

Emmasingelkwadrant Eindhoven

Bijlage voor de vergunning Waterwet en
aanmeldnotitie voor de m.e.r.-beoordeling

Referentie: 23014
Datum: 26 januari 2026

Adviseur

diipadvies BV

Larixhof 17

■■■■■ Dieren

contactpersoon

■■■■■

06-■■■■■

■■■■■@diipadvies.nl

www.diipadvies.nl

Inhoudsopgave

1.	Inleiding.....	4
1.1.	Aanleiding	4
1.2.	Soort activiteit.....	4
1.3.	Planning.....	4
1.4.	Motivering van de activiteit	4
2.	Plaats van de activiteit	5
2.1.	Locatiebeschrijving	5
2.2.	Bodemopbouw	5
2.3.	Overzichtstabel locatiekenmerken	6
2.4.	Verontreinigingen	7
2.5.	Bodemenergiesystemen	7
2.6.	Bodemenergieplan	9
2.7.	Infrastructuur.....	10
3.	Kenmerken van de activiteit	11
3.1.	Principe bodemenergiesysteem	11
3.2.	Aard en omvang van de activiteit	11
3.3.	Aanleg en onderhoud.....	13
4.	Effecten op het milieu	15
4.1.	Inleiding.....	15
4.2.	Energiebesparing en emissiereductie	15
4.3.	Hydrologische effecten	15
4.4.	Hydrothermische effecten	15
4.5.	Zettingen	15
4.6.	Geluid	15
4.7.	Invloed op de waterkwaliteit	16
4.8.	Invloed op andere grondwatergebruikers	16
4.9.	Invloed op verontreinigingen.....	16
4.10.	Invloed op natuur en landbouw	16
4.11.	Invloed op archeologie	16
4.12.	Invloed op gebouwen en infrastructuur	16
4.13.	Lozingswater	17
4.14.	Cumulatie van effecten	17
4.15.	Conclusie	17
	Bijlagen.....	18

Bijlage 1: Geohydrologische effecten	19
Bijlage 2: Hydrothermische effecten	26
Bijlage 3: Zettingen	29

1. Inleiding

1.1. Aanleiding

In Eindhoven wordt aan de Vonderweg en Ventoselaan een woningbouwproject gerealiseerd. De klimatisering wordt verzorgd met een open bodemenergiesysteem.

Milieubelastende activiteitvergunning

Voor het exploiteren van een bodemenergiesysteem is een milieubelastende activiteitvergunning benodigd in het kader van de Omgevingswet. Voor u ligt de effectenstudie voor het open bodemenergiesysteem. Deze studie dient als bijlage bij de vergunningaanvraag. In deze studie worden de effecten van het bodemenergiesysteem op de omgeving gekwantificeerd.

Wijziging

Voor Emmasingelkwadrant (Emmasingelkwadrant) is op 19 april 2024 een milieubelastende activiteitvergunning verleend (kenmerk Z-2023-013586 / D-2024-047511). Het bouwproject is uitgebreid met een extra fase nadat deze vergunning verleend was.

Door de uitbreiding wordt een tweede doublet aan het bodemenergiesysteem toegevoegd en veranderen de energetische uitgangspunten van het totale bodemenergiesysteem. Voor deze uitbreiding wordt verzocht de vergunning van Emmasingelkwadrant te wijzigen.

1.2. Soort activiteit

Voor de gebouwen in het Emmasingelkwadrant in Eindhoven wordt een bodemenergiesysteem gerealiseerd. De bronnen en de bijbehorende energiecentrale voorziet de gebouwen van duurzame energie. De bronnen worden geboord in het eerste watervoerende pakket. Met de bronnen wordt grondwater onttrokken en geretourneerd in hetzelfde watervoerende pakket.

1.3. Planning

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

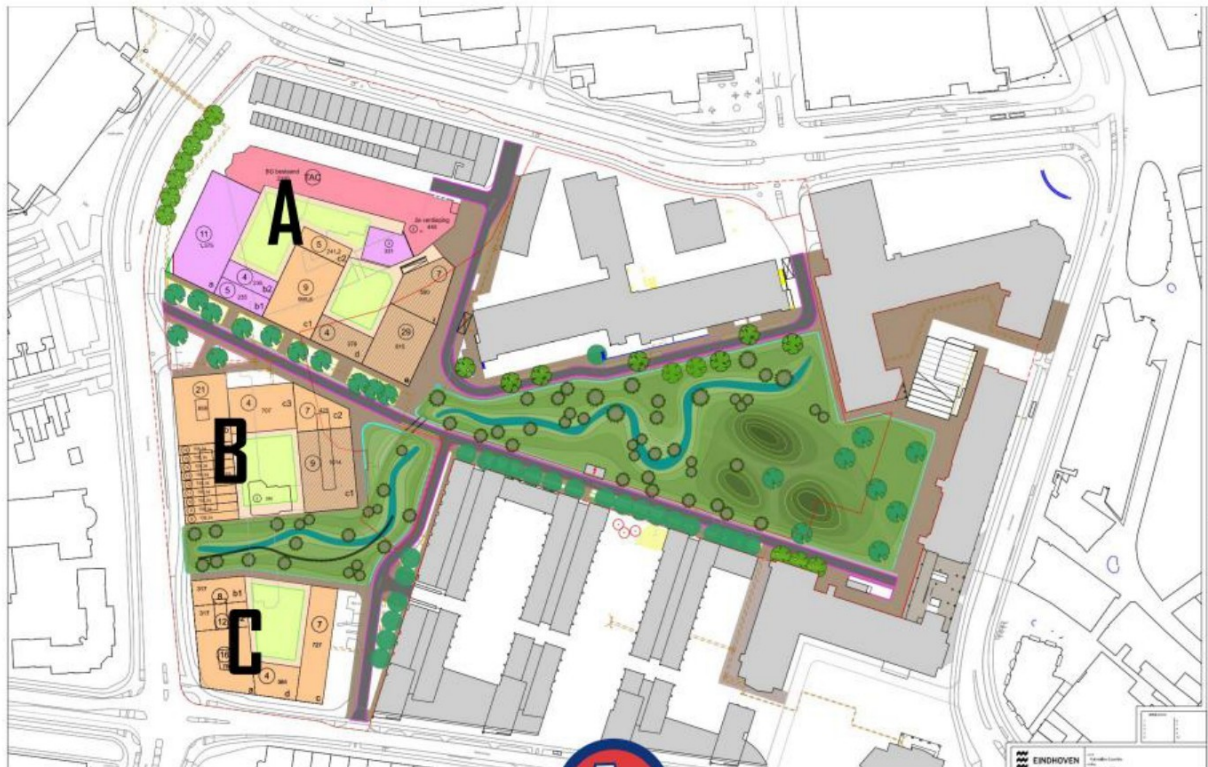
1.4. Motivering van de activiteit

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

Het project is gelegen aan de Vonderlaan en Ventoselaan in Eindhoven. De projectlocatie is weergegeven in figuur 1. Voorliggende vergunningaanvraag behelst de bouwvelden A en B. Bouwveld A omvat het TAC gebouw, de Gageltoren en de Victoriatoren. Bouwveld B omvat de ontwikkelingen Vonderpark en Southpark. In totaal omvatten de bouwvelden A en B 1.242 woningen met in totaal circa 73.500 m² GO.



