

Effectenstudie Waterwet

integraal met aanmeldingnotitie m.e.r.-beoordeling

Onderwerp: bodemenergie Max Euwe Quartier Rotterdam
Datum: 30 september 2021
Referentie: 21BB020

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	6
2.4.	Verontreinigingen.....	7
2.5.	Grondwatergebruikers	8
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.....	12
4.7.	Invloed op de waterkwaliteit.....	13
4.8.	Invloed op andere grondwatergebruikers	13
4.9.	Invloed op natuur	13
4.10.	Invloed op verontreinigingen	13
4.11.	Invloed op archeologie.....	13
4.12.	Invloed op gebouwen en infrastructuur.....	14
4.13.	Lozingswater.....	14
4.14.	Cumulatie van effecten	14
4.15.	Conclusie.....	14

Bijlage 1: Geohydrologische effecten	16
Bijlage 2: Hydrothermische effecten	22
Bijlage 3: Zettingen	30

1. Inleiding

1.1. Aanleiding

Het Max Euwe Quartier in Rotterdam wordt herontwikkeld. De ontwikkelaar is van plan een bodemenergiesysteem te realiseren voor de gebouwen.

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 open bodemenergiesysteem van Max Euwe Quartier. 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 milieueffectrapportage, 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 bedrijf: Bakkers Hommen Waerdevast BV
Adres: Grote Berg 18C
5611KK Eindhoven

1.3. Soort activiteit

Voor Max Euwe Quartier worden vijf doubletten gerealiseerd. De warme en koude bronnen voeden een ringleiding. Via de bijbehorende energiecentrale voorziet het bodemenergiesysteem meerdere percelen van duurzame energie. De bronnen worden geboord in het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket. Met de bronnen wordt grondwater onttrokken en geretourneerd in hetzelfde watervoerende pakket.

1.4. Planning

Het bodemenergiesysteem is nog niet gerealiseerd. 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 het gebouw. 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

Max Euwe Quartier is gelegen in Rotterdam Brainpark. Aan de Max Euwelaan gaat het om drie bouwblokken met circa 930 wooneenheden (39.000 m²) en circa 10.000 m² aan commerciële ruimten. Aan de Van der Mandelelaan gaat het om 25.000 m² bvo met een mix van wonen, kantoren en hotel.

De percelen die worden aangesloten op het bodemenergiesysteem zijn opgenomen in tabel 1.

Tabel 1: locaties met adres en kadastraal perceelnummer

locatie	adres	kadastraal perceel
1	Max Euwelaan 1	Kralingen L 1078
2	Max Euwelaan 21-29	Kralingen L 1079
3	Max Euwelaan 31-49	Kralingen L 1080
4	K.P. van der Mandelelaan 30-38	Kralingen L 1072
5	K.P. van der Mandelelaan 80-84	Kralingen L 1077
6	K.P. van der Mandelelaan 9-35	Kralingen L 1997

Het voornemen is om de gebouwen te verwarmen en te koelen met een bodemenergiesysteem. Voor het bodemenergiesysteem worden vijf doubletten voorzien met een totale capaciteit van 550 m³/uur. De bronlocaties zijn weergegeven in figuur 1.



Figuur 1: Bronlocaties

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 directe 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 DINOloket.

In tabel 2 is de bodemopbouw geschematiseerd weergegeven.

Tabel 2: gehanteerde bodemopbouw

diepte (m-mv)	lithologie	geohydrologische benaming	doorlatendheid of weerstand
0 - 20	klei, matig fijn tot grof zand	deklaag	1.200 d
20 - 30	matig grof tot uiterst grof zand	1 ^e watervoerende pakket	140 m ² /d
30 - 90	klei met matig fijn zand	1 ^e scheidende laag	3.000 d
90 - 240	matig fijn tot zeer grof zand afgewisseld met kleilaagjes	2 ^e /3 ^e watervoerende pakket	1.250 m ² /d
> 240	klei en zeer fijn zand	hydrologische basis	∞

2.3. Overzichtstabel locatiekenmerken

In tabel 3 zijn de locatiekenmerken beschreven inclusief bronvermelding. Uit deze tabel volgen meerdere aandachtspunten. Deze aandachtspunten zijn in paragrafen 2.4 tot en met 2.7 toegelicht. De zoekstraal voor de bij het grondwater betrokken belangen is bepaald aan de hand van het hydrologische invloedsgebied (zie bijlage 1).

Tabel 3: overige kenmerken

kenmerk	eenheid	
grondwaterstroming 2 ^e /3 ^e watervoerende pakket (snelheid) ^a	[m/jaar]	5
grondwaterstroming 2 ^e /3 ^e watervoerende pakket (richting) ^a	[-]	N
grondwatertemperatuur (opslagpakket) ^b	[°C]	13
grondwaterstand ^c	[m t.ov. NAP]	+2,4
stijghoogte 1 ^e watervoerende pakket ^c	[m t.ov. NAP]	-3,0
stijghoogte 2 ^e /3 ^e watervoerende pakket ^a	[m t.ov. NAP]	-3,5
verticale stroming deklaag	[m/jaar]	1,7 (neerwaarts)
verticale stroming 1 ^e scheidende laag	[m/jaar]	1,5 (neerwaarts)
zoet-/brakgrensvlak (chloride 150 mg/l) ^d	[m t.ov. NAP]	circa -10
brak-/zoutgrensvlak (chloride 1.000 mg/l) ^d	[m t.ov. NAP]	circa -45
verontreinigingen ^e	< 500 m	aanwezig (zie 2.4)
grondwatergebruikers ^f	< 1.500 m	aanwezig (zie 2.5)
gesloten bodemenergiesystemen ^g	< 500 m	niet aanwezig
archeologische verwachting ^h	< 500 m	niet aanwezig
aardkundig waardevol gebied ^h	< 500 m	niet aanwezig
monumenten ^h	< 500 m	niet aanwezig
landbouwen overige agrarische bestemming ^h	< 500 m	niet aanwezig
vogel- en habitatrichtlijngebieden en natuurbeschermingsgebieden ^h	< 500 m	niet aanwezig
grondwaterbeschermingsgebieden ^h	< 500 m	niet aanwezig
spoorlijnen en/of trambanen ⁱ	< 500 m	niet aanwezig
houten paalfunderingen ^j	< 500 m	niet aanwezig
maaiveld ^k	[m t.ov. NAP]	+ 3,5

a bron: Isohypsens REGIS

b bron:  Analyse van temperatuurmetingen in de Nederlandse ondergrond (2000)

c bron: grondwaterstand: grondwatermeetnet Rotterdam peilbuis 133566-1; 1^e watervoerende pakket: peilbuis B37F0538

d bron: Grondwaterkaart van Nederland

e bron: DCMR Milieudienst Rijnmond

f bron: Landelijk Grondwaterregister via ODH

g bron: DCMR Milieudienst Rijnmond

h bron: Interactieve atlanten en kaarten provincie Zuid-Holland (kaarten Bodem, Cultuurhistorie, Natura 2000, Natuurbeheerplan en Natuurnetwerk Nederland), monumenten <https://www.rotterdam.nl/wonen-leven/monumenten/>

i bron: Website RET voor trams en metro's; topografische kaart en Google Maps voor spoorlijnen

j bron: <https://www.rotterdam.nl/wonen-leven/houten-palen/>

k bron: Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN2)

2.4. Verontreinigingen

In de deklaag worden in de bodem zware metalen en PAK's aangetroffen. Deze verontreinigingen zijn niet mobiel en worden niet verplaatst als gevolg van grondwaterstandsveranderingen. In het eerste en gecombineerd tweede en derde watervoerende pakket zijn geen verontreinigingen aanwezig.

