

Effectenstudie **Waterwet**

integraal met aanmeldingnotitie m.e.r.-beoordeling

Onderwerp: Bodemenergie Dykstaete Groningen
Datum: 28 mei 2020
Referentie: 21BB035

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	4
1.1.	Aanleiding	4
1.2.	Initiatiefnemer	4
1.3.	Soort activiteit.....	4
1.4.	Planning	4
1.5.	Motivering van de activiteit	4
2.	Plaats van de activiteit	5
2.1.	Locatiebeschrijving	5
2.2.	Bodemopbouw	6
2.3.	Overzichtstabel locatiekenmerken	7
2.4.	Verontreinigingen	8
2.5.	Grondwatergebruikers.....	8
2.6.	Archeologie en aardkundige waarden	9
3.	Kenmerken van de activiteit	10
3.1.	Principe bodemenergiesysteem	10
3.2.	Aard en omvang van de activiteit	10
3.3.	Aanleg en onderhoud	11
4.	Effecten op het milieu	12
4.1.	Inleiding	12
4.2.	Energiebesparing en emissiereductie	12
4.3.	Hydrologische effecten	12
4.4.	Hydrothermische effecten	12
4.5.	Zettingen.....	12
4.6.	Geluid.....	13
4.7.	Invloed op de waterkwaliteit	13
4.8.	Invloed op andere grondwatergebruikers	13
4.9.	Invloed op natuur	13
4.10.	Invloed op archeologie.....	13
4.11.	Invloed op gebouwen en infrastructuur	14
4.12.	Lozingswater	14
4.13.	Cumulatie van effecten.....	14
4.14.	Conclusie.....	14
	Bijlagen.....	15
	Bijlage 1: Geohydrologische effecten	16
	Schematisatie.....	16
	Berekeningsresultaten	17

Bijlage 2: Hydrothermische effecten	20
Schematisatie	20
Resultaten van de thermische berekeningen	20
Bijlage 3: Zettingen	23
Conclusie	23

1. Inleiding

1.1. Aanleiding

Aan de Friesestraatweg 231 in Groningen wordt een appartementencomplex gebouwd. Voor de klimatisering van het complex wordt een open bodemenergiesysteem voorzien.

Vergunning Waterwet

Voor het exploiteren van een bodemenergiesysteem is een passende vergunning benodigd in het kader van de Waterwet. Voor u ligt de effectenstudie voor het bodemenergiesysteem Dykstaete. Deze studie dient als bijlage bij de vergunningaanvraag in het kader van de Waterwet. In deze studie worden de effecten van het bodemenergiesysteem op de omgeving gekwantificeerd.

m.e.r.-beoordeling

Het Besluit MER, onderdeel D 15.2 en de artikelen 7.16 t/m 7.20 van de Wet Milieubeheer schrijven voor dat het bevoegd gezag dient te beoordelen of de activiteit nadelige gevolgen kan hebben voor het milieu en of voor de voorbereiding van het besluit een milieueffectrapportage (MER) moet worden opgesteld.

Dit rapport dient behalve als effectenstudie als onderdeel van de aanvraag van de vergunning Waterwet ook als aanmeldingsnotitie voor de m.e.r.-beoordeling.

1.2. Initiatiefnemer

Naam: Vaanster V B.V.
Adres: Rembrandtlaan 35
3723 BG Bilthoven

1.3. Soort activiteit

Voor Dykstaete wordt een monobron gerealiseerd. De monobron en de bijbehorende energiecentrale(s) voorzien Dykstaete van duurzame energie. De monobron wordt geboord in het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket. Met de monobron wordt grondwater onttrokken en geretourneerd in hetzelfde watervoerende pakket.

1.4. Planning

Het bodemenergiesysteem wordt na vergunningverlening gerealiseerd en in bedrijf genomen. De duur van de activiteit is permanent.

