



Bijlage 2 BUM GBES en HUM GBES

Concept Handreiking – Versie 3.0

Methodie toetsen interferentie tussen kleine gesloten bodemenergiesystemen

Colofon

Status

Het Centraal College van Deskundigen (CCvD) Bodembeheer heeft op 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

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) 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.

© 2022 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.

Inhoudsopgave

1. Inleiding	4
1.1 Doelstelling	4
1.2 Toepassingsgebied van de methode	4
1.3 Uitgangspunt methodiek – maximaal toelaatbaar temperatuureffect.....	5
2. Beschrijving methode	5
2.1 Standaard-methode voor berekenen interferentie	5
2.2 Alternatieve methode voor verzamelmeldingen van kleine gesloten systemen met integraal ontwerp en grote mate van energiebalans	13
2.3 Compenseren voor negatieve interferentie in het ontwerp	15
3. LITERATUUR	19
BIJLAGE 2.2 HANDLEIDING ITGBES; INTERFERENTIE TOOL GESLOTEN BODEMENERGIESYSTEMEN	20
BIJLAGE 2.3 ILLUSTRATIE TEMPERATUUR-EFFECTEN TUSSEN GESLOTEN BODEMENERGIESYSTEMEN	21
BIJLAGE 2.4 BEPALEN GRONDWATERSTROMING OP PROJECTLOCATIE	23
BIJLAGE 2.5 BEOORDELEN LIGGING SYSTEMEN T.O.V. DE GRONDWATERSTROMINGSRICHTING	27

1. Inleiding

De 'Methode toetsen interferentie tussen kleine gesloten bodemenergiesystemen' betreft een bijlage van de BUM Bodemenergie voor gemeentelijke taken (deel 2) en van de HUM Bodemenergie voor gemeentelijke taken (deel 2). Deze documenten zijn te verkrijgen op 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 2.4 van de BUM en HUM Bodemenergie voor gemeentelijke taken (deel 2) is de methode van versie 2.3 en eerdere versies, die gebaseerd was op afleiding van temperatuuffecten met behulp van nomogramman, niet meer bruikbaar.

1.1 Doelstelling

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). Deze bijlage beschrijft hiervoor de methode.

De methode is gebaseerd op het onderzoek 'ITGBES; Interferentie Tool Gesloten Bodemenergie Systemen' (Groenholland Geo-energiesystemen, rapport GHNL 180760, 2019) en aanvullende berekeningen die Groenholland in 2020 heeft uitgevoerd (rapportage GHNL 180760 dd. 13-01-2020).

ITGBES, de rekentool (in excel-format) die behoort bij stap 4 en 6 van de in deze bijlage beschreven methodiek, is verkrijgbaar op www.sikb.nl onder 'Richtlijnen en protocollen', '[Richtlijn 8200 Bevoegd gezag taken Bodemenergie](#)', onder Informatieve documenten.

1.2 Toepassingsgebied van de methode

De methode is geschikt voor berekenen van interferentie tussen kleine gesloten bodemenergiesystemen met een bodemzijdig vermogen kleiner dan 70 kW. De meer specifieke beperkingen aan de methode worden toegelicht bij de beschrijving van de methode in § 2.1 en § 2.2.

De methode is niet van toepassing op interferentie tussen een (gepland) klein gesloten bodemenergiesysteem en een groot gesloten bodemenergiesysteem (bodemzijdig vermogen ≥ 70 kW). Hiervoor is modelmatige berekening van de temperatuurinvloed nodig. De uitkomsten van de modelmatige berekening van de temperatuurinvloed worden gebruikt voor de vergunningaanvraag van het betrokken grote gesloten bodemenergiesysteem, danwel voor de melding van het betrokken kleine gesloten bodemenergiesysteem.

De methode is eveneens niet van toepassing op interferentie tussen een klein gesloten bodemenergiesysteem en een open bodemenergiesysteem. Dit vergt een maatwerkbeoordeling. Zie hiervoor bijlage 5 van de Handreiking gemeentelijke besluiten bodemenergiesystemen (BUM Bodemenergie deel 2), en bijlage 10 van de HUM Bodemenergiesystemen voor gemeentelijke taken (HUM Bodemenergie deel 2).

1.3 Uitgangspunt methodiek – maximaal toelaatbaar temperatureffect

Uitgangspunt van de methodiek is aan Het wettelijke voorschrift is dat het in werking hebben van een gesloten bodemenergiesysteem niet leidt tot zodanige interferentie met een eerder geïnstalleerd bodemenergiesysteem, dat het doelmatig functioneren van een van de desbetreffende systemen kan worden geschaad. Uitgangspunt van de methodiek is dat aan dit voorschrift wordt voldaan als de temperatuurverlaging bij alle beschouwde kleine gesloten bodemenergiesystemen maximaal 1,5°C is.

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 gesloten systemen kan aanvaardbaar zijn, mits de aanvrager aantoont dat dit geen nadelige gevolgen heeft voor het doelmatig functioneren van de systemen. De wijze waarop de aanvrager/melder dit kan doen is beschreven in § 2.3.