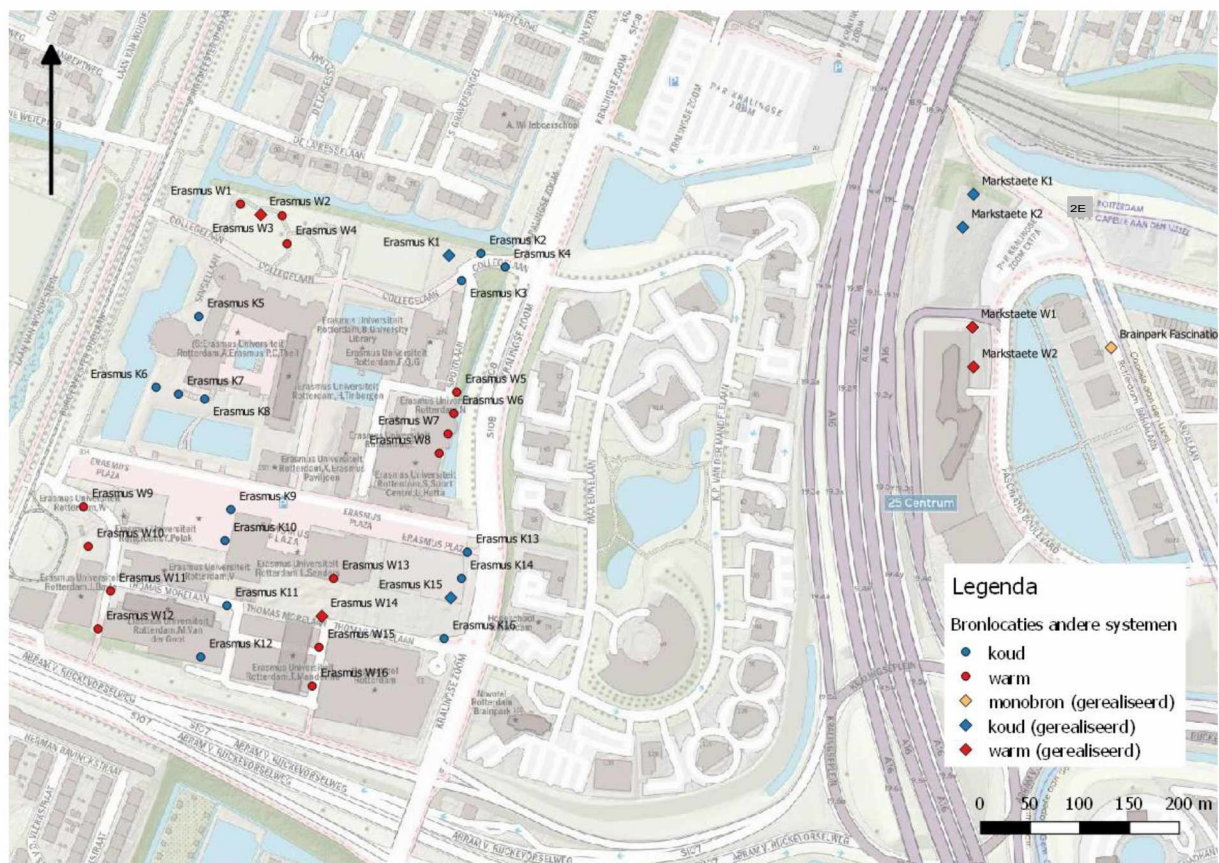
2.5. Grondwatergebruikers

In de omgeving (<1.500 m) zijn open bodemenergiesystemen aanwezig/vergund (zie tabel 4).

Tabel 4: open bodemenergiesystemen tweede en derde watervoerende pakket 1.500 m radius

grondwatergebruikers	afstand tot projectlocatie [m]	debiet [m³/uur]	waterhoeveelheid [m³/jaar]
Erasmus Universiteit	50 W	2.080	9.100.000
Markstaete	250 O	135	400.000
Brainpark Fascinatio (monobron)	300 O	24	132.000
Rive Towers I en II	740 ZO	60	210.000
Rivium	1.160 ZO	200	1.200.000
Kantoor Nieuwe Maas	1.200 Z	125	220.000

De ligging van de bronnen van de open bodemenergiesystemen van Erasmus Universiteit, Markstaete en Fascinatio zijn weergegeven in figuur 2. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen bronnen die reeds gerealiseerd zijn en bronnen die nog niet gerealiseerd zijn. De bronnen van Rive Towers, Rivium en Kantoor Nieuwe Maas zijn niet in dit plaatje opgenomen vanwege de grote afstand tot het bodemenergiesysteem van Max Euwe Quartier.



Figuur 2: ligging bronnen open bodemenergiesystemen

3. Kenmerken van de activiteit

3.1. Principe bodemenergiesysteem

Bij koudevraag wordt grondwater uit de koude bron 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 bron.

Bij warmtevraag wordt grondwater uit de warme bron 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 bron. 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 bronnen gepompt. In de technische ruimte is het leidingwerk aangesloten op een warmtewisselaar. In de warmtewisselaar staat het grondwater koude of warmte af aan het gebouwcircuit. Het water in het gebouwcircuit 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 (Techniplan Adviseurs). De uitgangspunten zijn bepaald conform de BRL 11000 (protocol BRL 11001) en 6000-21 conform ISSO-publicatie 39. In tabel 5 zijn de energetische uitgangspunten weergegeven voor de vergunningaanvraag.

Het bodemenergiesysteem bestaat uit vijf doubletten. In figuur 1 zijn de locaties van de bronnen weergegeven. In tabel 6a zijn de eigenschappen van de bronnen beschreven. In tabel 6b zijn de coördinaten van de bronnen opgenomen.

Tabel 5: energetische eigenschappen

	eenheid	koude leveren	warmte leveren
maximale waterverplaatsing	[m ³ /jaar]	1.280.000	1.310.000
gemiddelde waterverplaatsing	[m ³ /jaar]	846.000	886.000
maximale spuihoeveelheid onderhoud	[m ³ /jaar]		11.000 ¹
maximale spuihoeveelheid ontwikkelen ²	[m ³]		44.000 ¹
maximaal debiet	[m ³ /uur]	550	550
gemiddelde infiltratie temperatuur	[°C]	17	7
min. en max. infiltratietemperatuur	[°C]	25	5
energiehoeveelheid	[MWh/seizoen]	4.914	5.145
koudeoverschot	[%]		105

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

² eenmalig

Tabel 6a: eigenschappen bronnen

	eenheid	warmer bronnen	koude bronnen
filterlengte	[m]	50	50
filtertraject	[m-mv]	90 - 240	90 - 240

Tabel 6b: coördinaten bronnen

bron	eenheid	x-coördinaat	y-coördinaat
W1	[m]	96.187	436.853
W2	[m]	96.187	436.835
W3	[m]	96.187	436.800
W4	[m]	96.207	436.767
W5	[m]	96.206	436.744
K1	[m]	96.212	437.064
K2	[m]	96.205	437.025
K3	[m]	96.192	437.089
K4	[m]	96.175	437.089
K5	[m]	96.145	437.078

3.3. Aanleg en onderhoud

De bron wordt geboord volgens BRLSIKB protocol 2101, Mechanisch Boren. Het leidingwerk tussen de bron en technische ruimte 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 filters en de stijgbuis van de bron 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. De graafwerkzaamheden voor de putbehuizing vinden plaats op een kleine oppervlakte van 4 m².

Bij het aanleggen en onderhouden van de bronnen 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.

4. Effecten op het milieu

4.1. Inleiding

Er zijn verschillende berekeningen uitgevoerd om de effecten van het bodemenergiesysteem inzichtelijk te maken. De effecten 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.

4.2. Energiebesparing en emissiereductie

Het toepassen van bodemenergie bij Max Euwe Quartier resulteert in een besparing van 495.000 m³ aardgasequivalenten per jaar ten opzichte van een conventionele gasgestookte installatie. Dit komt neer op een energiebesparing van circa 47%. De energiebesparing resulteert in een emissiereductie van circa 750 ton CO₂ per jaar (39%) en 1.600 kg NO_x (84%). De kentallen voor de berekening zijn genomen uit de Uniforme Maatlat Gebouwen en Omgeving.

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

4.3. Hydrologische effecten

De grondwaterstandsverandering bedraagt maximaal 0,05 m. De stijghoogteverandering in het eerste watervoerende pakket bedraagt 0,13 m en de stijghoogteverandering in het gecombineerd tweede en derde watervoerende pakket bedraagt 9,2 m. Het berekende hydrologische invloedsgebied in het gecombineerd tweede en derde watervoerende pakket reikt tot maximaal 1.500 m van de bronnen. De berekeningsresultaten van de hydrologische effecten zijn opgenomen in bijlage 1.

4.4. Hydrothermische effecten

Het thermische invloedsgebied reikt tot maximaal 165 m van de warme bronnen en 225 m van de koude bronnen. 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 40 mm ter plaatse van de bronnen. De berekende maximale eindzetting van 40 mm bij de bronnen van het energieopslagsysteem en de daarmee gepaard gaande verschilzetting direct rondom de bronnen en in de lengte van de dichtstbijzijnde spoorlijn veroorzaakt geen schade aan gebouwen, funderingen, wegen of constructies. De onderbouwing van de zettingsberekening is opgenomen 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 van zoet naar brak grondwater bevindt zich in de deklaag. De overgang van brak naar zout water bevindt zich in de eerste scheidende laag. Van verzilting van zoete grondwatervoorraden is geen sprake. Een onderbouwing van de berekening van verzilting is opgenomen in bijlage 1.

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.

4.8. Invloed op andere grondwatergebruikers

In het hydrologische invloedsgebied van de bronnen van Max Euwe Quartier bevinden zich meerdere andere bodemenergiesystemen. De extra stijghoogteverandering ter plaatse van deze bodemenergiesystemen bedraagt maximaal 1,1 m. Een gedetailleerde beschrijving van de invloed bij elk bodemenergiesysteem is opgenomen in bijlage 1. Van negatieve hydrologische invloed is geen sprake.

Direct naast het bodemenergiesysteem bevindt zich het bodemenergiesysteem van Erasmus Universiteit en op iets grotere afstand het bodemenergiesysteem van Markstaete. Van negatieve hydrothermische invloed is geen sprake (zie bijlage 2).

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

4.9. Invloed op natuur

In de omgeving (< 1.500 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 verontreinigingen

In de deklaag worden in de bodem zware metalen en PAK's aangetroffen. Deze verontreinigingen zijn niet mobiel en worden niet verplaatst als gevolg van grondwaterstandsveranderingen. In het eerste en gecombineerd tweede en derde watervoerende pakket zijn geen verontreinigingen aanwezig.