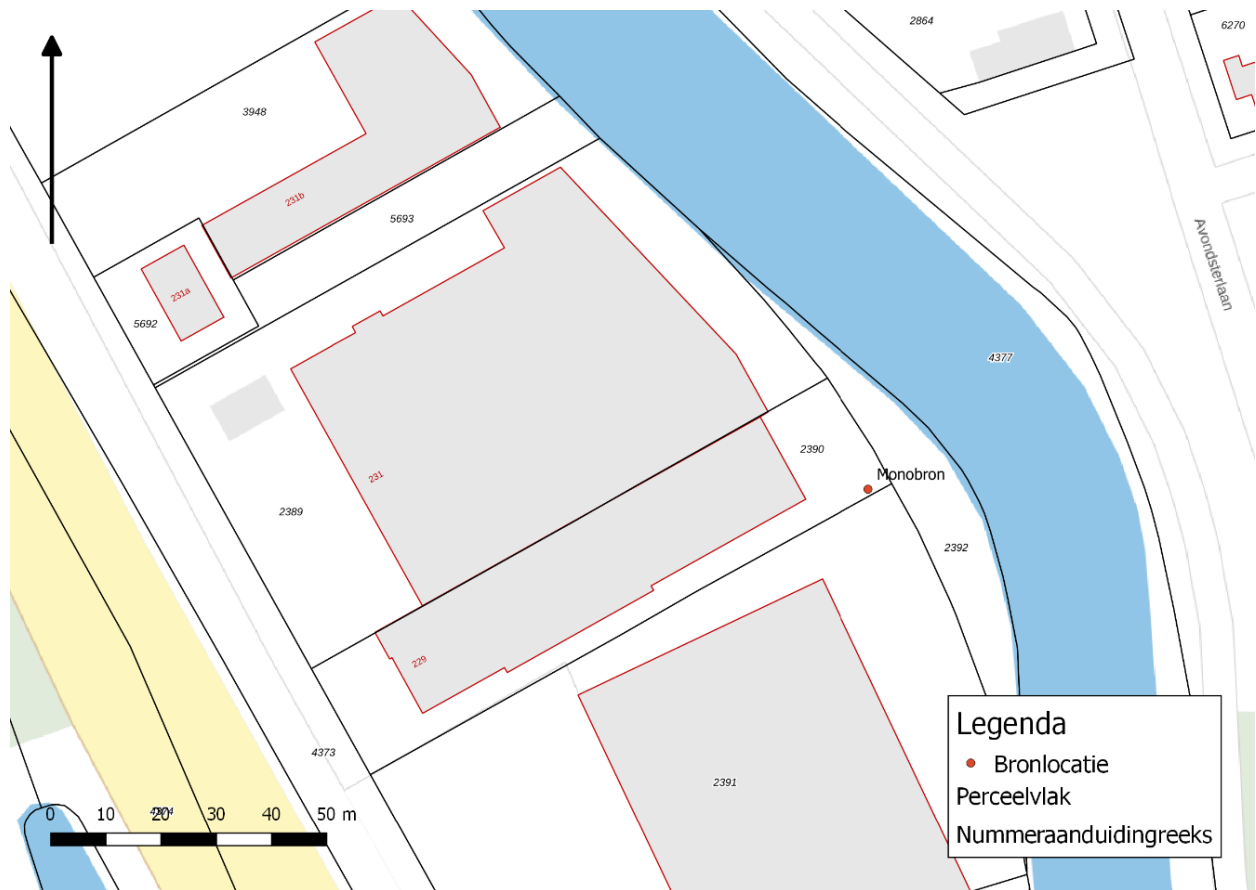
1.5. Motivering van de activiteit

Het doel van de activiteit is het duurzaam koelen en verwarmen van de gebouwen. Door het toepassen van duurzame energie wordt het verbruik van gas en elektriciteit verminderd waardoor CO₂-uitstoot wordt gereduceerd (zie 4.2). Open bodemenergiesystemen in combinatie met warmtepompen en vrije koeling is voor dit project de meest interessante vorm van duurzame energie. Andere vormen van (duurzame) energie zijn voor dit project minder interessant vanwege hogere investeringskosten, praktische bezwaren en geringere energiebesparing.

2. Plaats van de activiteit

2.1. Locatiebeschrijving

Dykstaete is gelegen aan de Friesestraatweg 231 in Groningen. Het perceel is kadastraal bekend als gemeente Groningen, sectie L, perceelnummer 2389 en 2390. De bronlocaties zijn weergegeven in figuur 1.



Figuur 1: bronlocatie

Elke locatie heeft zijn unieke kenmerken. De bodem en het grondwater hebben hun eigen specifieke eigenschappen. Bovendien kunnen verschillende belanghebbenden in de omgeving van de locatie aanwezig zijn. In onderstaande paragrafen worden de kenmerken van de locatie beschreven.

2.2. Bodemopbouw

De bodemopbouw in de omgeving van de locatie is beschreven op basis van de volgende gegevens:

- Regionaal Geohydrologisch Informatie Systeem (REGIS).
- Boorbeschrijvingen uit het archief van TNO Bouw en Ondergrond uit DINO.
- De bodemopbouw bij de effectenstudie van het Groninger Forum (referentie: 61363/WH/20130618) en de notitie WKO binnenstad Groningen (referentie: 61363/WH/20130902) beiden uitgevoerd door IF Technology.

In tabel 1 is de bodemopbouw geschematiseerd weergegeven.

Tabel 1: bodemopbouw

diepte (m-mv)	lithologie	geohydrologische benaming	doorlaatvermogen [m²/d] of weerstand [d]
0 - 25	klei en kleihoudend zand	deklaag	10.000 d
25 - 60	fijn tot matig grof zand met kleideeltjes	1 ^e watervoerend pakket	150 m ² /d
60 - 200	matig tot uiterst grof zand (grindig)	2 ^e /3 ^e watervoerend	5.320 m ² /d
> 200	klei en fijn zand	Hydrologische basis	∞

2.3. Overzichtstabel locatiekenmerken

In tabel 2 zijn de locatiekenmerken beschreven inclusief bronvermelding. Uit deze tabel volgen meerdere aandachtspunten. Deze aandachtspunten zijn in paragrafen 2.4 tot en met 2.6 toegelicht.

Tabel 2: overige kenmerken

kenmerk	eenheid	status
grondwaterstroming 2 ^e /3 ^e watervoerende pakket (snelheid) ^a	[m/jaar]	15 m/jaar
grondwaterstroming opslagpakket (richting) ^a	[-]	0
grondwatertemperatuur(opslagpakket) ^b	[°C]	11 - 12
grondwaterstand ^c	[m NAP]	-1,0
stijghoogte 1 ^e watervoerend pakket ^d	[m NAP]	-1,0
stijghoogte 2 ^e /3 ^e watervoerende pakket ^e	[m NAP]	-1,0
zoet-/brakgrensvlak ^f	[m NAP]	circa - 40
brak-/zoutgrensvlak ^f	[m NAP]	circa - 60
strategisch zoet grondwater	< 1.000 m	niet aanwezig
diepe verontreinigingen (tot in het 2 ^e /3 ^e pakket) ^g	< 500 m	niet aanwezig, wel aanwezig in de deklaag (zie 2.4)
grondwatergebruikers ^h	< 1.500 m	aanwezig (zie 2.5)
gesloten bodemenergiesystemen ⁱ	< 1.000 m	niet aanwezig (zie 2.5)
archeologie en aardkundige waarden ^j	< 500 m	kan aanwezig zijn (zie 2.6)
landbouw ^k	< 500 m	niet aanwezig
grondwaterbeschermingsgebieden ^l	< 500 m	niet aanwezig
vogel- en habitatrictlijngebieden en natuurbeschermingsgebieden ^m	< 500 m	niet aanwezig
spoor- en metrolijnen ^k	< 500 m	niet aanwezig
maaiveld ⁿ	[m NAP]	-4,6

a bron: Isohypsen REGIS

b bron: P. Stolk - Analyse van temperatuurmetingen in de Nederlandse ondergrond (2000)

c bron: grondwaterstand peilbuis B07D0285, B07D0430, B07D0399 (Grondwatertools)

d bron: stijghoogte peilbuis B07D0422, B07D0348 (Grondwatertools)

e bron: stijghoogte peilbuis B07D0422 (Grondwatertools)

f bron: grondwaterkaart van Nederland

g bron: bodemonderzoek van EstInvent BV (projectnummer: 1030918), Bodemloket

h bron: contact provincie Groningen

i bron: contact gemeente Groningen

j bron: inventariserend veldonderzoek archeologisch onderzoeks- en adviesbureau De Steekproef (referentie: 2019-03/07), Archeologische Monumentenkaart (AMK), Indicatieve Kaart Archeologische Waarden (IKAW3), kaart Aardkundige Waarden provincie Groningen

k bron: google maps

l bron: Nationaal GeoRegister

m bron: interactieve atlanten en kaarten provincie Groningen (Natura 2000, Natuurbeheerplan 2020, nationaal landschap, Natuur Netwerk Nederland, Leefgebieden Weidevogels)

n bron: Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN2)

2.4. Verontreinigingen

De projectlocatie kent een geschiedenis aan verontreinigingen en saneringen. In opdracht van Vazet Creatie BV is door EstInvent BV een verkennend bodemonderzoek op het perceel Friesestraatweg 231 uitgevoerd. In november 2018 zijn de onderzoeksresultaten gepubliceerd (projectnummer: 1030918). Geconcludeerd is dat nader onderzoek noodzakelijk wordt geacht, gezien sterk verhoogde concentraties nikkel in het grondwater zijn aangetroffen. Daarbij zijn op het naastgelegen terrein de gehalten MTBE en ETBE de achtergrondwaarden overschreden. Voor deze stoffen geldt het zorgplicht principe, wat betekent dat deze stoffen uit de bodem verwijderd dienen te worden.