Figuur 1: projectlocatie

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
- Beschrijving bodemopbouw Masterplan Centrumgebied Eindhoven

In tabel 1 is de bodemopbouw geschematiseerd weergegeven.

Tabel 1: gehanteerde bodemopbouw

diepte (m-mv)	lithologie	geohydrologische benaming	doorlatendheid of weerstand
0 - 29	matig fijn tot matig grof zand met enkele leemlagen	deklaag	350 m ² /d, 200 d
29 - 118	zeer grof tot uiterst grof zand	1 ^e watervoerende pakket	2.400 m ² /d
118 - 140	klei, enkele laagjes fijn tot matig fijn zand	1 ^e scheidende laag	> 10.000 d

2.3. Overzichtstabel locatiekenmerken

In tabel 2 zijn de locatiekenmerken beschreven inclusief bronvermelding.

Tabel 2: locatiekenmerken

kenmerk	eenheid	
grondwaterstroming 1 ^e watervoerende pakket (snelheid) ^a	[m/jaar]	20
grondwaterstroming 1 ^e watervoerende pakket (richting) ^a	[-]	NNO
grondwatertemperatuur (opslagpakket) ^b	[°C]	11,5
grondwaterstand ^c	[m NAP]	variërend +15,3 tot +16,2
stijghoogte 1 ^e watervoerende pakket ^d	[m NAP]	+16
zoet-/brakgrensvlak (chloride 150 mg/l) ^d	[m NAP]	> 300
brak-/zoutgrensvlak (chloride 1.000 mg/l) ^d	[m NAP]	> 300
verontreinigingen in het 1 ^e watervoerende pakket ^e	< 500 m	aanwezig (zie 2.4)
grondwatergebruikers 1 ^e watervoerende pakket ^f	< 1.500 m	aanwezig (zie 2.5)
gesloten bodemenergiesystemen ^g	< 1.000 m	aanwezig (zie 2.5)
interferentiegebied	-	aanwezig (zie 2.6)
archeologische verwachting ^h	< 2.000 m	laag
aardkundig waardevol gebied ^h	-	niet aanwezig
monumenten ^h	< 2.000 m	niet aanwezig
landbouw en overige agrarische bestemming ⁱ	< 2.000 m	niet aanwezig
natuurbeschermingsgebieden ⁱ	< 2.000 m	niet aanwezig
grondwaterbeschermingsgebieden ⁱ	< 2.000 m	niet aanwezig
spoorlijnen ^j	< 500 m	aanwezig (zie 2.7)
maaiveld ^k	[m NAP]	+17

a bron: Isohypsens REGIS

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

c bron: grondwaterstand: <https://grondwater.webscada.nl/eindhoven/>

d bron: REGIS en grondwatertools

e bron: Gemeente Eindhoven

f bron: overzicht ODZOB

g bron: overzicht gemeente Eindhoven

h bron: monumentenkaart Eindhoven (https://regelen.Eindhoven.nl/_ipp/dashboard/prod/erfgoed/monumentenkaart) en beleidsnota Archeologie gemeente Eindhoven (<https://kaart.Eindhoven.nl/app/map/18>)

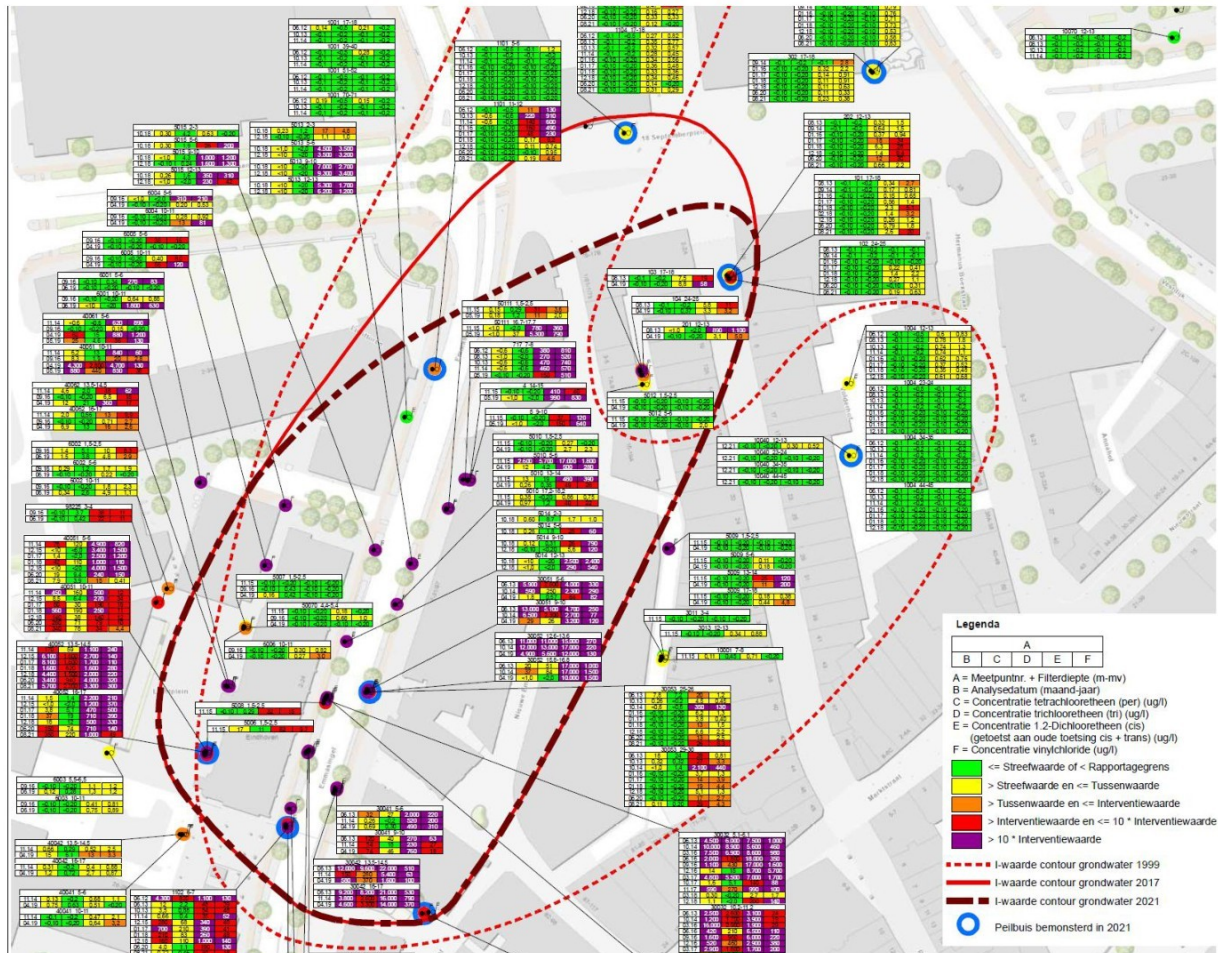
i bron: PDOK en interactieve kaarten Provincie Noord-Brabant

j bron: topografische kaart

k bron: Actueel Hoogtebestand Nederland

2.4. Verontreinigingen

250 m ten oosten van Emmasingelkwadrant is een VOCl verontreiniging aanwezig. Het gaat om de verontreiniging De Witte Dame. De verontreiniging wordt gesaneerd met nutriënten. Deze worden geïnjecteerd aan de de Emmasingel. De verontreiniging is aangetroffen tot circa 17 m-mv. In figuur 2 is de ligging van de verontreiniging weergegeven.