2. Beschrijving methode

De standaard-methode is beschreven in § 2.1.

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.

2.1 Standaard-methode voor berekenen interferentie

Beslisschema standaard-methode

Figuur 2.1 toont het beslisschema voor de standaard-methode.

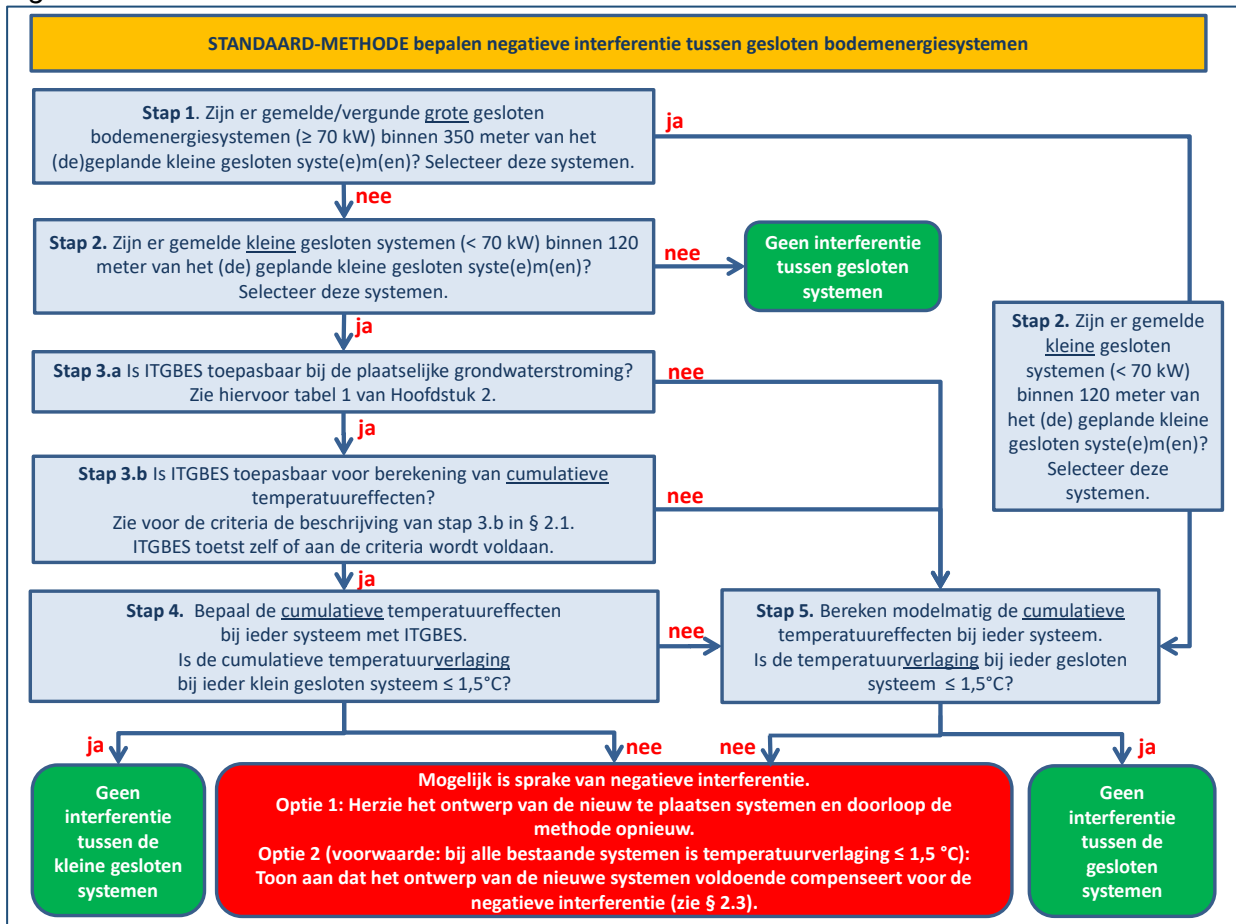
Deze paragraaf geeft een toelichting per stap van de standaard-methode.

Bij de uitvoering van stap 1 en 2 raadpleegt de initiatiefnemer het bevoegd gezag om de systemen in de omgeving te inventariseren.¹

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

¹ De inventarisatie van systemen bij stap 1 en 2 kan gecombineerd worden uitgevoerd.

Figuur 2.1. Beslisschema standaard-methode.



Stap 1. Inventariseren grote gesloten bodemenergiesystemen in de omgeving

In deze stap inventariseert men gemelde en/of vergunde grote gesloten bodemenergiesystemen (bodemzijdig vermogen ≥ 70 kW) binnen een afstand van 350 meter van het nieuw geplande kleine gesloten bodemenergiesysteem.

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.

Stap 2. Selecteren kleine gesloten bodemenergiesystemen 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 afstand van het geplande kleine gesloten bodemenergiesysteem is er geen sprake van '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 geïnventariseerd.

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).