2.5. Grondwatergebruikers

In de omgeving (< 1.500 m) zijn open bodemenergiesystemen aanwezig (zie tabel 3). Op de Zernike campus heeft de Rijksuniversiteit Groningen zes monobronnen en vijf doubletten gerealiseerd, de dichtstbijzijnde bron is 615 m ten noordoosten van de monobron op de projectlocatie verwijderd. Daarnaast zijn er nog twee monobronnen gesitueerd op 1.190 m ten zuidzuidoosten en op 1.250 m ten noordwesten van de projectlocatie.

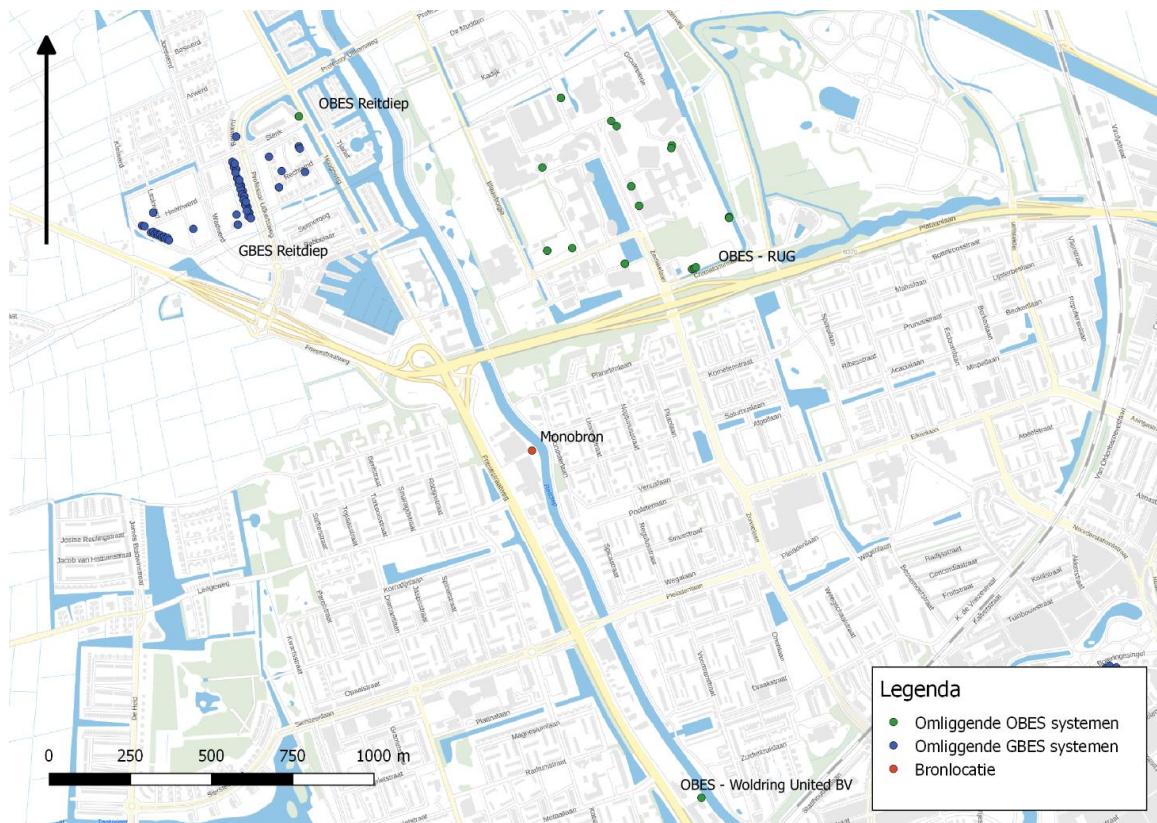
Binnen 1.000 m van de projectlocatie bevinden zich geen gesloten bodemenergiesystemen. Net buiten deze straal op ruim 1.100 m ten noordwesten van de projectlocatie bevinden zich 69 gesloten bodemenergiesystemen in de woonwijk Reitdiep.

Tabel 3: grondwatergebruikers gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket

grondwatergebruikers	afstand tot projectlocatie [m]	debiet [m³/uur]	waterhoeveelheid [m³/jaar]
Rijksuniversiteit Groningen (RUG) - Zernikecomplex	615 NO ¹	onbekend	onbekend
Woldring United BV	1.190 ZZO	24	onbekend
Reitdiep	1.250 NW	40	onbekend

¹ dit betreft de afstand van de projectlocatie tot de dichtstbijzijnde bron van de RUG

De ligging van de open en gesloten bodemenergiesystemen zijn weergegeven in figuur 2. Open bodemenergiesystemen zijn weergegeven met groene stippen. Gesloten bodemenergiesystemen zijn weergegeven met blauwe stippen.



Figuur 2: ligging open en gesloten bodemenergiesystemen

2.6. Archeologie en aardkundige waarden

De locatie ligt in een gebied wat niet gekarteerd is op archeologische sporen. In 2019 is door het archeologisch onderzoeks- en adviesbureau De Steekproef een inventariserend veldonderzoek gedaan naar de archeologische waarden op de projectlocatie (referentie: 2019-03/07).

Geconcludeerd is dat op de projectlocatie onvoldoende aanwijzingen zijn die duiden op de aanwezigheid van archeologische waarden. Het advies luidt om geen vervolgonderzoek te doen.

Indien bij toekomstige graafwerkzaamheden toch archeologische grondsporen worden aangetroffen en/of vondsten worden gedaan, dient hiervan direct een melding te worden gemaakt conform de Erfgoedwet.

3. Kenmerken van de activiteit

3.1. Principe bodemenergiesysteem

Als het gebouw koudevraag heeft, wordt grondwater uit de koude bronfilter opgepompt. Via warmtewisselaars wordt de koude overgedragen aan de klimaatinstallatie in het gebouw. Hierbij warmt het opgepompte grondwater op. Het relatief warme grondwater wordt vervolgens geïnfiltreerd in de warme bronfilter.