Figuur 2: Verontreiniging Witte Dame aan de Emmasingel

2.5. Bodemenergiesystemen

In een straal van 1.500 m zijn andere bodemenergiesystemen aanwezig (zie figuur 3).



Figuur 3: Bodemenergiesystemen in de buurt van TAC

2.6. Bodemenergieplan

Emmasingelkwadrant bevindt zich in het Masterplan Bodemenergie Centrumgebied Eindhoven. Emmasingelkwadrant bevindt zich in deelgebied Westzijde Plangebied. In het Masterplan zijn ordeningsregels opgenomen specifiek voor dit deelgebied. In het deelgebied zijn stroken voor warme en koude bronnen gedefinieerd.

Algemeen

1. Alleen open bodemenergiesystemen in de vorm van doubletten in de stroken zijn toegestaan, dus geen clusters van doubletten en geen monobronnen, recirculatiesystemen of gesloten bodemenergiesystemen – (GBES). ✓ **voldoet**

Positionering

2. Bronnen worden geplaatst binnen de grenzen van de vastgestelde beschikbare zoekgebieden/stroken, corresponderend met het type (warm/koud). ✓ **voldoet voor twee bronnen (zie figuur 4), K1 ligt op de rand koude strook. W2 ligt in de warme strook. K2 en W1 liggen buiten de stroken.**

3. Bronnen worden in principe niet in de openbare ruimte geboord, tenzij aan de coördinator bodemenergie van de gemeente Eindhoven wordt aangetoond dat het niet anders kan. In dat geval dient in een vroeg stadium bij de gemeente Eindhoven als grondeigenaar toestemming te worden verkregen om bronlocaties en leidingtracés aan te mogen leggen. ✗ **bronnen liggen in openbaar terrein**

4. Een warme en een koude bron dienen minimaal 100 meter uit elkaar te liggen. ✓ **voldoet: afstand tussen de bronnen bedraagt circa 180 m.**

5. Binnen één strook dienen bronnen circa 50 m uit elkaar te liggen. ✓ **voldoet voor warme bronpaar.** ✗ **Koude bronpaar bevindt zich dicht bij elkaar. Omdat de ontwikkeling van zelfde initiatiefnemer is, is dit naar verwachting geen belemmering.**

GGB

6. VOCl-verontreinigingen in het grondwater vallen onder het GGB-beleid en mogen de (doel)gebiedsgrens in horizontale en verticale richting niet overschrijden. ✓ **voldoet** Daarom dienen alle aanvragen voor OBES vooraf getoetst te worden door de coördinator bodemenergie.

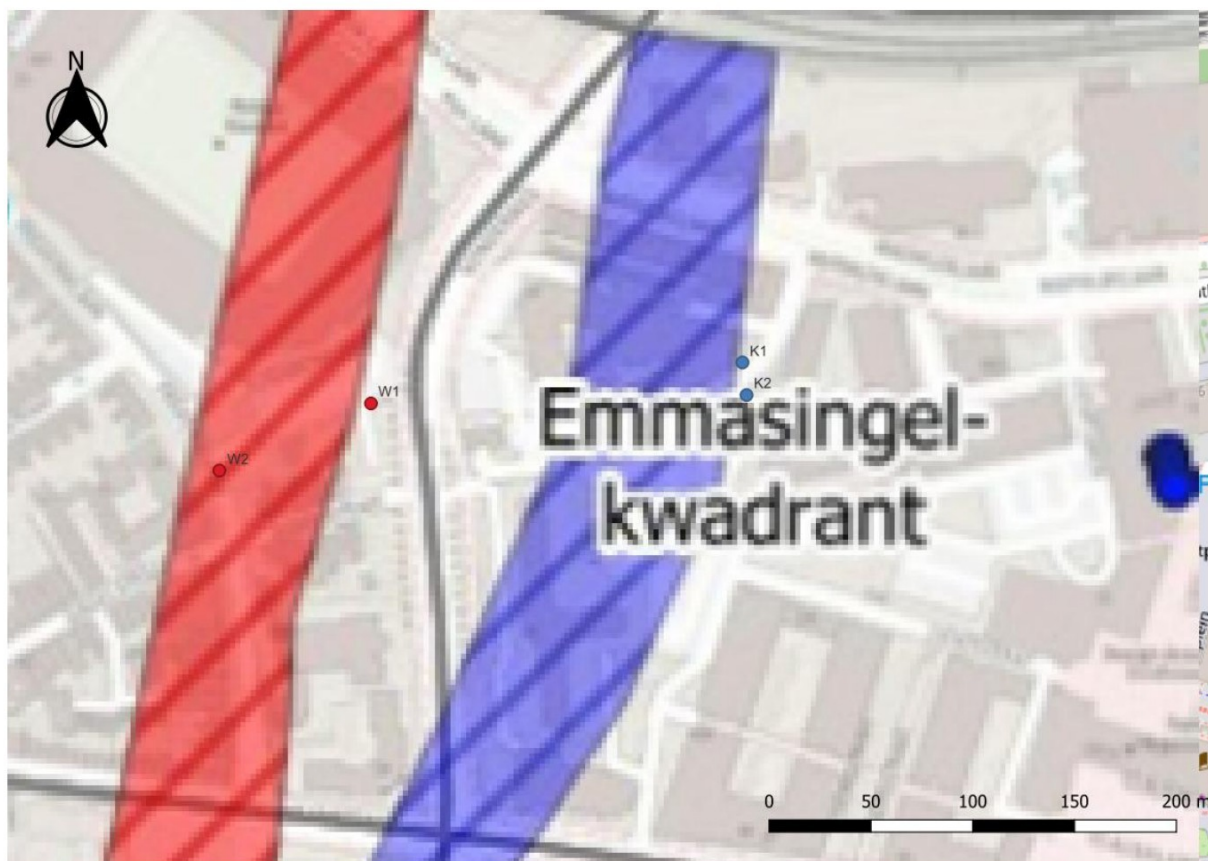
7. Overige verontreinigingen (o.a. minerale olie, aromaten en zware metalen) mogen zich niet verder verspreiden en vallen buiten het GGB-beleid. ✓ **voldoet**

8. Warme bronnen in de warme stroken (zie figuur 5) mogen alleen gekoppeld worden aan de direct oostelijk gelegen koude bronnen in de koude stroken. ✓ **voldoet**

Energie

9. Elk OBES dient thermisch in balans te zijn. De provincie Noord-Brabant verwoordt deze balanssituatie in de beschikking van de vergunning Waterwet (thans Omgevingswet). ✓ **voldoet**

Gemeente Eindhoven heeft mondeling aangegeven dat de maximale boordiepte in het bodemenergieplan niet 80 m-mv maar 90 m-mv bedraagt.



Figuur 4: Bronlocaties in relatie tot stroken bodemenergieplan

2.7. Infrastructuur

Op 170 m ten noorden van de projectlocatie loopt de spoorlijn naar Eindhoven Centraal.