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 criterium voor maximale 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, ~~2019 en~~ 2020), waarbij warmtetransport alleen plaatsvindt door geleiding, en niet door grondwaterstroming. ~~Hierdoor zijn de berekeningen die ten grondslag liggen aan ITGBES niet bruikbaar voor het afleiden van temperatuureffecten voor situaties waar de grondwaterstroming boven een bepaalde grenswaarde ligt.~~

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.

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

Gemiddelde grootte systemen		Darcy grondwaterstromingssnelheid (m/j)							
Netto onttrekking (kwh/m/j)	Balans (%)	<1	≥1 & <2,5	≥2,5 & <4	≥4 & <6	≥6 & <9	≥9 & <13	≥13 & <18	≥18
		≥160	<15		3	4	6	8	10
≥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:

De getallen in de 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.

Rood: ITGBES kan worden toegepast voor 3 – 9 kleine gesloten bodemenergiesystemen.

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 in kWh/m/j + mate van balans), bepaald op basis van alle systemen in de berekening, afgerond naar een van de in de tabel opgenomen categorieën.
- Wanneer het aantal systemen in de beoordeling groter is dan het in de tabel genoemde minimale aantal voor het relevante energiescenario (kolom 1 – 2,5 m Darcy in de tabel) moet de Darcy grondwaterstromingssnelheid bepaald worden. 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:

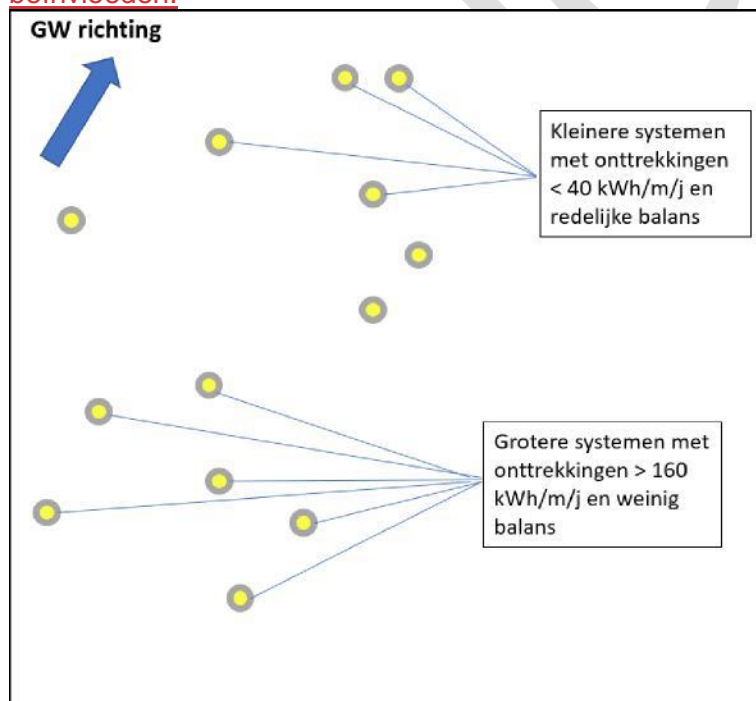
1. Beoordeel de ligging van de systemen in samenhang met de grondwaterstromingsrichting en beoordeel of gemotiveerd afgeweken kan worden van Tabel 1 en ITGBES toch kan worden toegepast (Bijlage 2.5 geeft een voorbeeld).
2. Indien uit voorgaande stap blijkt dat ITGBES niet kan worden toegepast, dan moeten 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 temperatuureffecten 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 verschillende energieprofielen, waarbij de systemen met een kleinere energievraag (nieuwere woningen) overwegend stroomafwaarts gelegen zijn (Figuur 2.2). Het kan dan voorkomen dat het 'gemiddelde energieprofiel' van de berekening de negatieve effecten op afstand veroorzaakt door de stroomopwaarts gelegen grotere systemen onderschat, terwijl positieve effecten op de kleinere systemen worden overschat. ITGBES zal in dat geval geen veilige (conservatieve) schatting van negatieve temperatuureffecten geven. De 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 mogelijke ruimtelijke indeling GBES, waarbij het totale aantal systemen groter is dan het maximale aantal in de toetsingstabel voor deze situatie, maar waarbij wel duidelijk is dat niet alle systemen elkaar negatief kunnen beïnvloeden.



Tabel 1 geeft voor een aantal situaties de Darcy-grondwaterstromingssnelheden² waarboven

²De Darcy-grondwaterstroming is gedefinieerd als het totale volume water dat door een doorsnede van 1 m² in de bodem stroomt, afhankelijk van stijghoogte-gradiënt en hydraulische doorlatendheid. De porositeit van de bodem (waarmee de effectieve

~~ITGBES niet kan worden toegepast.~~

~~Als de grondwaterstroming lager is dan de grenswaarde die volgt uit tabel 1, mag ITGBES worden toegepast. Dit is naar schatting in 70-80% van alle in Nederland voorkomende situaties het geval.~~

~~Als de grondwaterstroming hoger is dan de grenswaarde die volgt uit tabel 1, is ITGBES (stap 4) niet toepasbaar en is stap 5 (modelmatige berekening van temperatureffecten) noodzakelijk om te bepalen of sprake is van interferentie tussen de betrokken kleine gesloten bodemenergiesystemen.~~

CONCEPT

~~grondwaterstromingssnelheid berekend wordt uit de Darcy grondwaterstroming) speelt daarbij geen rol.~~

Tabel 1. Grondwaterstromingssnelheden waarboven ITGBES niet toepasbaar is.