Als het gebouw warmtevraag heeft, wordt grondwater uit de warme bronfilter opgepompt. Via een warmtewisselaar wordt de warmte overgedragen aan de warmtepomp. De warmtepomp voorziet het gebouw van warmte. Hierbij koelt het grondwater af. Het relatief koude grondwater wordt vervolgens geïnfiltreerd in de koude bronfilter. Op deze wijze vindt opslag van zomerwarmte en winterkoude plaats om te gebruiken in het andere seizoen.

Het grondwater wordt via ondergrondse leidingen via een technische ruimte van en naar de warme en koude bron gepompt. In de technische ruimte is het leidingwerk aangesloten op een warmtewisselaar. In de warmtewisselaar staat het grondwater koude of warmte af aan het gebouwcircuït. Het water in het gebouwcircuït is gescheiden van het grondwater.

3.2. Aard en omvang van de activiteit

De energetische uitgangspunten van het bodemenergiesysteem zijn in overleg met ontwerper van de bovengrondse installatie bepaald. De uitgangspunten zijn bepaald conform de BRL 11000 (protocol BRL 11001) en 6000-21 conform ISSO-publicatie 39.

In tabel 4 zijn de energetische uitgangspunten weergegeven. In figuur 1 is de locaties van de bron weergegeven. In tabel 5 zijn de eigenschappen van de monobron beschreven.

Tabel 4: energetische eigenschappen

	eenheid	koude leveren	warmte leveren
maximale waterverplaatsing	[m ³ /jaar]		207.000
gemiddelde waterverplaatsing	[m ³ /jaar]	55.000	83.000
maximaal debiet	[m ³ /uur]	45	45
maximale spuihoeveelheid	[m ³ /jaar]		900 ¹
maximaal benodigd ontwikkelwater ²	[m ³]		3.600 ¹
gemiddelde infiltratie temperatuur	[°C]	16	7
min. en max. infiltratietemperatuur	[°C]	25	5
energiehoeveelheid	[MWh/seizoen]	319	479
koudeoverschot	[%]		150

¹ hoeveelheden aanvullend op de onttrekking voor het bodemenergiesysteem (zie hoofdstuk 3.3 en 4.12)

² eenmalig

Tabel 5: bron-eigenschappen

	eenheid	monobron
filterlengte	[m]	2 keer 20 m effectief
filtertraject	[m-mv]	60 - 200
x-coördinaat	[m]	231.452
y-coördinaat	[m]	583.433

3.3. Aanleg en onderhoud

De monobron wordt geboord volgens BRL SIKB protocol 2101, Mechanisch Boren. Het leidingwerk van de monobron wordt aangelegd op circa 1 m-mv. De vrijgekomen grond uit de sleuven voor het leidingwerk wordt zoveel mogelijk weer teruggebracht in de bodem. Het oppervlak in de sleuven wordt gelijk aan het omliggende maaiveld afgewerkt.

De ruimte rondom het filter en de stijgbuis van de monobron wordt ter hoogte van de zandlagen aangevuld met filter- of aanvulgrind. Ter hoogte van de kleilagen wordt zwelklei aangebracht. De elektrisch aangedreven bronpompen worden op diepte aangebracht, waardoor aan maaiveld het geluid van de pompen niet hoorbaar is.

Bij het aanleggen en onderhouden van de monobron komt grondwater vrij. Waar mogelijk wordt voor het lozen van het beheerwater gebruik gemaakt van een lozing in de bodem. Deze mogelijkheid wordt daarom opgenomen in de vergunningaanvraag Waterwet. De definitieve keuze voor het lozen van het boorspoelwater, het ontwikkel- en beheerwater wordt gemaakt aan de hand van de technische mogelijkheden bij dit project.

Voor het boorspoelwater en ontwikkelwater wordt een lozingsvergunning aangevraagd voor het lozen op het riool. Voor het beheerwater wordt met een (mobiel) onderhoudsfilter het schone water teruggebracht in 1 van de bronnen van het bodemenergiesysteem.

4. Effecten op het milieu

4.1. Inleiding

Er zijn verschillende berekeningen uitgevoerd om de effecten van het bodemenergiesysteem inzichtelijk te maken. De effecten tijdens het gebruik van het bodemenergiesysteem zijn in drie categorieën te verdelen. De hydrologische effecten, de hydrothermische effecten en de zettingseffecten. De hydrologische effecten beschrijven de kwantitatieve gevolgen van het bodemenergiesysteem op het grondwater (grondwaterstroming, grondwaterstanden en stijghoogtes). De hydrothermische effecten beschrijven de effecten op de temperatuur van het grondwater en de bodem. De zettingsberekeningen beschrijven de effecten op het zetten van de bodem. In onderstaande paragrafen zijn de resultaten van de effectberekeningen beschreven. Gevolgd door de invloed die het beoogde bodemenergiesysteem heeft op de omgeving. Gestart wordt met het positieve effect; de energiebesparing.

Naast de effecten tijdens het gebruik zijn ook de effecten tijdens de aanleg van het systeem beschreven.

4.2. Energiebesparing en emissiereductie

Het toepassen van het bodemenergiesysteem resulteert in een besparing van circa 61.500 m³ aardgasequivalenten per jaar. Dit komt neer op een energiebesparing van circa 56%. De energiebesparing resulteert in een emissiereductie van circa 102 ton CO₂ per jaar (50%) en 157 kg NO_x (85%).

De SPF-verklaring conform artikel 6.29 van de Waterregeling is separaat bijgevoegd bij de aanvraag op het Omgevingsloket.

4.3. Hydrologische effecten

De maximale stijghoogteverandering in het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket bedraagt 1,1 m. Het berekende hydrologische invloedsgebied in het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket reikt tot maximaal 80 m van de monobron. De maximale stijghoogteverandering in het eerste watervoerende pakket bedraagt 0,1 m. Het berekende hydrologische invloedsgebied in het eerste watervoerende pakket reikt tot maximaal 76 m van de monobron. Grondwaterstandveranderingen treden niet op. De berekeningsresultaten van de hydrologische effecten zijn opgenomen in bijlage 1.

4.4. Hydrothermische effecten

Het maximale hydrothermische invloedsgebied reikt tot 165 m van de koude bron en 92 m van de warme bron. De berekeningen van de hydrothermische effecten zijn opgenomen in bijlage 2.

4.5. Zettingen

De door het bodemenergiesysteem veroorzaakte verlagingen van de grondwaterstand en stijghoogte kan zetting van de bodem optreden. De berekende eindzetting bedraagt maximaal 11 mm ter plaatse van de bronnen. De onderbouwing van de zettingseffecten is weergegeven in bijlage 3.