4.11. Invloed op archeologie

Het beoogde bodemenergiesysteem heeft beperkt invloed op de grondwaterstand (0,05 m). Het bodemenergiesysteem heeft derhalve geen invloed op aanwezige cultuurhistorie en archeologische waarden, ook niet tijdens realisatie van het bodemenergiesysteem.

4.12. Invloed op gebouwen en infrastructuur

De geringe zetting (zie bijlage 3) en daarbij behorende verschilzetting veroorzaakt geen schade aan gebouwen (incl. rijksmonumenten) of infrastructuur (spoorlijnen, tramlijnen, metrolijnen). Het bodemenergiesysteem heeft beperkt invloed op de grondwaterstand (0,05 m). Van negatieve invloed op houten paalfunderingen is geen sprake. Van negatieve effecten op gebouwen en infrastructuur is geen sprake.

4.13. 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 7 wordt toegepast.

Tabel 7: voorkeursvolgorde lozen

type afvalwater	voorkeursvolgorde lozing (bevoegd gezag)
boorspoelwater (open en gesloten systemen)	1. Vuilwaterriool (gemeente) 2. In de bodem (gemeente) 3. Overige routes In de bodem en op het schoonwaterriool is niet 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.

4.14. Cumulatie van effecten

Met de bodemenergiesystemen van Erasmus Universiteit en Markstaete zijn cumulatieve hydrologische effectberekeningen uitgevoerd in bijlage 1.

Met de bodemenergiesystemen van Erasmus Universiteit en Markstaete zijn cumulatieve thermische effectberekeningen uitgevoerd in bijlage 1.

4.15. 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 bovenkant van de hydrologische basis is de gesloten onderkant van het model. Uitgangspunt is dat de bodemopbouw geldt voor het totale gemodelleerde gebied. In tabel 8 is de modelschematisatie weergegeven.

Tabel 8: modelschematisatie

diepte modellaag [m-mv]	toelichting	doorlaatvermogen [m ² /d]	weerstand [d]
1,1	gesloten bovenrand	-	∞
1 1,1 - 3	fictieve watervoerende laag	5	-
3 - 20	deklaag	-	1.200
2 20 - 30	eerste watervoerende pakket	140	-
30 - 90	eerste scheidende laag	-	3.000
3 90 - 91	gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket	12	-
91	fictieve scheidende laag	-	0,3 ¹
4 91 - 141	gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket	600	-
141	fictieve scheidende laag	-	39,3
5 140 - 240	gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket	638	-
> 240	hydrologische basis (gesloten onderrand)	-	∞

filters Max Euwe, Erasmus Universiteit en Markstaete ↑

¹ De standaard berekening voor de weerstand van de fictieve scheidende lagen in het gecombineerd tweede en derde watervoerende pakket is $c = D/k_v$. Waarbij D de dikte is van de helft van de bovenliggende laag en de helft van de onderliggende laag. k_v is de verticale doorlatendheid en wordt bepaald door de horizontale doorlatendheid en de anisotropiefactor (in deze berekening gesteld op 4). De verticale weerstand van de fictieve scheidende laag aan de bovenkant van het filter (in de casus dat het filter 1 meter onder de scheidende laag begint) wordt voor ODH berekend met bovenstaande formule met alleen de dikte van de bovenliggende laag. Hierdoor wordt de weerstand van de fictieve scheidende laag onderschat, wat resulteert in een grotere stijghoogteverandering boven het filter. Met het doel de zettingen worstcase te kunnen berekenen.

De berekeningen zijn stationair uitgevoerd. Dat wil zeggen dat in het model continu met maximaal debiet wordt onttrokken en geïnfilteerd (550 m³/uur, 110 m³/uur per bron).

Berekeningsresultaten

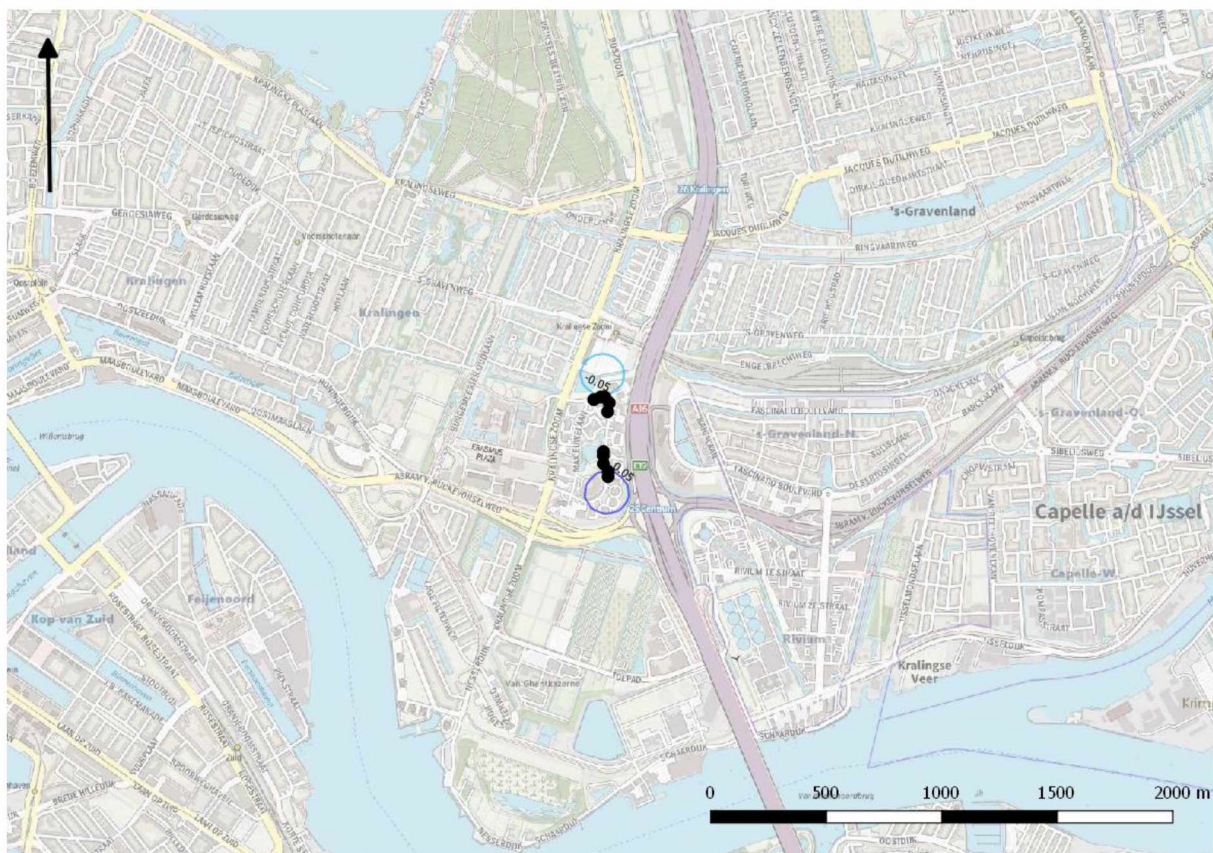
De berekeningen zijn uitgevoerd om inzicht te krijgen in de veranderingen van de grondwaterstand en de stijghoogten in de watervoerende pakketten ten gevolge van het grondwatersysteem. Tevens is bepaald tot welke afstand in de omgeving van het grondwatersysteem de grondwaterstand- en stijghoogteveranderingen 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 9.