Mate waarin het systeem koude en warmte aan de bodem toevoegt	Percentage lengte van de bodemwarmtewisselaars in watervoerende laag			
	20%	40%	60%	80%
	Darcy-grondwaterstromingssnelheid (in m/jaar) waarboven ITGBES niet toepasbaar is			
In een gemiddeld jaar is de hoeveelheid energie die het systeem aan de bodem onttrekt 75-100% van de totale hoeveelheid energie die het systeem met de bodem uitwisselt.	Nvt	>20	>10	>7
In een gemiddeld jaar is de hoeveelheid energie die het systeem aan de bodem onttrekt 25-75% van de totale hoeveelheid energie die het systeem met de bodem uitwisselt.	Nvt	>33	>20	>15
In een gemiddeld jaar is de hoeveelheid energie die het systeem aan de bodem onttrekt 0-25% van de totale hoeveelheid energie die het systeem met de bodem uitwisselt.	nvt	>50	>32	>27

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).

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 enkele van de beschouwde systemen meer dan 1,5°C mag bedragen.

Als uit de berekening met ITGBES blijkt dat bij een van de beschouwde 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. Ook kan 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), maatregelen waardoor de specifieke warmteonttrekking kan worden verlaagd) negatieve interferentie mogelijk worden voorkomen.

Stap 5. Modelmatige berekening van temperatuureffecten

Als uit stap 1 t/m 4 blijkt dat ITGBES niet toepasbaar is, of als de ontwerper daar om andere redenen voor kiest, worden de temperatuureffecten modelmatig berekend met een geavanceerd programma voor berekening van warmtetransport in de ondergrond. Daarmee worden de temperatuureffecten van meerdere nieuwe (en eventuele bestaande) gesloten bodemenergiesystemen in onderlinge samenhang berekend, ook als de bodemenergiesystemen onderling van elkaar verschillen wat betreft bijvoorbeeld ondergronds vermogen, lengte en opstelling van de bodemwarmtewisselaars. Geëigende programma's zijn onder andere Feflow, HST3D en MLU (waarmee ook eventueel transport door grondwaterstroming berekend kan worden), of de eindige lijnbronmethode (waarmee warmtetransport door geleiding berekend wordt).

Met deze modellen moet, om onderlinge interferentie te bepalen, voor een te beoordelen systeem 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 ontwerpprogramma'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

Het wettelijke voorschrift is dat het in werking hebben van een gesloten bodemenergiesysteem niet leidt tot zodanige interferentie met een eerder geïnstalleerd bodemenergiesysteem, dat het doelmatig functioneren van een van de desbetreffende systemen kan worden geschaad. Uitgangspunt is dat aan dit voorschrift wordt voldaan als de temperatuurverlaging bij alle beschouwde kleine gesloten bodemenergiesystemen maximaal 1,5°C is.