4.6. Geluid

Tijdens de realisatie van het bodemenergiesysteem staat een aantal weken een boorwagen te boren (geluidsniveau draaiende vrachtwagen), er rijdt een kraan en meerdere keren per dag een vrachtwagen rond en er draait een aggregaat. De realisatie van het grondwatersysteem maakt onderdeel uit van de realisatie van het gebouw. Het geluid dat tijdelijk geproduceerd wordt voor de realisatie van het bodemenergiesysteem is nihil ten opzichte van het geluid dat de totale bouw produceert. Gezien het geluid geproduceerd wordt in stedelijk gebied zijn er geen negatieve gevolgen voor het milieu.

4.7. Invloed op de waterkwaliteit

De overgang tussen zoet en brak water (chloride gehalte van 150 mg/l) bevindt zich in het eerste watervoerend pakket. Tussen het eerste en het gecombineerde tweede en derde watervoerend pakket bevindt zich de overgang tussen brak en zout grondwater (chloride gehalte van 1.000 mg/l).

Volgens provinciaal beleid dient verzilting van zoet grondwater voorkomen te worden. De filters worden in het gecombineerde tweede en derde watervoerend pakket geplaatst. Afhankelijk van de diepte waarop de bronfilters geplaatst worden kan er mogelijk menging optreden van brak en zout water, welke beperkt zal blijven tot de nabije omgeving van de bronnen. Aantasting van drinkwaterreserves is bij dit project niet aan de orde.

Uit onderzoeken naar de gevolgen van temperatuurveranderingen op de chemische en microbiologische processen in de bodem en het grondwater blijkt dat de geringe temperatuurveranderingen die optreden door bodemenergie geen significante invloed heeft op de chemische en microbiologische samenstelling van het grondwater. De beleidsmatige grenzen voor de infiltratietemperatuur bedragen 5 en 25°C .

4.8. Invloed op andere grondwatergebruikers

Er bevinden zich geen andere grondwatergebruikers in het hydrologische invloedsgebied van de bronnen. Van negatieve hydrologische invloed is geen sprake (zie bijlage 1).

Er bevinden zich geen andere grondwatergebruikers in het thermische invloedsgebied van de bronnen. Van negatieve hydrothermische invloed is derhalve geen sprake. (zie bijlage 2).

Het beoogde bodemenergiesysteem ligt niet in een grondwaterbeschermingsgebied of een boringsvrije zone.

4.9. Invloed op natuur

Het beoogde bodemenergiesysteem heeft geen invloed op de grondwaterstand (< 0,01 m). In de omgeving (< 500 m) van het bodemenergiesysteem zijn geen natuur, Natuurbeschermingswetgebieden of Ecologische beschermingszones aanwezig. Van invloed op de natuur is derhalve geen sprake.

4.10. Invloed op archeologie

Het beoogde bodemenergiesysteem heeft geen invloed op de grondwaterstand (< 0,01 m). Het bodemenergiesysteem heeft derhalve geen invloed op aanwezige cultuurhistorie en archeologische waarden.

4.11. Invloed op gebouwen en infrastructuur

De projectlocatie grenst aan een de Lopendediepdijk, een binnendijk gelegen naast het Reitdiep. Deze dijk is door de provincie Groningen aangewezen als een regionale waterkering.

De geringe zetting verzaakt geen schade aan de Lopendediepdijk, gebouwen of infrastructuur (spoor- en tramlijnen). Van negatieve effecten op gebouwen en infrastructuur is geen sprake (zie bijlage 3).

4.12. Lozingswater

Tijdens de realisatie en het onderhoud van het bodemenergiesysteem komt water vrij dat geloosd moet worden. Op een later tijdstip in het project wordt exact vastgesteld hoe met het vrijkomende water wordt omgegaan. Hiervoor is in de AMvB Bodemenergie de voorkeursvolgorde voor lozen gedefinieerd. Een van de opties in tabel 6 wordt toegepast.

Tabel 6: voorkeursvolgorde lozen

type afvalwater	voorkeursvolgorde lozing (bevoegd gezag)
boorspoelwater (open en gesloten systemen)	1. Vuilwaterriool (gemeente) 2. In de bodem (gemeente) 3. Overige routes Indien in de bodem en op het schoonwaterriool niet is toegestaan.
ontwikkel- en beheerwater (open systemen)	1. in de bodem (provincie) 2. oppervlaktewater (waterschap of Rijkswaterstaat) 3. schoonwaterriool (gemeente) 4. vuilwaterriool (gemeente) 5. externe verwerker

Bij dit project wordt zoveel mogelijk de voorkeursvolgorde aangehouden. Waar mogelijk wordt voor het beheerwater gebruik gemaakt van een lozing in de bodem. Deze mogelijkheid wordt daarom opgenomen in de vergunningaanvraag Waterwet. De definitieve keuze voor het lozen van het boorspoelwater, het ontwikkel- en beheerwater wordt gemaakt aan de hand van de technische mogelijkheden bij dit project.

4.13. Cumulatie van effecten

Cumulatie van hydrologische effecten treedt niet op.

Cumulatie van hydrothermische effecten treedt niet op.

4.14. Conclusie

Het beoogde bodemenergiesysteem heeft geen negatieve gevolgen voor het milieu en overige belangen.

Bijlagen

Bijlage 1: Geohydrologische effecten

Om de hydrologische effecten van de energieopslag te kunnen berekenen, is gebruik gemaakt van het softwarepakket MLU. Meer informatie over MLU is te vinden op www.microfem.com.

Schematisatie

De modelschematisatie is gebaseerd op de geohydrologische bodemopbouw in tabel 1. De deklaag is de open bovenrand van het model, aangezien de bron dichtbij het Reitdiep ligt. De bovenkant van de hydrologisch basis is de gesloten onderkant van het model. Uitgangspunt is dat de bodemopbouw geldt voor het totale gemodelleerde gebied. Het doorlaatvermogen van het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket is evenredig verdeeld over de diepte van het pakket. In tabel 7 is de modelschematisatie weergegeven.