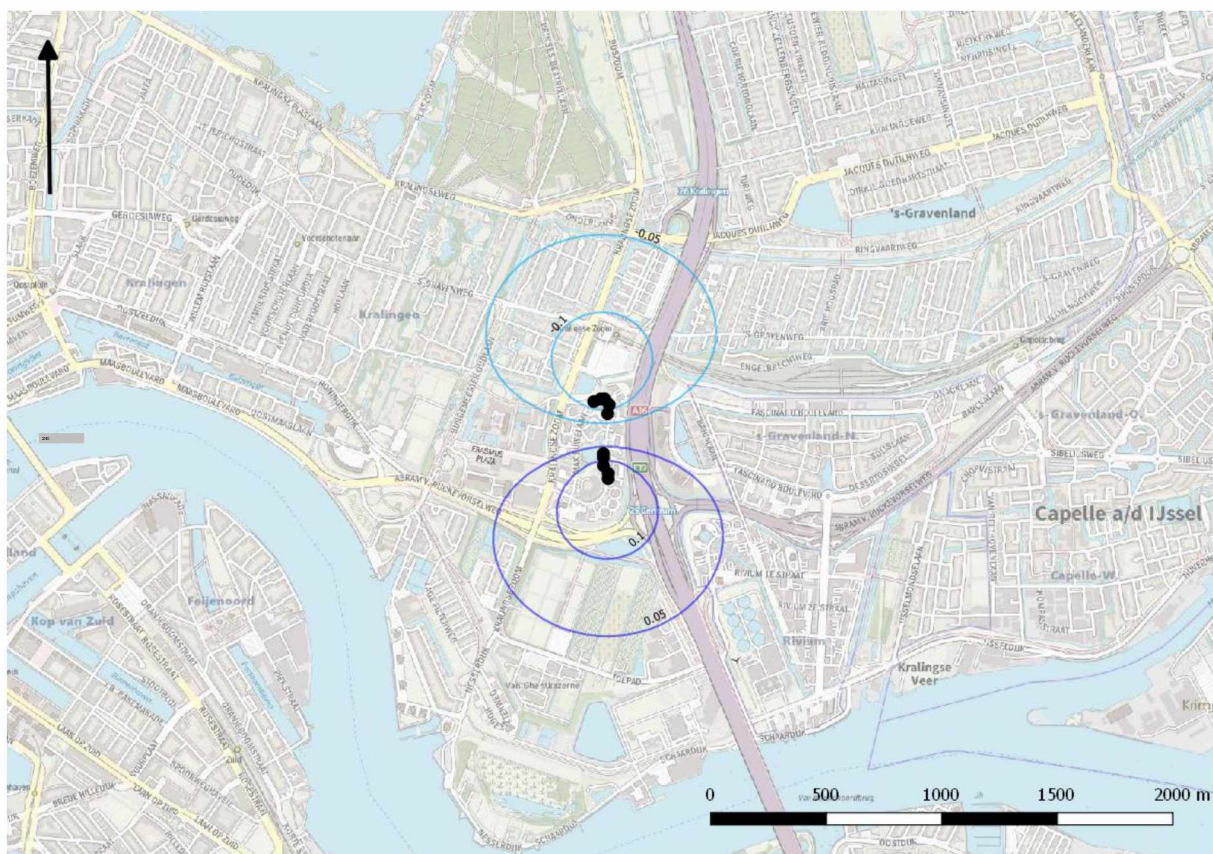
Tabel 9: hydrologische effecten

		eenheid	maximale verandering	maximaal invloedsgebied
1	grondwaterstand	[m]	0,05	180
2	eerste watervoerende pakket	[m]	0,13	690
4	gecombineerde tweede en gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket	[m]	9,20	1.500

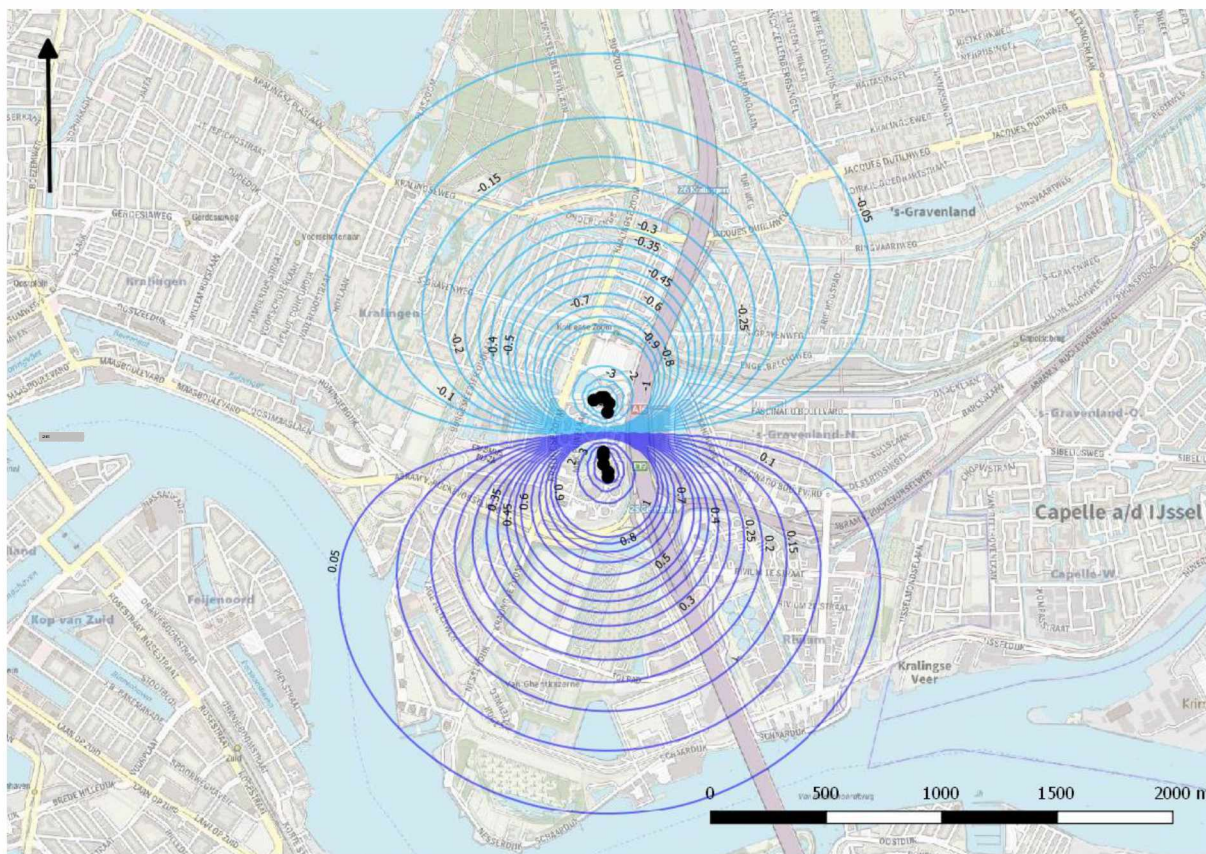
In figuur 3 is de verandering van de grondwaterstand weergegeven. In figuur 4 is het hydrologische invloedsgebied eerste watervoerende pakket weergegeven. In figuur 5 is het hydrologisch invloedsgebied in het gecombineerde tweede en gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket weergegeven.



Figuur 3: het maximale verandering grondwaterstand



Figuur 4: het maximale hydrologische invloedsgebied in het eerste watervoerende pakket



Figuur 5: het maximale hydrologische invloedsgebied in het opslagpakket

Invloed op andere grondwatergebruikers

In het hydrologische invloedsgebied van het Max Euwe Quartier bevinden zich meerdere andere bodemenergiesystemen. Het gaat om de volgende systemen:

- Erasmus Universiteit
- Markstaete
- Brainpark Fascinatio
- Rive Towers I en II
- Rivium
- Kantoor Nieuwe Maas BV

De beïnvloeding bij de bodemenergiesystemen van Kantoor Nieuwe Maas BV, Rivium, Rive Towers en Fascinatio is kleiner dan 0,2 m. Dit is verwaarloosbaar klein en zal geen negatieve invloed hebben op de bedrijfsvoering bij deze bodemenergiesystemen.

Bij het bodemenergiesysteem van Markstaete bedraagt de beïnvloeding van de stijghoogte ter hoogte van de koude bronnen maximaal 0,46 m en bij de warme bronnen 0,78 m. De beïnvloeding bij de bronnen van Erasmus bedraagt maximaal 1,1 bij één van de koude bronnen (K4). Bij de warme bronnen bedraagt de invloed van Max Euwe Quartier maximaal 0,4 m.

Verwacht wordt dat bij het ontwerp van het bodemenergiesysteem van Erasmus Universiteit rekening is gehouden met extra stijghoogteveranderingen als gevolg van het gebruik van de ondergrond door meerdere bodemenergiesystemen in het gebied (o.a. het gefaseerd aanleggen van het eigen bodemenergiesysteem). Bovendien zijn van het vergunde bodemenergiesysteem van Erasmus Universiteit nog maar vier bronnen gerealiseerd, namelijk W2 en W14, K1 en K15). De hydrologische invloed van Max Euwe ter plaatse van deze bronnen is opgenomen in tabel 10.

Tabel 10: hydrologisch invloed bij gerealiseerde bronnen Erasmus Universiteit

bron	eenheid	maximale verandering	effect
W2	[m]	0,33	dempend
W14	[m]	0,35	versterkend
K1	[m]	0,77	versterkend
K15	[m]	0,68	dempend

Extra stijghoogteveranderingen van minder 1 m zullen geen belemmering opleveren voor de bedrijfsvoering. Bij nog te realiseren bronnen zal rekening moeten worden gehouden met extra stijghoogteveranderingen.

Van negatieve invloed op andere grondwatergebruikers in geen sprake.