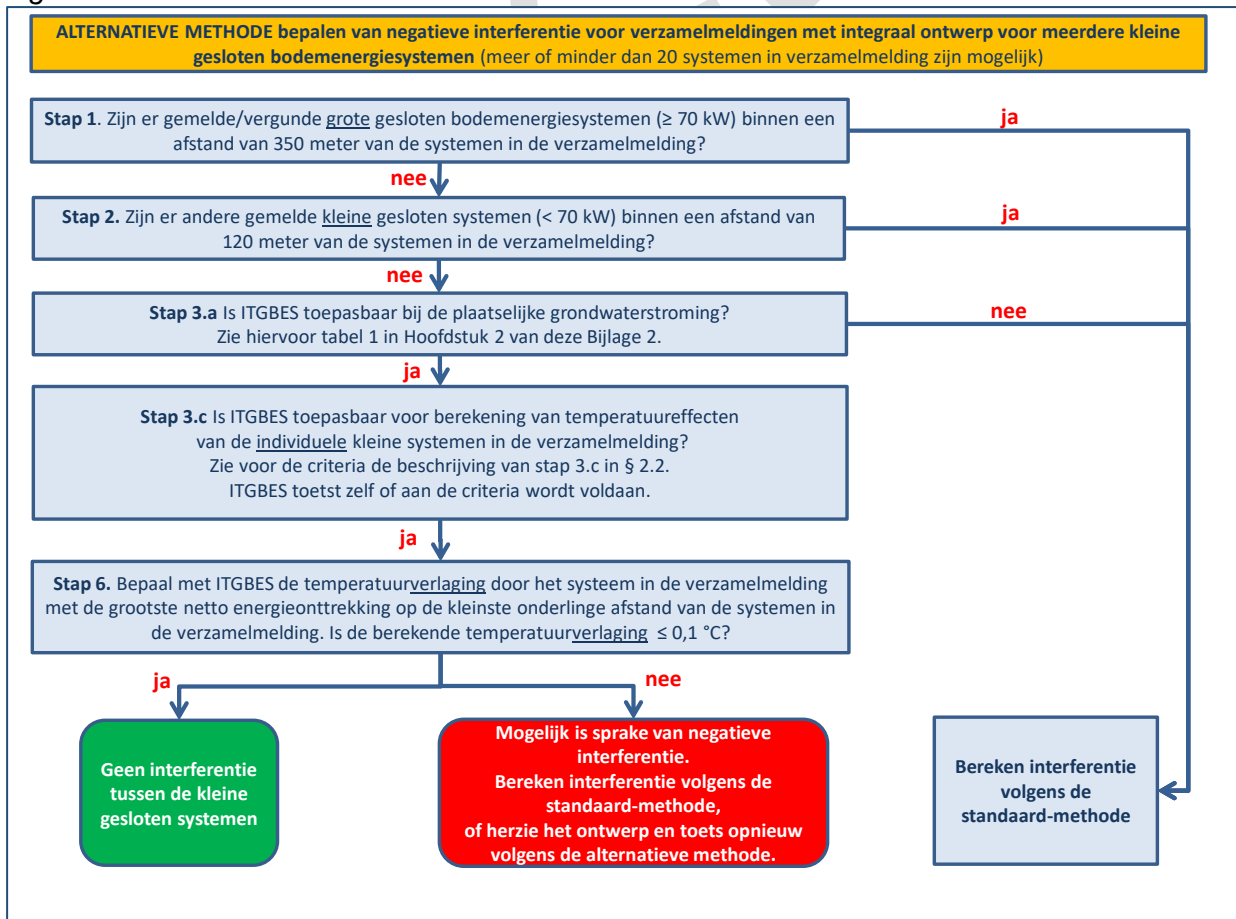
Een grotere temperatuurverlaging bij een gesloten systeem kan aanvaardbaar zijn, mits de aanvrager aantoont dat dit geen nadelige gevolgen heeft voor het doelmatig functioneren van de systemen omdat het ontwerp van het nieuwe systeem of de nieuwe systemen voldoende compenseert voor negatieve interferentie.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

Ook kan 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 3a 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 grondwaterstromingsnelheid 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 temperatuureffecten volgens de standaardmethode berekend worden.

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

De temperatuureffecten 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 verzamelmelding is ten hoogste 240 kWh/m/j.
2. Ieder individueel klein systeem in de verzamelmelding heeft ten hoogste 6 bodemwarmtewisselaars.
3. De einddiepte van de bodemwarmtewisselaars in de verzamelmelding 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 verzamelmelding 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 lussen, specifieke warmte-onttrekking) - via stap 6 worden getoetst of sprake is van interferentie.

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

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

Om dit te bepalen doorloopt men de volgende stappen:

1) Selecteer het systeem met de grootste netto energieonttrekking van de verzamelmelding.

2) Bepaal voor dit systeem met ITGBES het temperatuureffect op de kleinste onderlinge afstand van alle systemen in de verzamelmelding. 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

Er is sprake van compensatie voor negatieve interferentie in het ontwerp als uit de ontwerpberekening blijkt dat de totale lengte van de bodemwarmtewisselaars van het systeem of de systemen voldoende is om, ondanks de berekende temperatuurverlaging door andere systemen van meer dan 1,5°C, toch het door de ontwerper gegarandeerde rendement (spf) te realiseren.

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

- **Situatie 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 bestaande en eerder gemelde systemen is de temperatuurverlaging door interferentie kleiner dan 1,5 °C.
- **Situatie 2:** Voornemen tot plaatsing van meerdere kleine gesloten bodemenergiesystemen met overeenkomstige kenmerken op basis van een integraal ontwerp; geen andere bodemenergiesystemen binnen de zoekstraal van 120 meter; uit de standaardmethode blijkt dat bij een deel van de systemen in de verzamel melding de cumulatieve temperatuurverlaging door de andere systemen in het ontwerp groter is dan 1,5°C; bij alle bestaande en eerder gemelde systemen in de omgeving is de temperatuurverlaging door interferentie kleiner dan 1,5°C.

De gebruikte begrippen zijn hierna toegelicht:

Toelichting begrippen

Integraal Totaal-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 tesamen 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.

Situatie 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 bestaande en 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>

- **Situatie 2:** Voornemen tot plaatsing van meerdere kleine gesloten bodemenergiesystemen met overeenkomstige kenmerken op basis van een integraal ontwerp; ~~geen andere bodemenergiesystemen binnen de zoekstraal van 120 meter~~; 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 $1,5^{\circ}\text{C}$; bij alle bestaande en eerder gemelde systemen in de omgeving is de temperatuurverlaging door interferentie kleiner dan $1,5^{\circ}\text{C}$.

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 bestaande of gemelde 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 temperatuurmarginen 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 temperatuurmarginen 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-totaal-ontwerp (waarbij de einddiepte is bepaald op basis van de gewenste ontwerp-doeltemperatuur voor het totaal-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 totaal ontwerp) en de ontwerp-doeltemperatuur uit het integraal totaal ontwerp.