Tabel 7: modelschematisatie

diepte modellaag [m-mv]	toelichting	doorlaatvermogen [m ² /d]	weerstand [d]
1 - 2	drainageweerstand	-	1.000
1 2 - 2,1	fictief freatisch pakket	12,5	-
2,1 - 25	deklaag	-	10.000
2 25 - 60	eerste watervoerende pakket	150	-
60	fictief scheidende laag	-	22
3 60 - 80	tweede en derde watervoerend pakket	760	-
80	fictieve scheidende laag	-	3
4 80 - 110	tweede en derde watervoerend pakket	1.140	-
110	fictieve scheidende laag	-	3
5 110 - 130	tweede en derde watervoerend pakket	760	-
130	fictieve scheidende laag	-	6
6 130 - 200	tweede en derde watervoerend pakket	2.660	-
> 200	hydrologische basis (gesloten onderrand)	-	∞

filters ↑

De bronfilters zijn in het model zo hoog mogelijk in het tweede watervoerend pakket gepositioneerd. Tevens wordt in het model het maximum onttrekkings- en infiltratiedebiet van 45 m³/uur aan gehouden. Hierdoor zijn de effecten naar maaiveld worst-case.

De hydrologische effecten zijn berekend door het model stationair te laten draaien. In het model continu met maximaal debiet van 45 m³/uur per bron onttrokken en geïnfiltrteerd.

Berekeningsresultaten

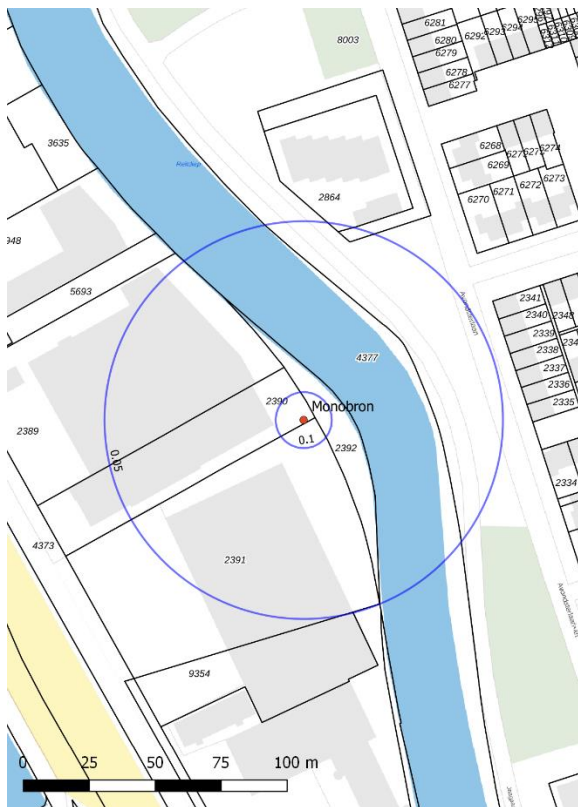
De berekeningen zijn uitgevoerd om inzicht te krijgen in de veranderingen van de grondwaterstand en de stijghoogten in de watervoerende pakketten ten gevolge van het grondwatersysteem. Tevens is bepaald tot welke afstand in de omgeving van het grondwatersysteem de grondwaterstand- en stijghoogteveranderingen merkbaar zijn. Dit is het invloedsgebied, dat wordt gedefinieerd als het gebied waar de berekende veranderingen groter zijn dan 0,05 m.

De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven tabel 8. De verandering van de grondwaterstand is zo klein dat deze niet in figuren zijn weer te geven.

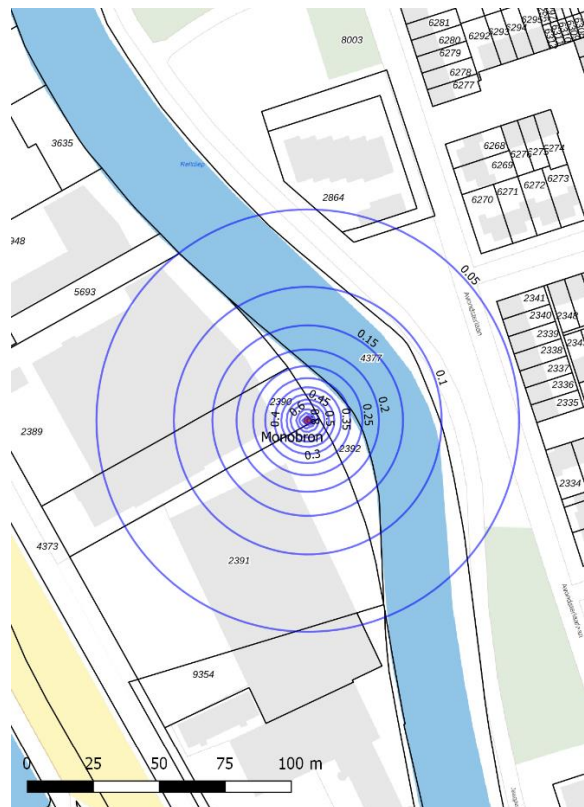
Tabel 8: hydrologische effecten

	eenheid	maximale verandering		maximaal invloedsgebied	
		zomer	winter	zomer	winter
1 grondwaterstand	[m]	< 0,01	< 0,01	-	-
2 eerste watervoerend pakket	[m]	0,10	0,10	76	76
3 tweede en derde watervoerend pakket	[m]	1,12	1,12	80	80
5 tweede en derde watervoerend pakket	[m]	1,07	1,07	58	58

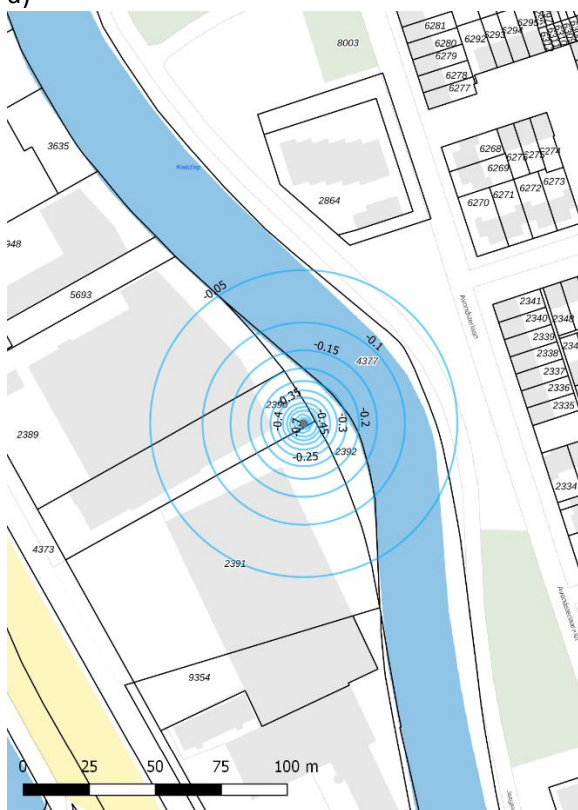
In figuur 3 is het hydrologische invloedsgebied in het eerste en het gecombineerd tweede en derde watervoerende pakket watervoerend pakket weergegeven.



a)



b)



c)

Figuur 3: het maximale hydrologische invloedsgebied in a) modellaag 2 van het eerste watervoerende pakket en in modellaag b) 3 en c) 5 van het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket

Invloed op andere grondwatergebruikers

In het berekende hydrologische invloedsgebied bevinden zich geen andere open of gesloten bodemenergiesystemen. Van negatieve invloed op het gesloten bodemenergiesysteem is derhalve geen sprake.