3. Kenmerken van de activiteit

3.1. Principe bodemenergiesysteem

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

Als het project warmtevraag heeft, wordt grondwater uit de warme bron opgepompt. Via een warmtewisselaar wordt de warmte overgedragen aan warmtepompen. De warmtepompen voorzien de gebouwen 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 de technische ruimte van en naar de warme en koude filters gepompt. In de warmtewisselaar staat het grondwater koude of warmte af aan het secundaire circuit. Het water in het gebouw-circuit 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 4a en 4b zijn de energetische uitgangspunten opgenomen van de vigerende vergunning en de wijziging.

Het bodemenergiesysteem bestaat uit twee doubletten. Doublet 1 (K1 en W1) zijn reeds vergund. Doublet 2 (K2 en W2) worden toegevoegd aan de installatie. In figuur 5 zijn de locaties van de bronnen weergegeven op de topografische kaart. In tabel 5 zijn de eigenschappen van de bronnen beschreven.

Tabel 4a: energetische eigenschappen vigerende vergunning

	eenheid	koude leveren	warmte leveren
maximale waterverplaatsing	[m ³ /jaar]	200.000	200.000
gemiddelde waterverplaatsing	[m ³ /jaar]	160.000	160.000
maximaal debiet	[m ³ /uur]	150	150
gemiddelde infiltratie temperatuur	[°C]	17	7
min. en max. infiltratietemperatuur	[°C]	25	5
energiehoeveelheid	[MWh/seizoen]	915	915
vermogen	[kW]	1.221	864

Tabel 4b: energetische eigenschappen wijziging

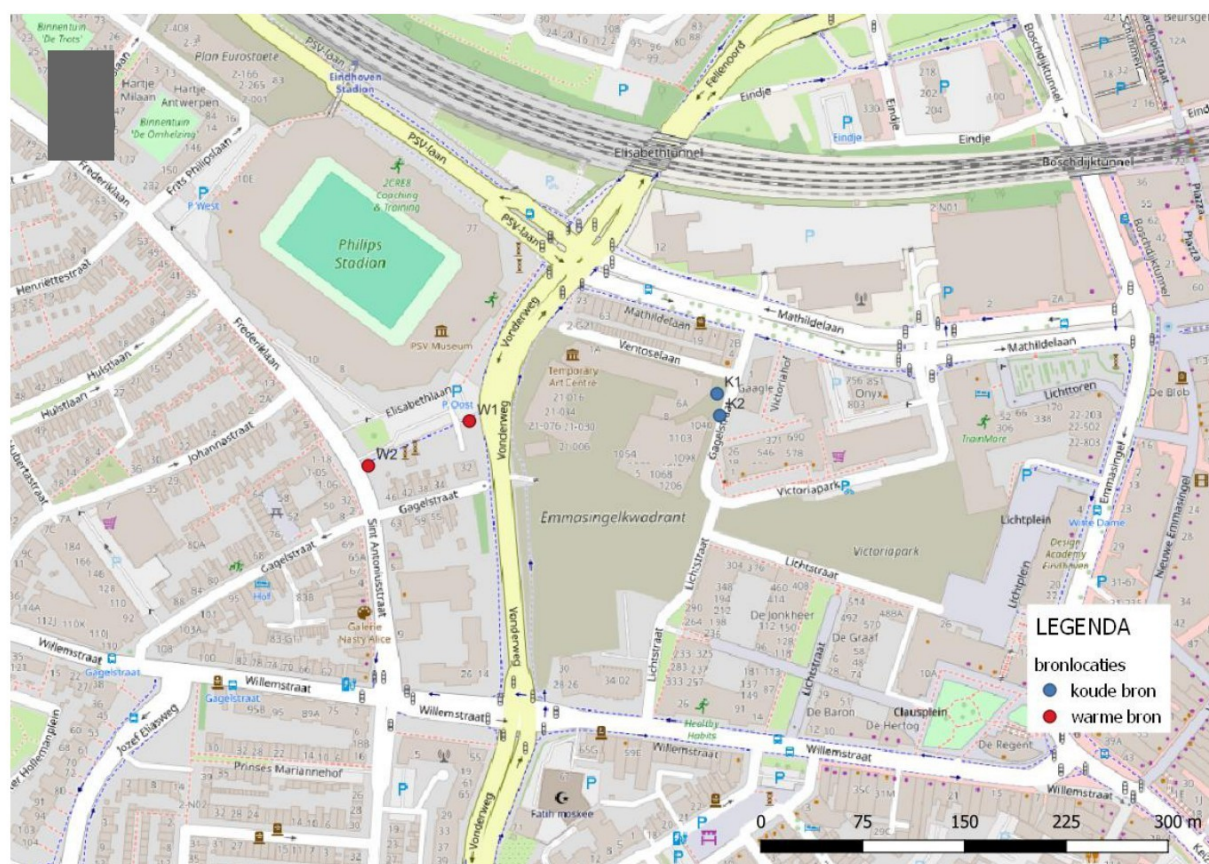
	eenheid	koude leveren	warmte leveren
maximale waterverplaatsing	[m ³ /jaar]	235.000	235.000
gemiddelde waterverplaatsing	[m ³ /jaar]	188.000	188.000
maximaal debiet	[m ³ /uur]	240	240
gemiddelde infiltratie temperatuur	[°C]	17	7
min. en max. infiltratietemperatuur	[°C]	25	5
energiehoeveelheid	[MWh/seizoen]	1.090	1.090
vermogen	[kW]	1.670	1.670

Tabel 5: eigenschappen bronnen

	eenheid	warm 1	warm 2 ²	koud 1	koud 2 ²
minimale filterlengte	[m]	30	30	30	30
filtertraject ¹	[m-mv]	30 - 90	30 - 90	30 - 90	30 - 90
x-coördinaat	[m]	160.658	160.584	160.841	160.843
y-coördinaat	[m]	383.503	383.470	383.523	383.507

¹ Het definitieve filtertraject wordt bepaald op basis van de aangetroffen bodemopbouw nadat de boring op diepte is gekomen (de filterstelling). Het filter wordt geplaatst in de bodemlagen die daarvoor het meest geschikt zijn (grofzandige lagen).

² nieuwe bronnen



Figuur 5: bronlocaties

De bronlocaties zijn afgestemd met gemeente Eindhoven en bevinden zich tegen de koude en warme strook van het masterplan aan. Warme bron 2 bevindt zich in de warme strook.

3.3. Aanleg en onderhoud

De bron wordt geboord volgens BRL SIKB protocol 2101, Mechanisch Boren. Het horizontaal leidingwerk tussen de bron en de 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 filter 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. De vrijkomende grond bij de boorwerkzaamheden wordt conform het Besluit Bodemkwaliteit afgevoerd.

Bij het aanleggen en onderhouden van de bronnen komt grondwater vrij. De keuze voor het lozen van het boorspoelwater, het ontwikkelwater en het beheerwater is beschreven in een separate lozingsnotitie.

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 (bijlage 1), de hydrothermische effecten (bijlage 2) en de zettingseffecten (bijlage 3). 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 het bodemenergiesysteem resulteert in een besparing van circa 204.000 m³ aardgasequivalenten per jaar. Dit komt neer op een energiebesparing van circa 62%. De energiebesparing resulteert in een emissiereductie van circa 356 ton CO₂ per jaar (57%) en 440 kg NO_x (86%).

De SPF-verklaring conform artikel 4.1144 van het Besluit Activiteiten Leefomgeving is separaat bijgevoegd bij de aanvraag op het Omgevingsloket.