Voorbeeld: De temperatuur-marge 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 totaal/integraal-ontwerp ($+5^{\circ}\text{C}$).

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

Voorbeeld:

De berekende cumulatieve temperatuurverandering/verlaging 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 $= +2,0^{\circ}\text{C}$; hierbij mag $1,5^{\circ}\text{C}$ worden opgeteld voor de maximaal geaccepteerde temperatuurverlaging: $+3,5^{\circ}\text{C}$.

Berekening per systeem in de melding: De som van de berekende temperatuurverandering door interferentie/verlaging ($-2,5^{\circ}\text{C}$) en is kleiner dan de temperatuur-marge die volgt uit het integraal in het totaal-ontwerp ($+2,0^{\circ}\text{C}$) is vermeerderd met $1,5^{\circ}\text{C}$ ($-3,5^{\circ}\text{C}$).

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

De temperatuur-marge bij het systeem, volgend uit het integraal ontwerp (i)	$+2,0^{\circ}\text{C}$
Toegestane temperatuurverlaging door interferentie (ii)	$1,5^{\circ}\text{C}$
De berekende cumulatieve temperatuurverlaging door interferentie bij een individueel systeem in het totaal-ontwerp (iii)	$-2,5^{\circ}\text{C}$
<u>Som van (i) temperatuur-marge in totaal-ontwerp (i) + (ii) toegelaten temperatuurverlaging door interferentie - (iii) berekende temperatuurverandering/laging door interferentie met andere systemen (ii)</u>	<u>$-0,52-0^{\circ}\text{C}$</u>
<u>Indien som-uitkomst $< -1,50^{\circ}\text{C}$ is, is sprake van negatieve interferentie; indien som-uitkomst $\geq -1,50^{\circ}\text{C}$ is, is geen sprake van negatieve interferentie.</u>	

3. LITERATUUR

1. Groenholland Geo-energiesystemen, 20~~20~~19. ITGBES; Interferentie Tool Gesloten Bodemenergie Systemen, rapport GHNL 180760.
- ~~4.2. Groenholland Geo-energiesystemen, 2022; Interferentie Tool Gesloten Bodemenergiesystemen - Grenswaarden voor grondwaterstroming, rapport GHNL 201080.~~
2. ~~Groenholland Geo-energiesystemen, 2020. ITGBES; Interferentie Tool Gesloten Bodemenergie Systemen, aanvulling rapport GHNL 180760 dd. 13-01-2020.~~

CONCEPT

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').