Conclusie

De ligging van het zoet-/brakgrensvlak ligt in het eerste watervoerend pakket. Hier is de stijghoogte verandering 0,1 m (neerwaarts in de zomer en opwaarts in de winter). Gezien de pomprichting elk half jaar wordt omgedraaid zal de netto stijghoogteverandering per jaar nul zijn. Van verzilting van zoete grondwatervoorraden is geen sprake.

De ligging van het brak-zoutgrensvlak ligt op het grens van het eerste en gecombineerde tweede en derde watervoerend pakket. In het eerste watervoerend pakket is de stijghoogte verandering 0,1 m en in het gecombineerde tweede en derde watervoerend pakket 1,1 m (neerwaarts in de zomer en opwaarts in de winter). De pomprichting wordt elk half jaar omgedraaid, netto is de stijghoogteverandering per jaar nul.

Het beoogde bodemenergiesysteem heeft geen invloed op de grondwaterstand. In het berekende hydrologische invloedsgebied liggen geen andere open bodemenergiesystemen. Van negatieve invloed van andere grondwaterbelangen en gesloten bodemenergiesystemen is geen sprake.

Bijlage 2: Hydrothermische effecten

Om de hydrothermische berekeningen uit te voeren is gebruik gemaakt van HSTwin-2D. Met dit programma kan warmtetransport worden berekend in een verzadigd grondwatersysteem. HstWin-2D simuleert de grondwaterstroming en het warmtetransport in één laag.

Schematisatie

De modelparameters zijn weergegeven in tabel 9. In het model is het koude filterdeel boven het warme filterdeel gepositioneerd.

Tabel 9: modelschematisatie

laagnaam	dikte [m]	doorlatendheid [m/d]	verhang [‰]	warmtegeleiding [W/(mK)]	warmtecapaciteit [MJ/(m³K)]
geleidende toplaag	-	-	-	2,4	2,5
opslagpakket	20	38	0,38	2,4	2,5
geleidende onderlaag	-	-	-	2,4	2,5

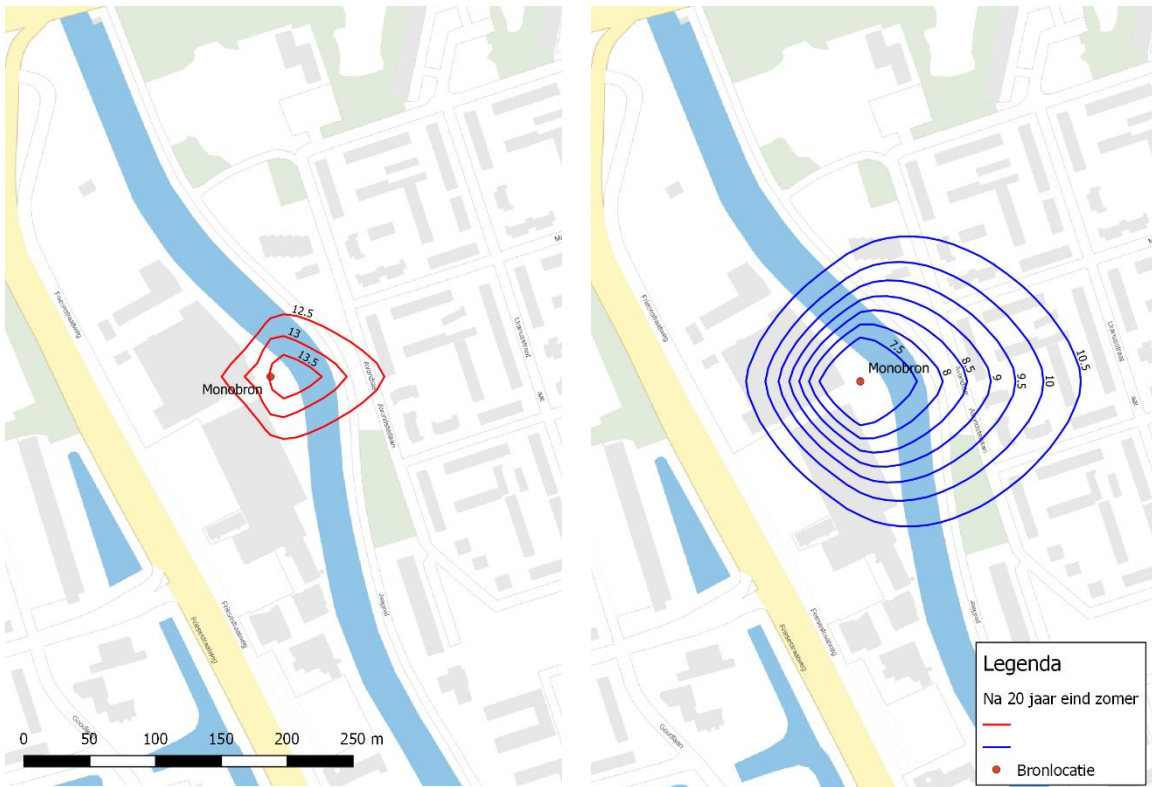
In tabel 10 is het onttrekkings- en infiltratiepatroon weergegeven die in het model zijn opgenomen.