4.3. Hydrologische effecten

De maximale stijghoogteverandering bedraagt 3,5 m. De grondwaterstandsverandering bedraagt 0,12 m. Het berekende hydrologische invloedsgebied in het eerste watervoerende pakket reikt tot maximaal 1.355 m van de bronnen. De berekeningsresultaten van de hydrologische effecten zijn opgenomen in bijlage 1.

4.4. Hydrothermische effecten

Het berekende maximale hydrothermische invloedsgebied reikt tot maximaal 200 m van de bronnen. De berekeningen van de hydrothermische effecten zijn opgenomen in bijlage 2.

4.5. Zettingen

Als gevolg van door het bodemenergiesysteem veroorzaakte verlagingen van de grondwaterstand en stijghoogte kan zetting van de bodem optreden. De berekende eindzetting is 4 mm. De onderbouwing van de zettingsberekening is opgenomen in bijlage 3. Van negatieve effecten ten gevolge van zetting is geen sprake.

4.6. Geluid

Geluid wordt tijdelijk geproduceerd als gevolg van boorwerkzaamheden, aanleg horizontaal leidingwerk, aanleg putbehuizing en inrichten van de technische ruimte. 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 nieuwbouw van

Emmasingelkwadrant. 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 zout grondwater bevindt zich in het eerste watervoerende pakket. De hydrologische invloed van het bodemenergiesysteem is daar nihil. Het beoogde bodemenergiesysteem van Emmasingelkwadrant heeft derhalve geen invloed op de ligging van het zoet-/brakgrensvlak.

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 hebben op de chemische en microbiologische samenstelling van het grondwater.

Van negatieve invloed op de waterkwaliteit is geen sprake.

4.8. Invloed op andere grondwatergebruikers

Er zijn andere grondwatergebruikers aanwezig in het hydrologisch en thermisch invloedsgebied. De berekende beïnvloeding ter plaatse van deze bodemenergiesystemen is dermate klein dat deze bodemenergiesystemen geen negatieve invloed ondervinden. Van negatieve invloed op andere grondwatergebruikers is geen sprake. Een onderbouwing is beschreven in bijlage 1 en 2.

4.9. Invloed op verontreinigingen

In het hydrologische invloedsgebied bevindt zich de verontreiniging De Witte Dame. Deze verontreiniging wordt gesaneerd. Het bodemenergiesysteem van TAC heeft geen invloed op de sanering van deze verontreiniging.

4.10. Invloed op natuur en landbouw

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. Van negatieve invloed op de aanwezige landbouw is derhalve geen sprake.

4.11. Invloed op archeologie

Het beoogde bodemenergiesysteem heeft beperkt invloed op de grondwaterstand (0,12 m). Het bodemenergiesysteem heeft derhalve geen negatieve invloed op cultuurhistorie en archeologische waarden, ook niet tijdens realisatie van het bodemenergiesysteem.

4.12. Invloed op gebouwen en infrastructuur

De geringe zetting veroorzaakt geen schade aan gebouwen of infrastructuur. Van negatieve effecten op gebouwen en infrastructuur is geen sprake. Van negatieve invloed op houten paalfunderingen is geen sprake. De zettingsberekening is opgenomen in bijlage 3. Van negatieve invloed 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 Omgevingswet 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. op het maaiveld (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. Bij het aanleggen en onderhouden van de bronnen komt grondwater vrij. De keuze voor het lozen van het boorspoelwater, het ontwikkelwater en het beheerwater is beschreven in een separate lozingsnotitie.

4.14. Cumulatie van effecten

Cumulatie van hydrologische effecten treedt op met een aantal bodemenergiesystemen. De cumulatieve hydrologische effecten zijn weergegeven in bijlage 1 (figuur 9 en 10).

Van cumulatie van thermische effecten is geen sprake.

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 hydrologisch basis is de gesloten onderkant van het model. Uitgangspunt is dat de bodemopbouw geldt voor het totale gemodelleerde gebied. In tabel 7 is de modelschematisatie weergegeven.

Tabel 7: modelschematisatie

diepte [m-mv]	toelichting	doorlaatvermogen [m ² /d]	weerstand [d]
1,7 - 25	freatisch pakket	350	-
25 - 29	weerstand deklaag	-	200
29 - 30	1 ^e watervoerende pakket	40	-
30	fictieve scheidende laag	-	1,9
30 - 60	1 ^e watervoerende pakket	1.200	-
60	fictieve scheidende laag	-	3,7
60 - 118	1 ^e watervoerende pakket	1.160	-
> 118	hydrologische basis	-	∞

filters TAC 

De berekeningen zijn stationair uitgevoerd. Dat wil zeggen dat in het model continu met maximaal debiet wordt onttrokken en geïnfiltreerd (240 m³/uur).

Fictieve scheidende lagen

De fictieve scheidende lagen zijn representatief voor de verticale weerstand in het watervoerend pakket waar het onvolkomen filter van het bodemenergiesysteem is gesitueerd. De fictieve scheidende lagen worden bepaald door de helft van de weerstand van de watervoerende laag boven de fictieve scheidende laag en de bovenste helft van de onderliggende laag mee te nemen. In beide gevallen wordt een anisotropie van 5 aangehouden.

Berekeningsresultaten

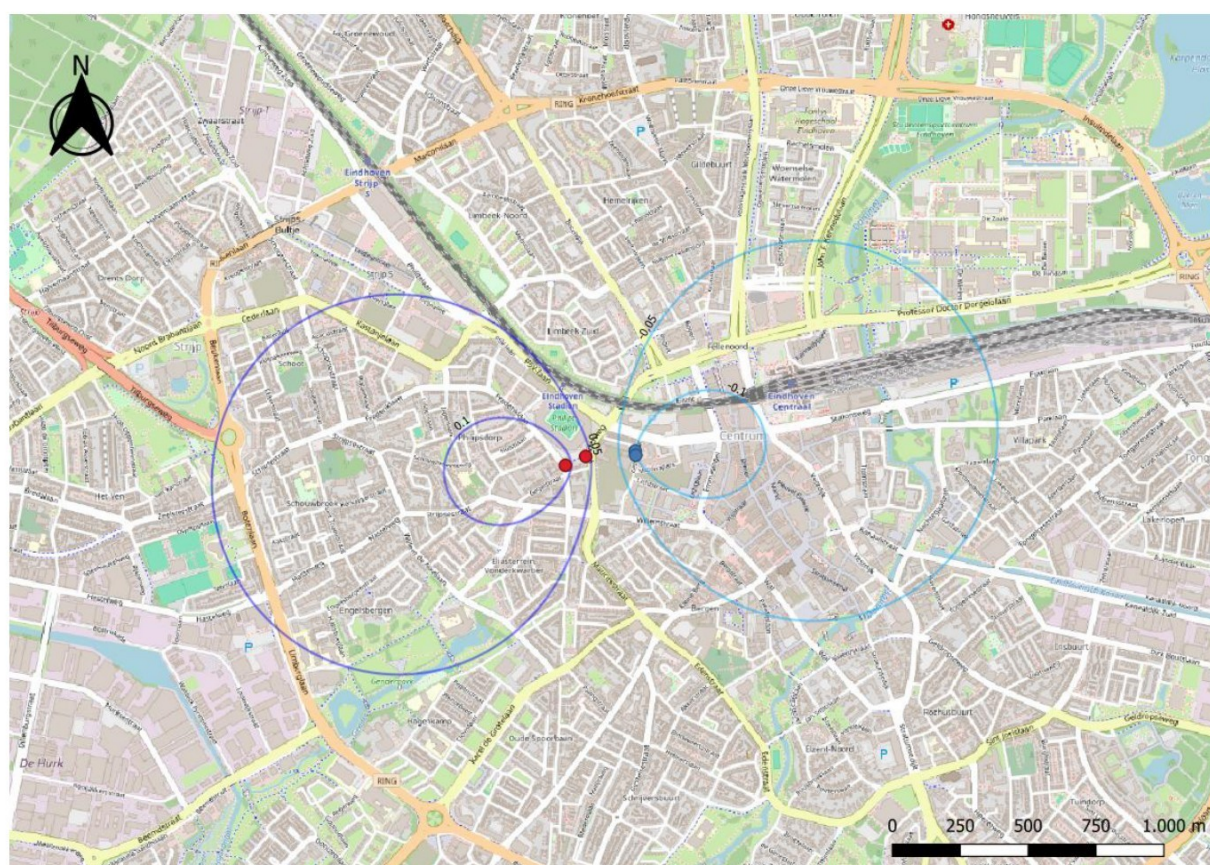
De berekeningen zijn uitgevoerd om inzicht te krijgen in de veranderingen van de grondwaterstand en de stijghoogten in de watervoerende pakketten ten gevolge van het grondwatersysteem. Tevens is bepaald tot welke afstand in de omgeving van het grondwatersysteem de grondwaterstand- en stijghoogteveranderingen 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 in tabel 8. De verandering van de grondwaterstand en de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket zijn zo klein dat deze niet in figuren zijn weer te geven.