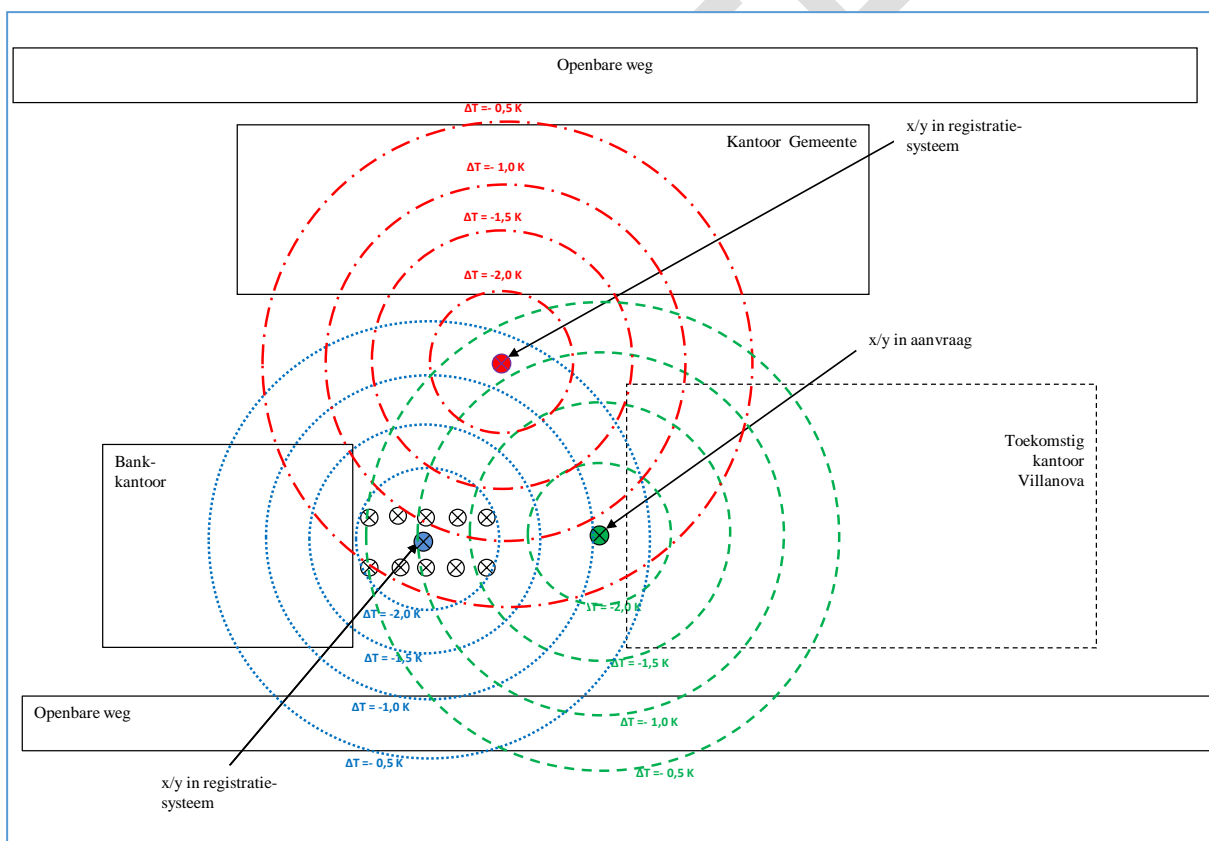
CONCEPT

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 voorgenomen 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 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 GRNDWATERSTROMING 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]

Δh = 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:

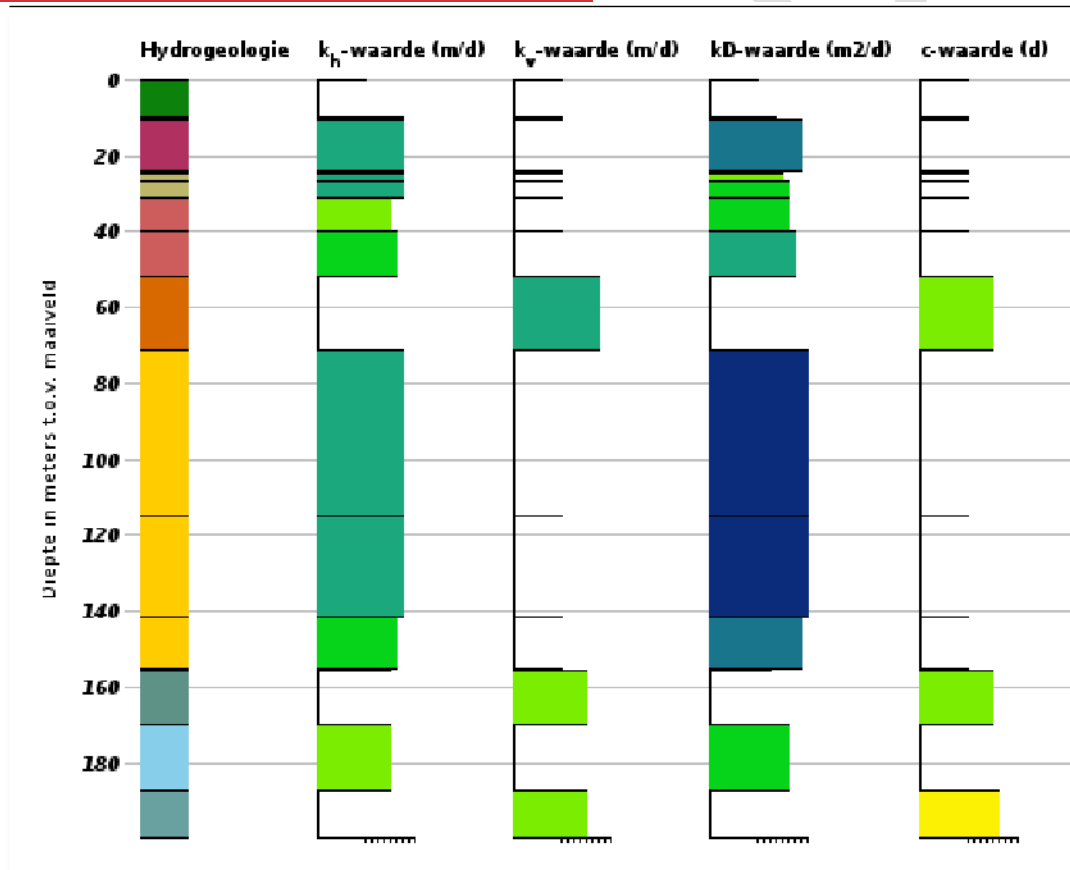
1. Ga naar <https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen>. Selecteer het BRO REGIS II v2.2

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^e 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).