Verticale stroming deklaag en eerste scheidende laag

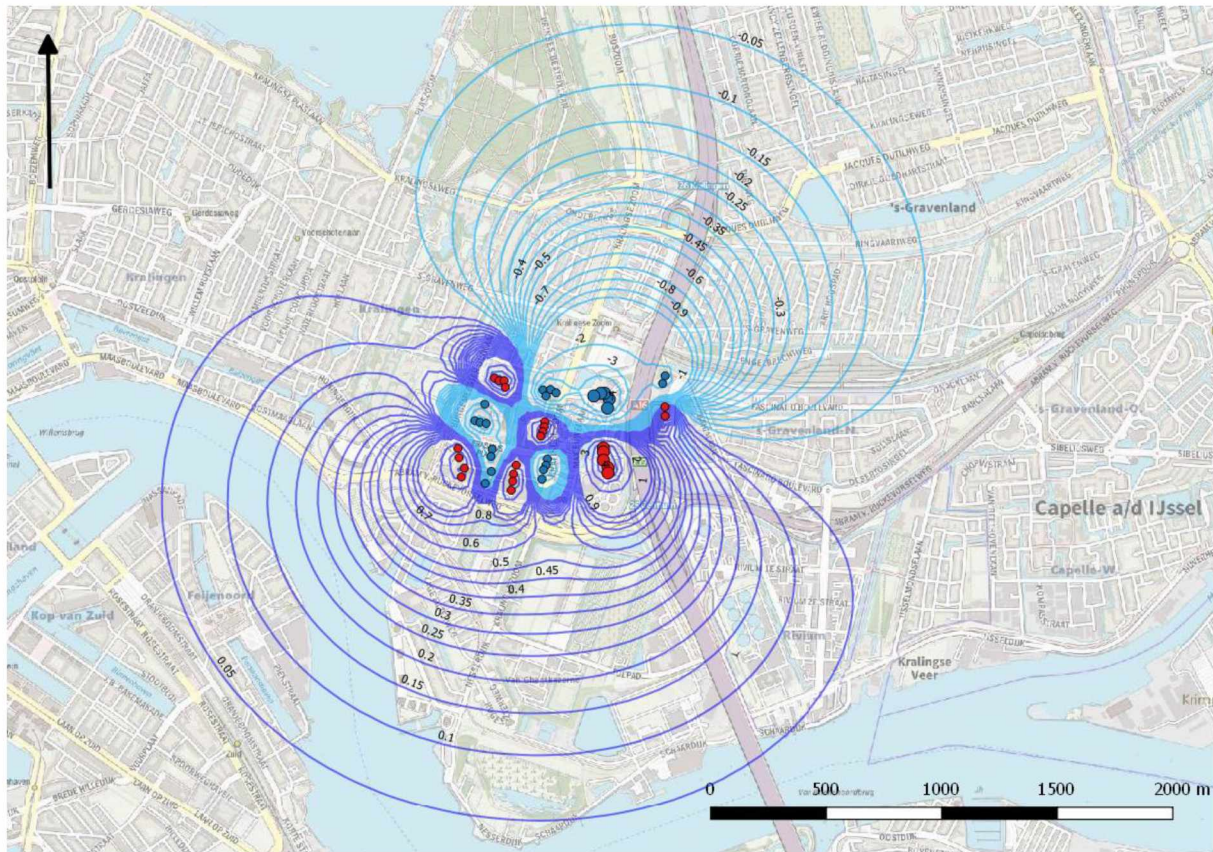
Het zoet-/brakgrensvlak bevindt zich in de deklaag. In de deklaag ontstaat ten gevolge van het bodemenergiesysteem een extra stijghoogteverschil. In het eerste watervoerende pakket is een stijghoogteverandering berekend van 0,14 m. De grondwaterstandsverandering in de deklaag bedraagt ongeveer 0,05 m. In relatie tot de weerstand van de deklaag ontstaat een verticale stroming door de deklaag. Deze bedraagt 0,015 m in de winter en in de zomer 0,01 m. De netto verandering van verticale grondwaterstroming door de eerste scheidende laag bedraagt 0,005 m. Dit is verwaarloosbaar klein. Van negatieve invloed op het zoet-/brakgrensvlak is geen sprake.

Door de eerste scheidende laag ontstaat ten gevolge van het bodemenergiesysteem een extra stijghoogteverschil. Direct onder de eerste scheidende laag is een stijghoogteverandering berekend van 7,5 m. In het eerste watervoerende pakket is een stijghoogteverandering berekend van 0,14 m. In relatie tot de weerstand van de scheidende laag ontstaat een verticale stroming door de eerste scheidende laag. Deze bedraagt 0,52 m in de winter en in de zomer 0,55 m. De netto verandering van verticale grondwaterstroming door de eerste scheidende laag bedraagt 0,03 m. Dit is verwaarloosbaar klein. Van negatieve invloed op het brak-/zoutgrensvlak is geen sprake.

Verzilting van zoete grondwatervoorraden treedt niet op.

Cumulatie met andere bodemenergiesystemen

Met de bodemenergiesystemen in het hydrologische invloedsgebied is een cumulatieve effectberekening uitgevoerd. De cumulatieve effecten zijn weergegeven in figuur 6. De maximale stijghoogteverandering bij de bronnen van Max Euwe Quartier bedraagt in de cumulatieve situatie 10 m.



Figuur 6: het maximale cumulatieve hydrologische invloedsgebied

Conclusie

Het zoet-/brakgrensvlak bevindt zich in de deklaag. De verandering van de verticale stroming in de eerste scheidende laag is verwaarloosbaar. Het zoet-/brakgrensvlak wordt daarom niet negatief beïnvloed. Verzilting van zoete grondwatervoorraden treedt niet op. Het bodemenergiesysteem heeft geen invloed op de grondwaterstand. Daardoor heeft het systeem geen invloed op archeologie, aardkundige waarden, houten paalfunderingen, landbouw, openbare groenvoorzieningen, Vogel- en Habitatrichtlijngebieden en Natuurbeschermingsgebieden.

In het berekende hydrologische invloedsgebied liggen andere bodemenergiesystemen. De berekende stijghoogteveranderingen ter hoogte van de bronnen van deze bodemenergiesystemen veroorzaakt geen negatieve invloed op het functioneren van deze bodemenergiesystemen.

Van negatieve hydrologische invloed is derhalve geen sprake.

Bijlage 2: Hydrothermische effecten

Om de hydrothermische berekeningen uit te voeren is gebruik gemaakt van HSTwin2D. Met dit programma kan warmtetransport worden berekend in een verzadigd grondwatersysteem. Voor het warme en koude filter zijn twee aparte modellen gemaakt.

Schematisatie

De modelparameters zijn weergegeven in tabel 11.

Tabel 11: modelschematisatie

laag naam	dikte [m]	Doorlatendheid [m/d]	verhang [‰]	warmtegeleiding [W/(mK)]	warmtecapaciteit [MJ/(m³K)]
geleidende toplaag	-	-	-	2,4	2,5
opslagpakket	50	12	0,6	2,4	2,5
geleidende onderlaag	-	-	-	2,4	2,5

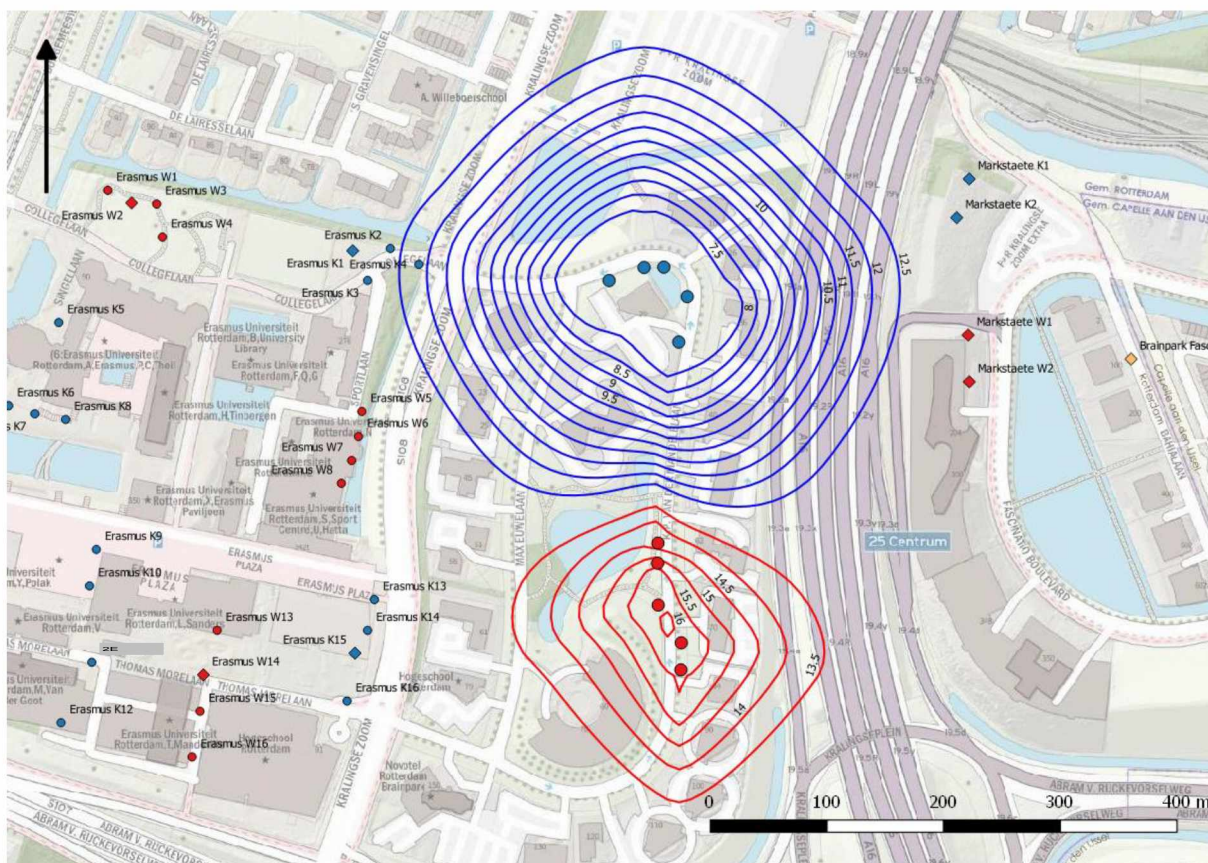
In tabel 12 is het onttrekkings- en infiltratiepatroon weergegeven die in het model zijn opgenomen.