Tabel 10: onttrekkings- en infiltratiepatroon

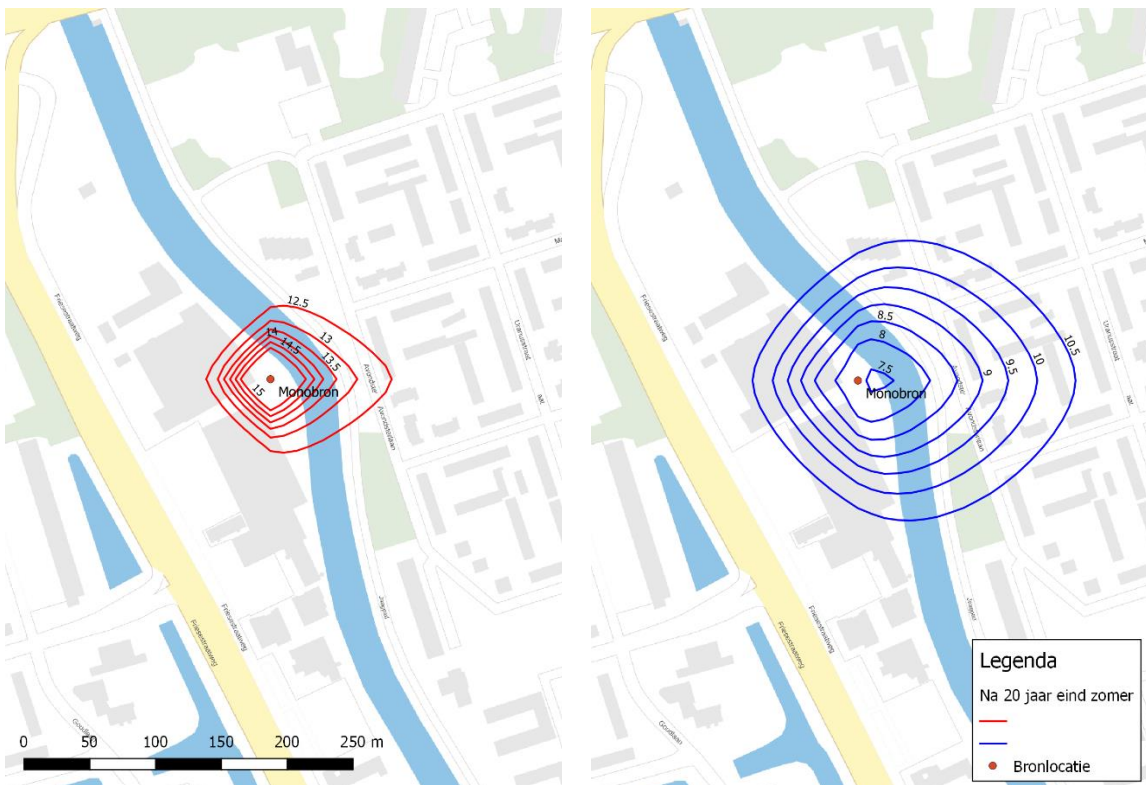
	waterverplaatsing [m³/seizoen]	infiltratietemperatuur [°C]
winter (warmte leveren)	83.000	7
lente	-	-
zomer (koude leveren)	55.000	16
herfst	-	-

Resultaten van de thermische berekeningen

Het thermische invloedsgebied is het gebied rondom de bronnen waar de temperatuur meer dan 0,5°C afwijkt van de natuurlijke grondwatertemperatuur. De natuurlijke grondwatertemperatuur van het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket bedraagt 11-12°C. Voor het bovenste koude bronfilter is een grondwater temperatuur van 11°C aangehouden en voor het onderste warme bronfilter is een grondwater temperatuur van 12°C aangehouden. De berekende temperaturen in de zomer en winter na 20 jaar zijn weergegeven in figuur 4 en 5. Het thermische invloedsgebied reikt tot maximaal 165 m van de koude bron en 92 m van de warme bron.



Figuur 4: hydrothermisch invloedsgebied einde winter na 20 jaar energieopslag.



Figuur 5: hydrothermisch invloedsgebied einde zomer na 20 jaar energieopslag.

Invloed op andere bodemenergiesystemen

In het berekende thermische invloedsgebied van de monobron van Dykstaete bevinden zich geen andere open of gesloten bodemenergiesystemen. Er is geen sprake van negatieve beïnvloeding van andere bodemenergiesystemen.

Cumulatie met andere bodemenergiesystemen

In het thermische invloedsgebied liggen geen andere bronnen van bestaande open bodemenergiesystemen. Van cumulatie van thermische effecten is geen sprake.

Conclusie

In het berekende hydrothermische invloedsgebied van Dykstaete bevinden zich geen bronnen van andere bodemenergiesystemen. Van negatieve hydrothermische effecten is geen sprake.

Bijlage 3: Zettingen

De eindzetting is berekend op basis van Terzaghi (parameters conform NEN blad 6740). De bodem bestaat voornamelijk uit zand. In de deklaag is klei aanwezig. Er is een maximale eindzetting berekend van 11 mm in de deklaag. Ter onderbouwing is in figuur 6 de zettingsberekening weergegeven.

Materiaal	[m-mv] diepte	[m] Dikte	[m] stijghoogte verandering tgv WKO [m]	[-] primaire zettingsconstante	[-] secundaire zettingsconstante	[kg/m ³] soortelijke massa	[mm] zetting
	0						
Onverz. zone		1	0,00	-		1600	0
	1						
Klei		24		15	160	1800	11
	25						
Zand		35	0,10	600	1,0E+09	2000	0
	60						
Zand		20	1,12	1000	1,0E+99	2000	0
	80						
Zand		30	0,02	1000	1,0E+99	2000	0
	110						
Zand		20	1,07	1000	1,0E+99	2000	0
	130						
Zand		70	0,03	1000	1,0E+99	2000	0
	200						
totaalzetting							11

Figuur 6: Zettingsberekening uitgevoerd op basis van Terzaghi

Het zettingsverhang (verschilzetting) in de directe nabijheid van de monobron bedraagt (binnen 10 m rondom de monobron) maximaal 1 m per 30.000 m.

Conclusie

In de Nederlandse Norm Geotechniek van 1990 (NEN 6740) zijn normen opgenomen om een ongewenst verlies aan bruikbaarheid, schade of hoge onderhoudskosten aan infrastructuur en constructies te voorkomen. Volgens deze NEN-norm mag de zetting niet groter zijn dan 150 mm en mag het zettingsverhang niet groter zijn dan 1:300. Bij de aanwezigheid van ondiepe zettinggevoelige bodemlagen, zoals een deklaag, kunnen verschillen in de samenstelling van de betreffende laag aanleiding geven tot verschilzettingen aan maaiveld. Wanneer de veroorzaakte zetting in de deklaag groter is dan 15 mm, dan kunnen effecten van betekenis optreden.

Er treedt naar verwachting geen maaiveldzetting op ten gevolge van de toepassing van het beoogde bodemenergiesysteem-systeem. De theoretisch berekende totale maximale eindzetting bedraagt 11 mm in de deklaag. De berekende zetting is zo gering daarom wordt zetting aan maaiveld niet verwacht.

Van negatieve effecten ten gevolge van zetting op andere belangen is geen sprake.