende lagen een stijghoogtegradiënt bepaald moet worden. Wanneer er sprake is van een gedeeld watervoerend pakket (e.g. gedeeld 2<sup>e</sup> & 3<sup>e</sup> WVP) hoeft maar van één van de LHM-lagen een isohypsenbeeld gegenereerd te worden.
5. Wanneer er voor alle bij stap 1 bepaalde watervoerende pakketten een stijghoogte gradiënt bekend is, wordt op basis van dikte van de pakketten gewogen gemiddelde stijghoogtegradiënt berekend over alle watervoerende lagen.
6. Samen met de gemiddelde doorlatendheid wordt daarmee de gemiddelde Darcy grondwaterstromingssnelheid bepaald over het relevante bodemtraject.

## BIJLAGE 2.5 BEOORDELEN LIGGING SYSTEMEN T.O.V. DE GRONDWATERSTROMINGSRICHTING

Bij het toepassen van Tabel 1 van bijlage 2.1, de toetstabel grenswaarden grondwaterstroming, kan blijken dat ITGBES niet zonder meer toegepast kan worden omdat er mogelijk te grote effecten van grondwaterstroming zijn. Dan is het mogelijk om allereerst te beoordelen hoe de systemen ten opzichte van de grondwaterstromingsrichting gesitueerd zijn. Bijvoorbeeld, wanneer alle systemen loodrecht op de grondwaterstromingsrichting gesitueerd zijn, zijn er geen benedenstrooms gelegen systemen en kan ITGBES toegepast worden.

Als stap voor het uitvoeren van een hydro-thermische modelstudie kan, met behulp van de ruimtelijke indeling van de GBES in kwestie op een locatie, door de initiatiefnemer beargumenteerd worden dat ITGBES alsnog toepasbaar is. Een voorbeeld hiervan is gegeven in Figuur 1.

**Figuur 1.** Schematisch voorbeeld van een ruimtelijke indeling van GBES, waarbij het totale aantal systemen groter is dan het maximale aantal in de toetsingstabel (tabel 1 van bijlage 2.1) voor deze situatie, maar waarbij wel duidelijk is dat niet alle systemen elkaar negatief kunnen beïnvloeden.



Alhoewel er in totaal meer systemen in de berekening zijn meegenomen dan de in de toetsingstabel opgenomen waarde voor het specifieke scenario (gemiddeld energieprofiel  $\geq 160 \text{ kWh/m/j}$  met een energiebalans van 15 – 40% en een grondwaterstromingssnelheid van 4 – 6 Darcy: max aantal systemen 8), is duidelijk dat niet alle systemen elkaar negatief kunnen beïnvloeden. Op basis van een afbeelding waarop de locaties van de systemen en de lokale grondwaterstromingsrichting zijn aangegeven, kan beargumenteerd worden dat er maximaal 6 systemen zijn die elkaar negatief kunnen beïnvloeden. Uitgaand van dat kleinere aantal, en eventueel een nieuw gemiddeld energieprofiel, blijkt dat ITGBES dan wel toepasbaar is.