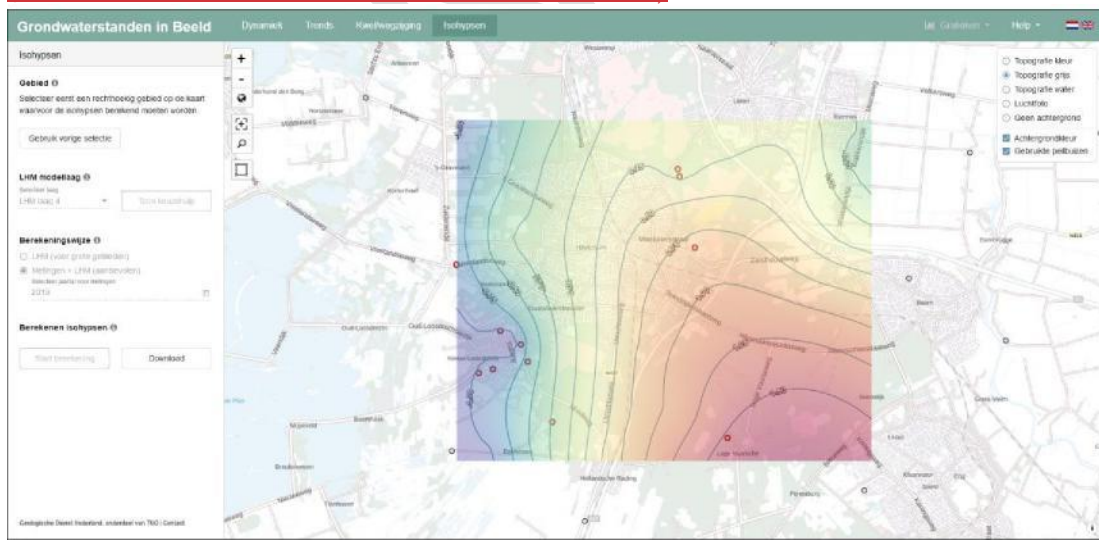
Door de afstand tussen twee isohypsen nabij een projectgebied, loodrecht op de richting van de isohypsen te bepalen, kan een inschatting van de grondwatergradiënt (verhang) op een projectlocatie worden gemaakt.

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

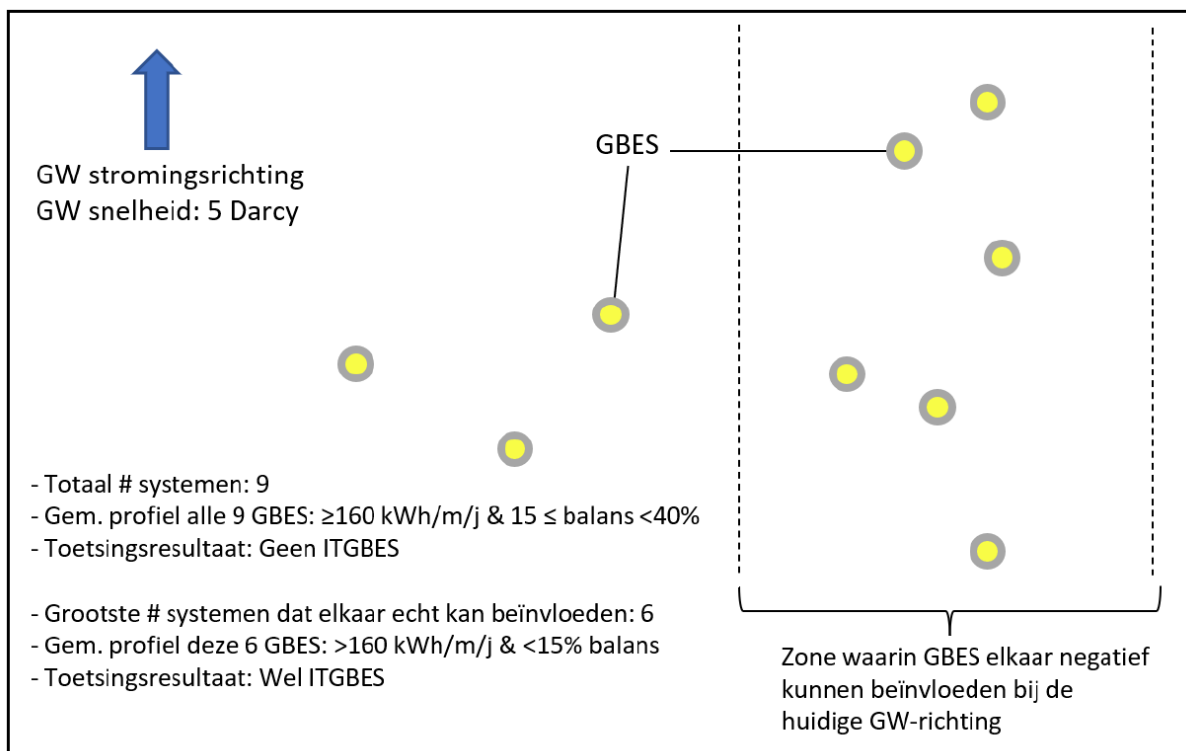
- ishypsentool en de eerder gebruikte geologische indeling o.b.v. het BRO REGIS II v2.2 model, welke watervoerende pakketten er voorkomen op het dieptetraject, en uit welke formaties deze zijn opgebouwd.
2. Gebruik de functie 'selecteer gebied' om een isohypsenkaart te maken voor een watervoerend pakket 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^e & 3^e 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 ruimtelijke indeling GBES, waarbij het totale aantal systemen kleiner is dan het maximale aantal in de toetsingstabel voor deze situatie, maar waarbij enkele systemen mogelijk alsnog een te groot negatief temperatureffect kunnen ondervinden.



Alhoewel er in totaal meer systemen in de berekening zijn meegenomen dan de in de toetsingstabel opgenomen waarde voor het specifieke scenario (gemiddeld energieprofiel ≥ 160 kWh/m/j met 15 – 40% balans 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.