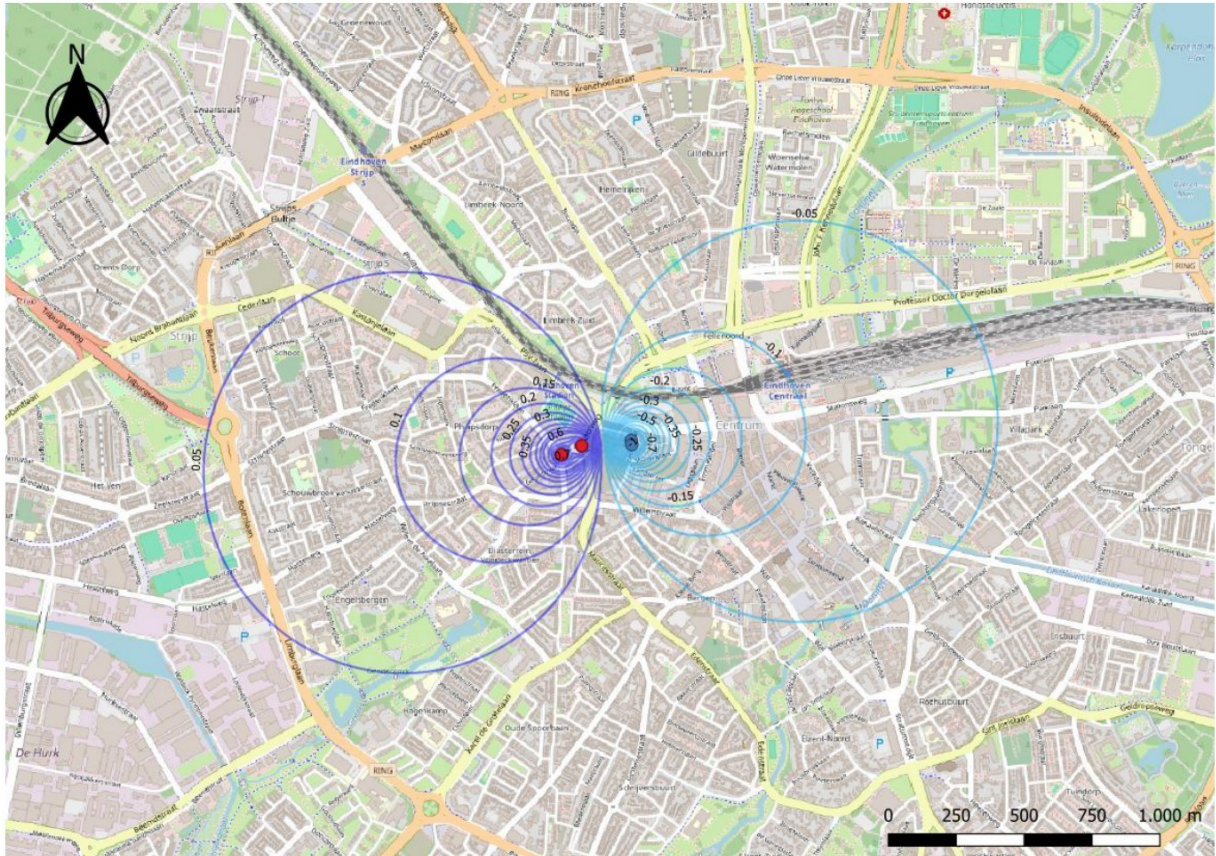
Tabel 8: hydrologische effecten

	eenheid	maximale verandering	maximaal invloedsgebied
grondwaterstand	[m]	0,12	1.340
1 ^e watervoerende pakket	[m]	3,5	1.355

In figuur 6 en 7 is het maximale hydrologische invloedsgebied in de grondwaterstand en het eerste watervoerende pakket weergegeven.



Figuur 6: het maximale hydrologische invloedsgebied grondwaterstand



Figuur 7: het maximale hydrologische invloedsgebied in het eerste watervoerende pakket