Tabel 12: onttrekkings- en infiltratiepatroon

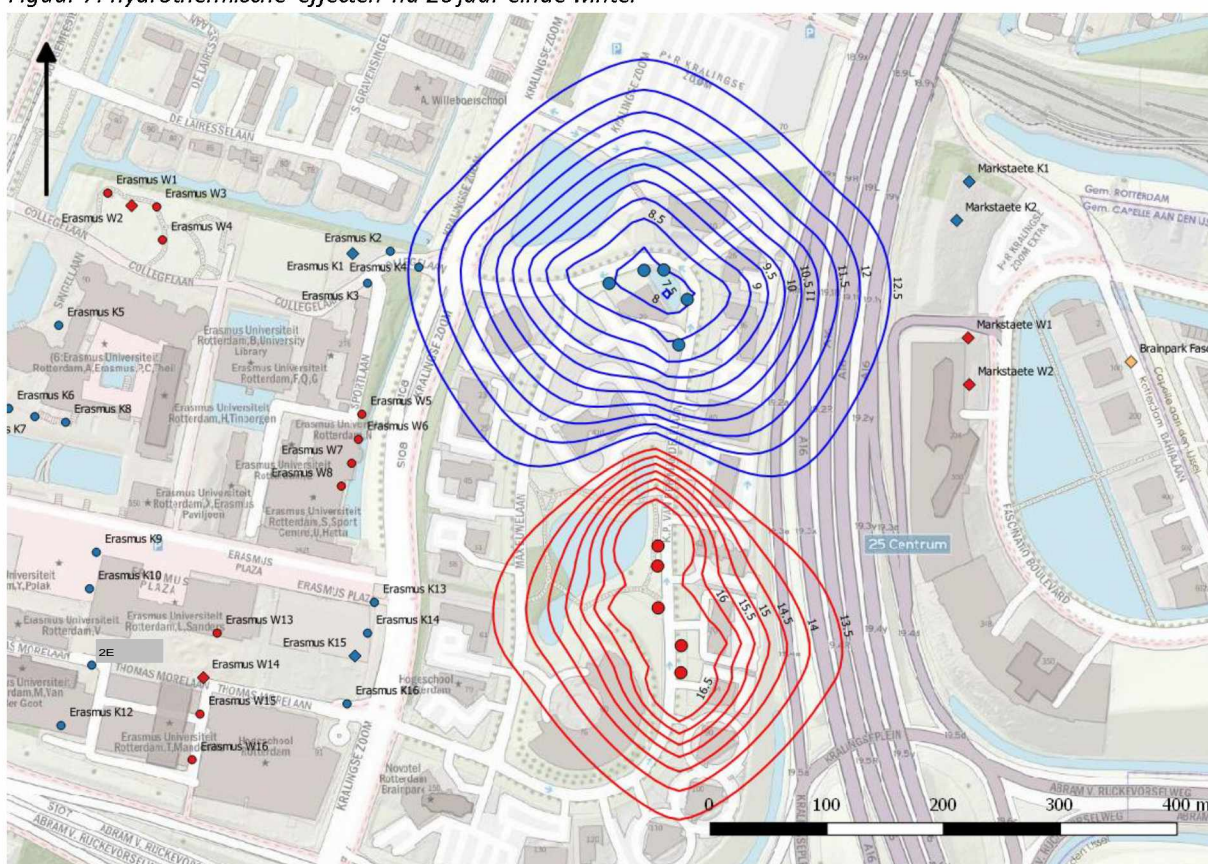
	gemiddelde waterverplaatsing [m³/seizoen]	infiltratietemperatuur [°C]
winter (warmte leveren)	886.000	7
lente	-	-
zomer (koude leveren)	846.000	17
herfst	-	-

Resultaten van de berekeningen

Het thermische invloedsgebied is het gebied rondom de infiltratiebron waar de temperatuur meer dan 0,5°C afwijkt van de natuurlijke grondwatertemperatuur. De natuurlijke grondwatertemperatuur van het opslagpakket bedraagt 13°C. De berekende temperaturen in de zomer en winter na 20 jaar zijn weergegeven in figuur 7 en 8. Het thermische invloedsgebied reikt tot maximaal 165 m van de warme bronnen (gemeten vanaf middelste warme bron) en 225 m van de koude bronnen (gemeten vanaf middelste koude bron).



Figuur 7: hydrothermische effecten na 20 jaar einde winter



Figuur 8: hydrothermische effecten na 20 jaar einde zomer

Invloed op andere bodemenergiesystemen

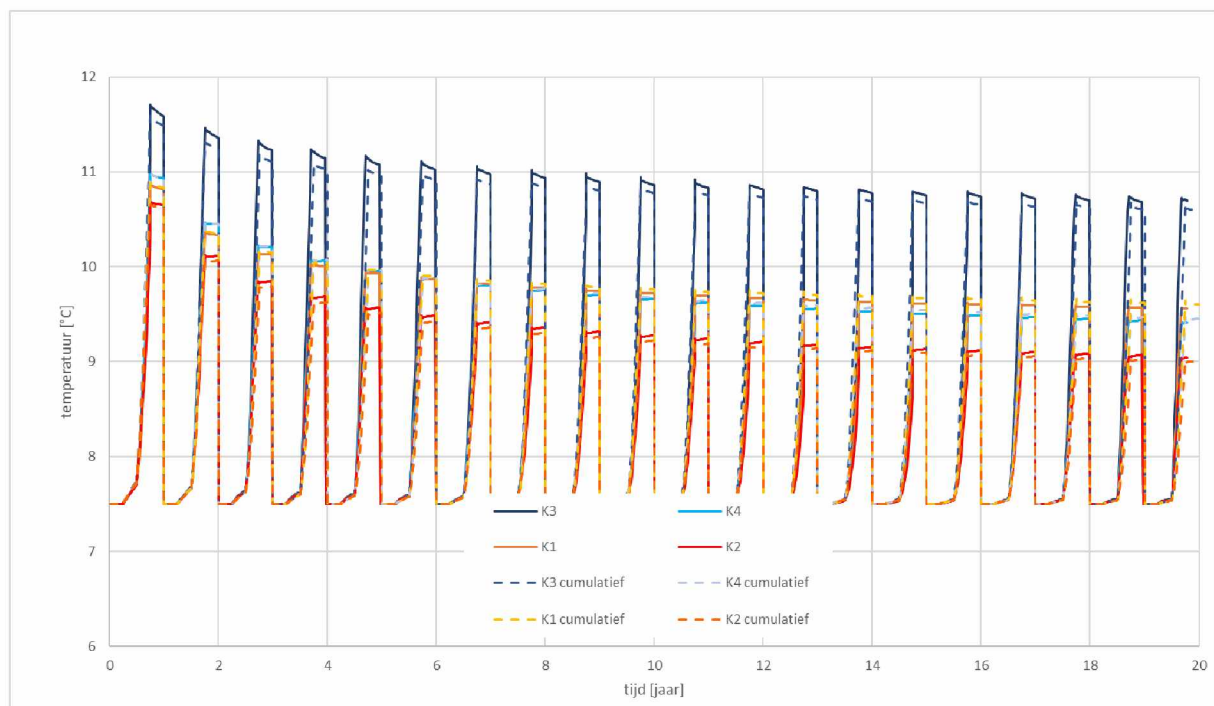
Het bodemenergiesysteem van Markstaete bevindt zich ver buiten het thermische invloedsgebied van Max Euwe Quartier. Uit de cumulatieve effectberekeningen blijkt bovendien dat er geen mate van overlap van effecten optreedt waarvan verwacht wordt dat die van invloed is op de onttrekkingstemperatuur in de bronnen van Markstaete. Van thermische invloed bij dit bodemenergiesysteem is derhalve geen sprake.

In het berekende thermische invloedsgebied van de bronnen van Max Euwe Quartier bevindt zich één bron van het bodemenergiesysteem van Erasmus Universiteit. Vanwege de grote omvang van het bodemenergiesysteem van Erasmus Universiteit is de verwachting dat door overlap van effecten een mate van thermische invloed zal optreden bij de bronnen van Erasmus Universiteit. In deze paragraaf wordt deze beïnvloeding gekwantificeerd.