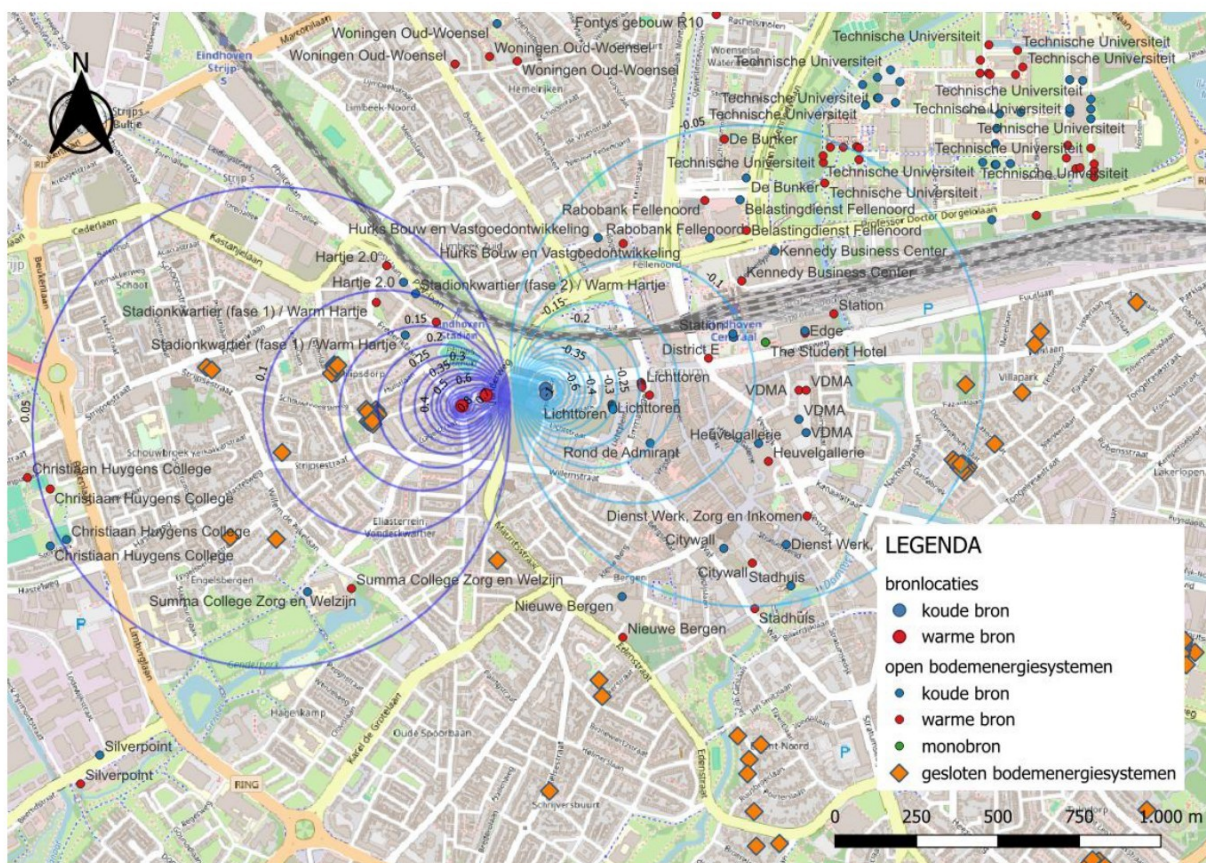
Invloed op zoet grondwater

Het zoet-/brakgrensvlak en het brak-/zoutgrensvlak bevinden zich diep in de hydrologische basis. Van verzilting van zoete grondwatervoorraden is echter geen sprake.

Invloed op andere grondwatergebruikers

In het hydrologische invloedsgebied van Emmasingelkwadrant bevinden zich meerdere bodemenergiesystemen (zie figuur 7).

De stijghoogteverandering als gevolg van Emmasingelkwadrant bij deze bodemenergiesystemen bedraagt 0,05 tot 0,3 m. De extra stijghoogteverandering zijn dermate klein en zullen daarom niet tot problemen leiden bij de bronnen van een ander bodemenergiesysteem. Van negatieve invloed op andere grondwatergebruikers is geen sprake.



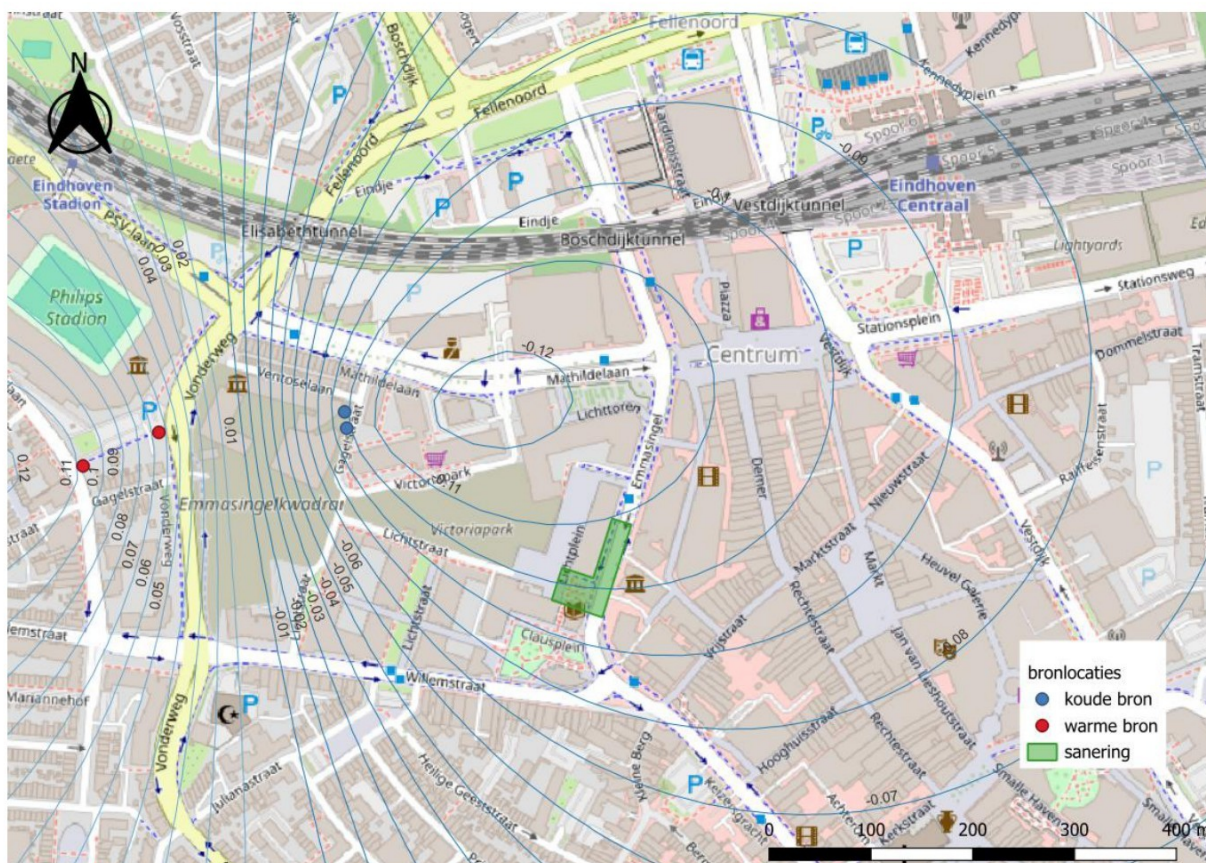
Figuur 8: bodemenergiesystemen in het hydrologische invloedsgebied

In het hydrologische invloedsgebied bevinden zich een aantal gesloten bodemenergiesystemen (zie figuur 8). De extra grondwaterstroming die het bodemenergiesysteem van TAC opwekt ter plaatse van deze gesloten bodemenergiesystemen heeft geen negatieve gevolgen voor de werking van deze bodemenergiesystemen. De extra stroming wordt als positief effect beschouwd.

Invloed op verontreinigingen

In het gebiedsgericht grondwaterbeheer is opgenomen dat aanwezige verontreinigingen de gebiedsgrenzen niet mogen overschrijden. Het beoogde bodemenergiesysteem van Emmasingelkwadrant heeft niet tot gevolg dat de VOCl-verontreiniging aan de Emmasingel dusdanig verplaatst wordt dat de verontreiniging de gebiedsgrens overschrijdt.

De verontreiniging wordt gesaneerd. De sanering vindt plaats aan de Emmasingel. De globale locatie van de sanering is opgenomen in figuur 9. In figuur 9 zijn tevens contouren van de grondwaterstandsverandering weergegeven met contourintervallen van 0,01 m. Hiermee kan het verhang worden berekend ter plaatse van de sanering en daarmee de beïnvloeding van de sanering als gevolg van het bodemenergiesysteem.



Figuur 9: ligging sanering en grondwaterstandsverandering

De grondwaterstroming ter plaatse van de sanering verandert ten gevolge van het bodemenergiesysteem met circa 1,6 m/seizoen. Doordat het bodemenergiesysteem in balans is, draait deze stroming elk seizoen om waardoor de netto verandering van de grondwaterstroming 0 is. Echter zal de verontreiniging wel (extra) versmeren als gevolg van het heen en weer bewegen door het bodemenergiesysteem.