De thermische invloed van Max Euwe Quartier op het bodemenergiesysteem van Erasmus is bepaald aan de hand van thermische modelberekeningen met HSTWin2D waarbij twee modelsimulaties zijn doorgerekend:

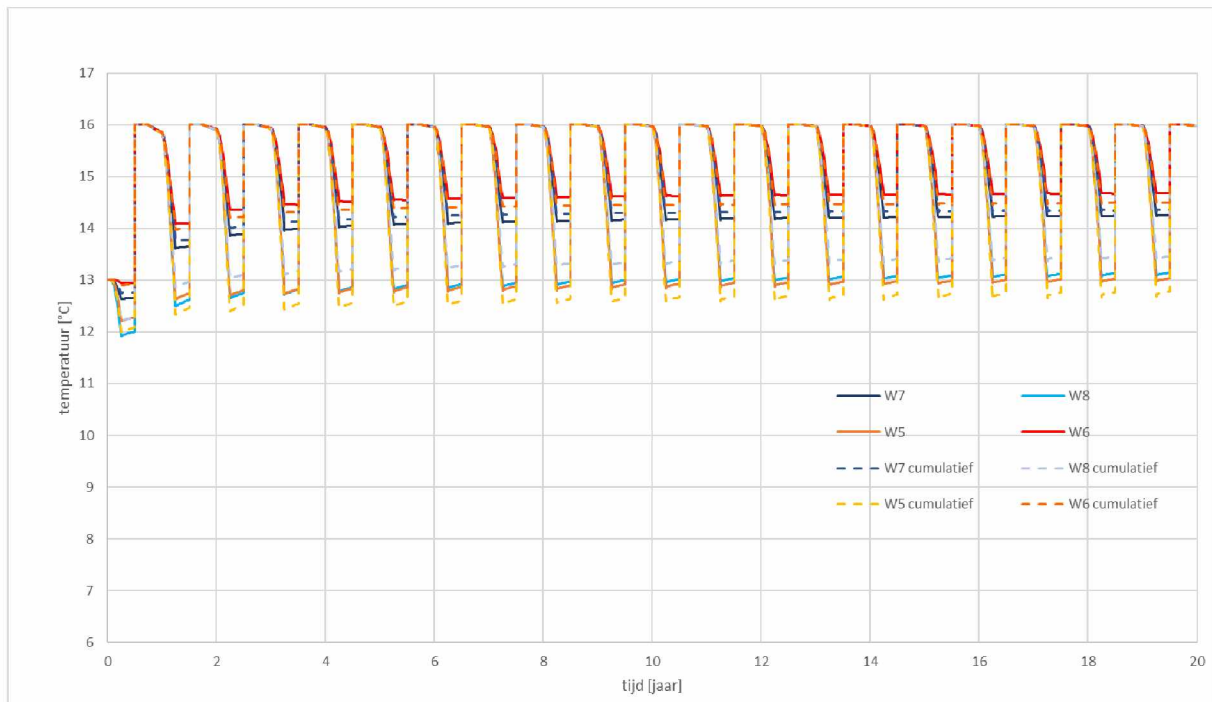
1. 0-situatie zonder Max Euwe Quartier
2. Cumulatieve (eind)situatie met Max Euwe Quartier

De onttrekkingstemperaturen in de bronnen van Erasmus Universiteit bij beide situatie worden vervolgens met elkaar vergeleken. Dit dichtstbijzijnde clusters met bronnen van Erasmus Universiteit zijn K1 t/m K4, W5 t/m W8 en K13 t/m K16. Het temperatuurverloop in deze bronclusters is weergegeven in figuur 9, 10 en 11. Aangenomen is dat in de overige clusters geen invloed optreedt als gevolg van Max Euwe Quartier.



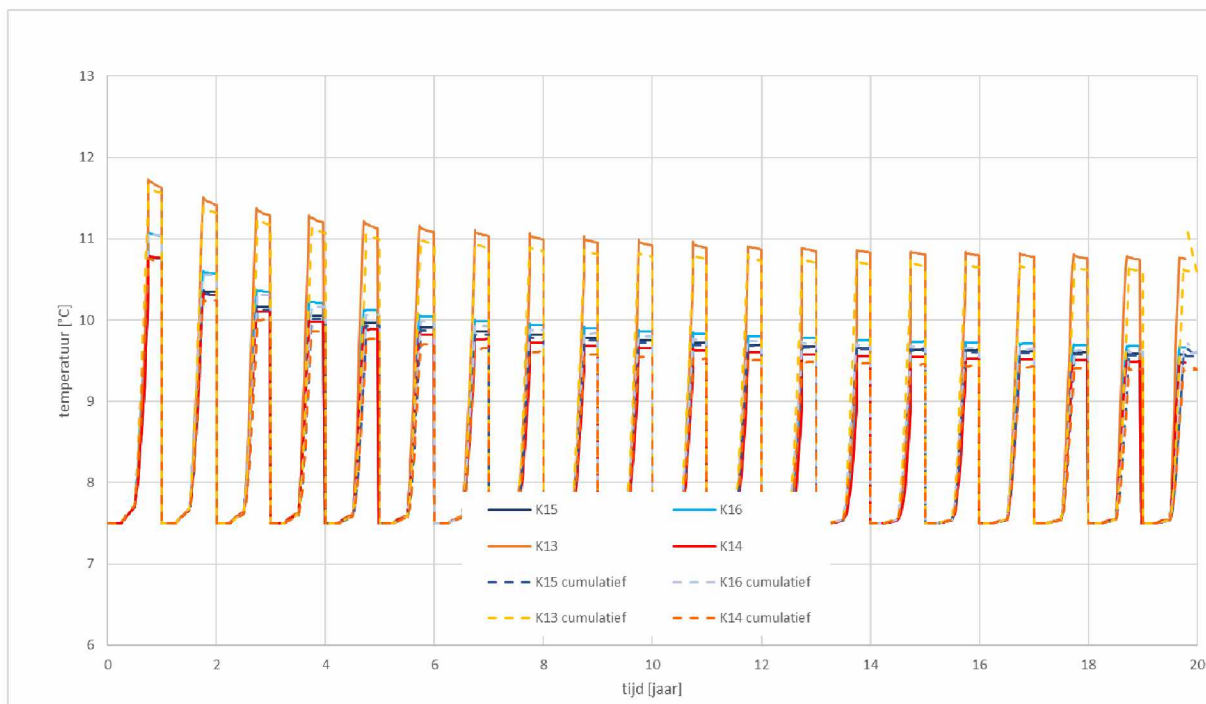
Figuur 9: Temperatuurverloop koude bronnen Erasmus Universiteit K1-K4

In de koude bronnen K1 t/m K4 is nauwelijks een invloed meetbaar. Bij K3 is een klein positief effect te zien. In de cumulatieve situatie loopt de temperatuur in de bron iets minder op dan in de 0-situatie. Van bronnen K1 t/m K4 is alleen bron K1 gerealiseerd.



Figuur 10: Temperatuurverloop warme bronnen Erasmus Universiteit W5-W8

De invloed van Max Euwe Quartier op de warme bronnen van Erasmus Universiteit is maximaal circa 0,3 °C: Bij warme bron W5 loopt de temperatuur aan het eind van het stookseizoen circa 0,3 °C terug. Bij warme bronnen W7 en W8 is een positief effect berekend. Bij deze bronnen loopt de temperatuur aan het eind van het seizoen juist minder ver terug. Gemiddeld over de vier warme bronnen is de beïnvloeding 0,02 °C. Dit is verwaarloosbaar klein. Bovendien gaat het hier om vier bronnen die nog niet bestaan.

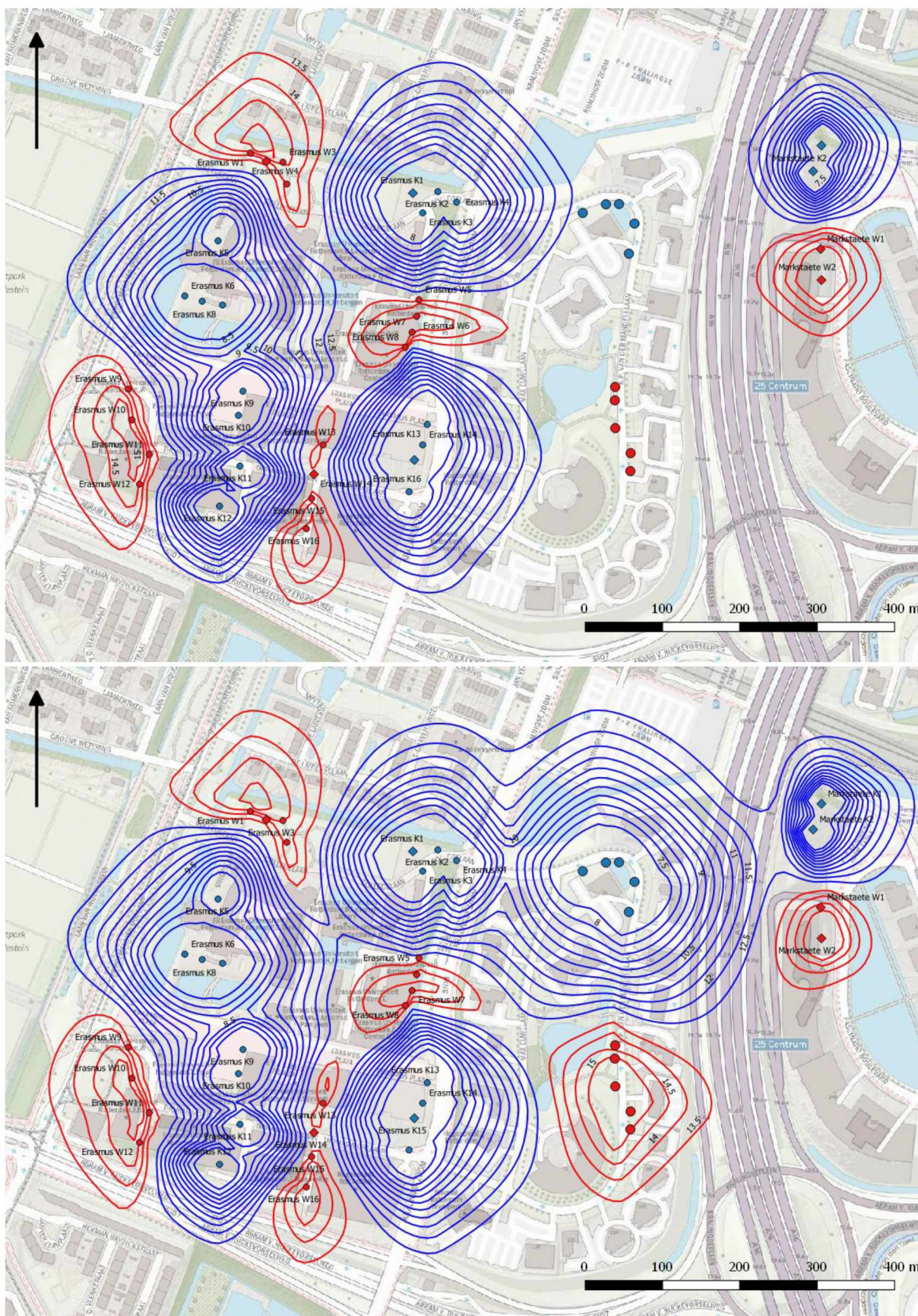


Figuur 11: Temperatuurverloop koude bronnen Erasmus Universiteit K13-K16

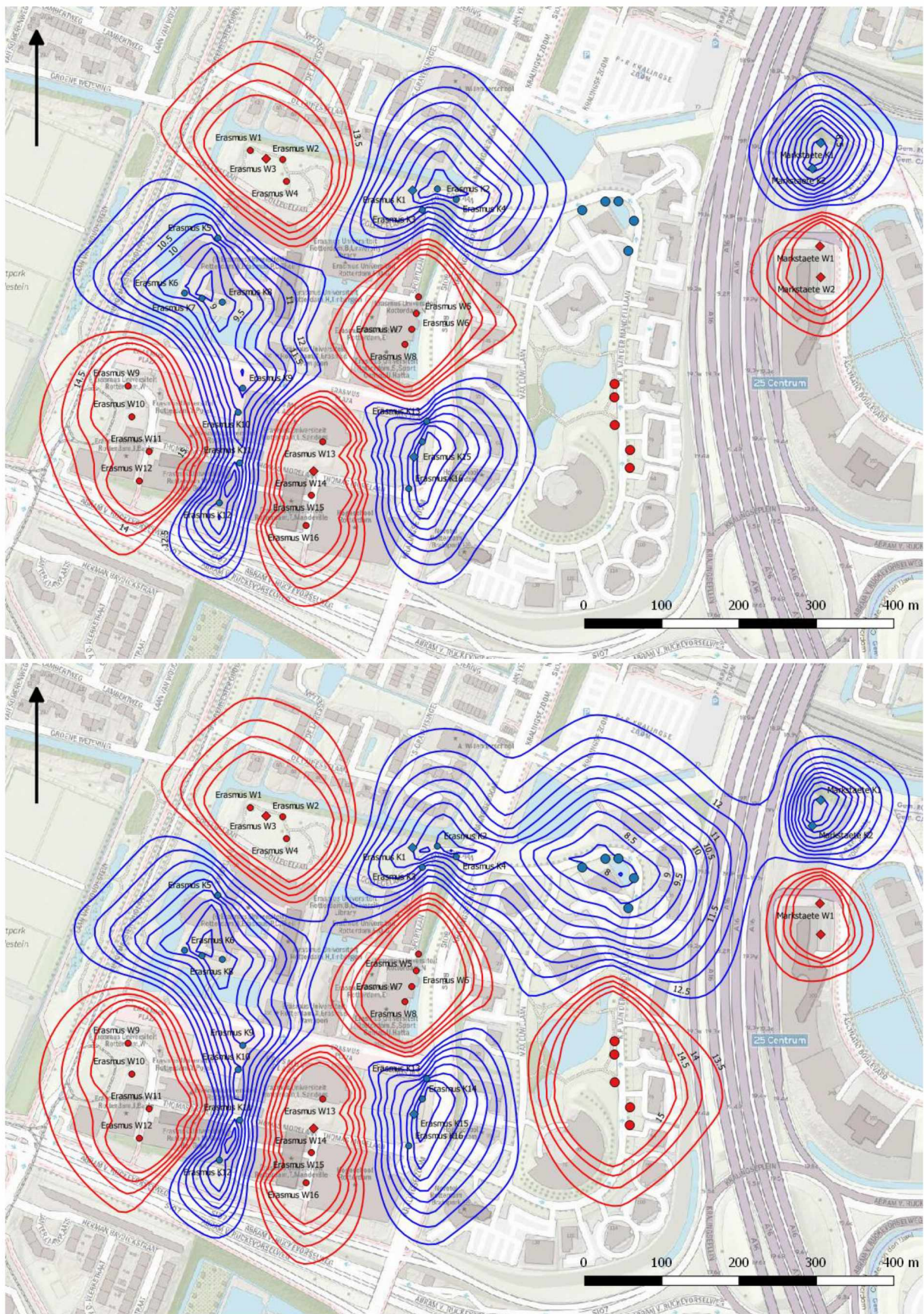
In de koude bronnen K13 t/m K16 is bij alle bronnen een klein positief effect te zien. In de cumulatieve situatie loopt de temperatuur in de bron iets minder op dan in de 0-situatie. Van deze bronnen is alleen K15 gerealiseerd.

Cumulatie met andere bodemenergiesystemen

Met het bodemenergiesysteem van Erasmus Universiteit en Markstaete is een cumulatieve thermische berekening uitgevoerd. Daarnaast is ter vergelijking een thermische effectberekening uitgevoerd met alleen Erasmus Universiteit en Markstaete. De cumulatieve effecten en de effecten zonder Max Euwe Quartier zijn weergegeven in figuur 12 en 13.



Figuur 12: cumulatieve hydrothermische effecten na 20 jaar einde winter



Figuur 14: cumulatieve hydrothermische effecten na 20 jaar einde zomer

Conclusie

De thermische beïnvloeding in de bronnen van Erasmus Universiteit als gevolg van het bodemenergiesysteem van Max Euwe Quartier is verwaarloosbaar klein. Van negatieve hydrothermische effecten is geen sprake.

Bijlage 3: Zettingen

De eindzetting is berekend op basis van Terzaghi (parameters conform NEN blad 6740). Voor de berekening zijn de maximaal berekende stijghoogteverlagingen opgenomen op basis de cumulatieve situatie. De theoretisch berekende eindzetting bedraagt 40 mm. Ter onderbouwing is in figuur 15 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		1,1	0	-	-	1600	0
	1,1						
zand		1,9	0,077	200	1,0E+09	2000	0
	3						
klei en matig grof zand		17		30	4,0E+02	1800	4
	20						
zand		10	0,209	450	1,0E+99	2000	0
	30						
klei en matig fijn zand		60		140	1,5E+03	1800	36
	90						
zand		1	8,308	800	1,0E+99	2000	0
	91						
zand		50	10,023	800	1,0E+99	2000	0
	141						
zand		99	1,965	800	1,0E+99	2000	0
	240						
totaalzetting							40

Figuur 15: Zettingsberekening uitgevoerd op basis van Terzaghi (cumulatief)

Het gecombineerd tweede en derde watervoerende pakket bestaat uit een grillige afwisseling van zand- en kleilagen. In de praktijk worden de filters geplaatst tussen de aanwezige kleilagen. De stijghoogteveranderingen in de zandlagen tussen de kleilagen zullen ongeveer hetzelfde zijn (afhankelijk van doorlatendheid). Het stijghoogteverhang over de kleilagen in het filtertraject zal derhalve verwaarloosbaar zijn en nauwelijks resulteren in extra zetting. De grootste zetting komt voort uit de kleilagen in de scheidende lagen boven het filter. In dit geval met name uit de eerste scheidende laag. Omdat eventuele zetting in de kleilagen tussen de filters naar verwachting verwaarloosbaar is, is deze zetting in de berekening van de zetting buiten beschouwing gelaten.

Het zettingsverhang (verschilzetting) binnen 10 m vanaf de bronnen bedraagt 1 : 560 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.

In de deklaag en de eerste scheidende laag is klei aanwezig. In de deklaag treedt 4 mm zetting op. Er is een maximale eindzetting berekend van 36 mm in de eerste scheidende laag. De eerste scheidende laag is diep gelegen. Optredende zettingen in de eerste scheidende laag worden uitgedempt door bovenliggende lagen. Aan maaiveld worden daarom geen zettingen verwacht.

De berekende maximale eindzetting van 40 mm bij de bronnen van het energieopslagsysteem en de daarmee gepaard gaande verschilzetting direct rondom de bronnen en in de lengte van de dichtstbijzijnde spoorlijn veroorzaakt geen schade aan gebouwen, funderingen, wegen of constructies.