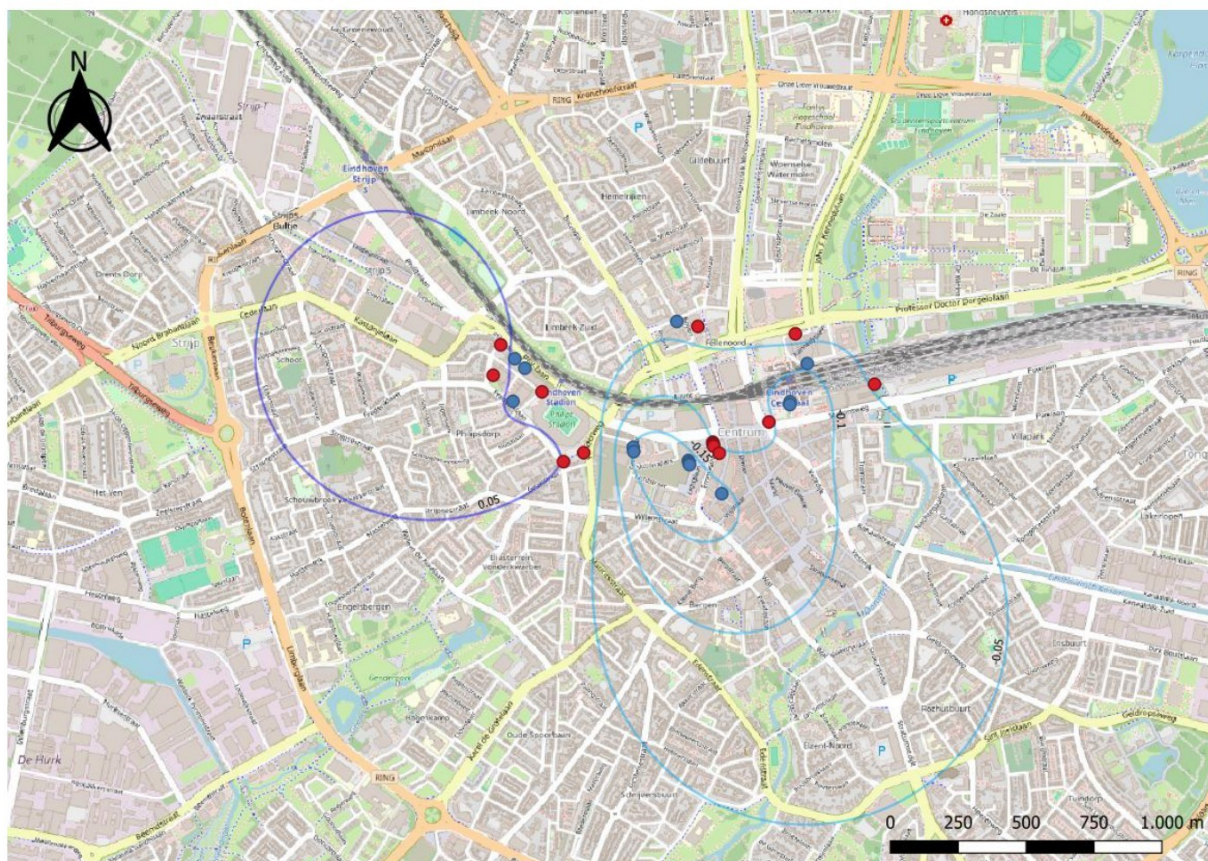
Van negatieve beïnvloeding van de sanering is derhalve geen sprake.

Invloed Beschermd gebied Waterhuishouding

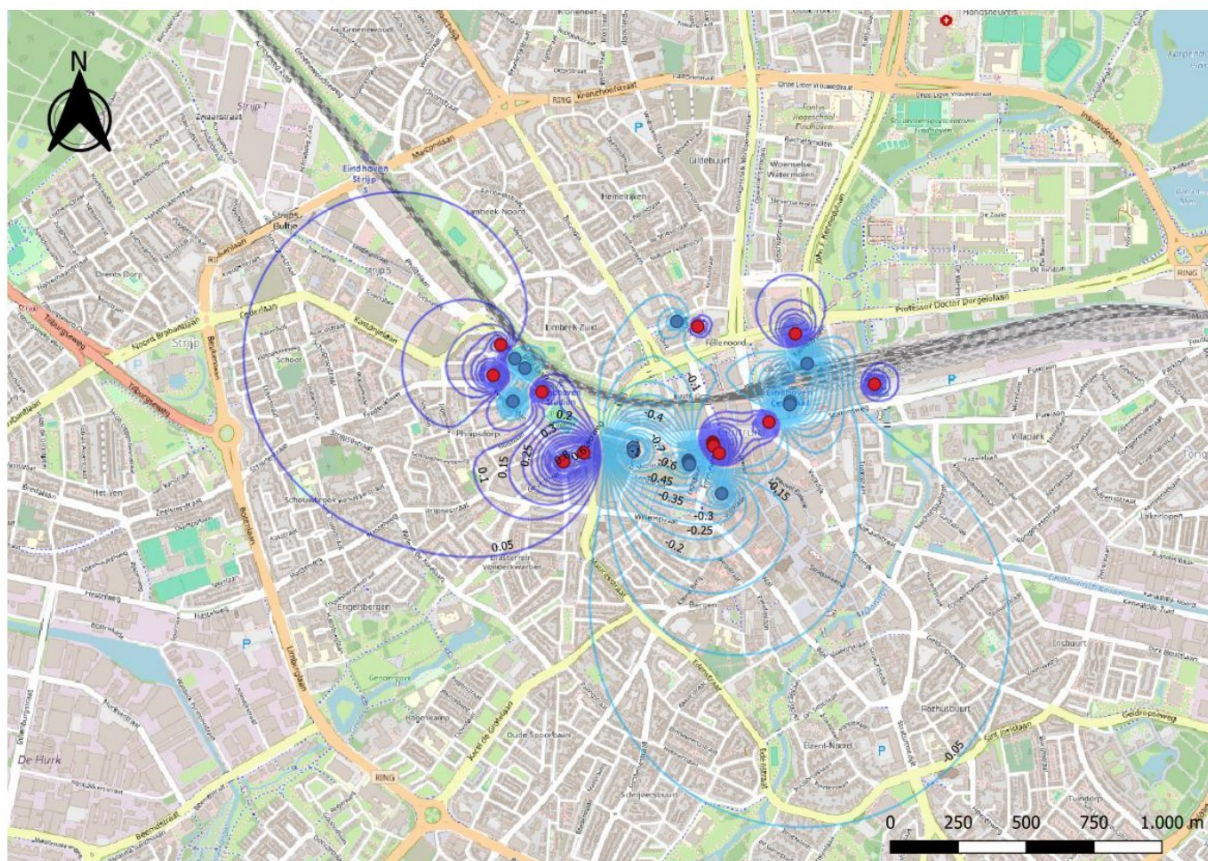
In het hydrologische invloedsgebied bevindt zich een Beschermd gebied Waterhuishouding. Het betreft de Dommel. De maximale grondwaterstandsverandering ter plaatse van de Dommel bedraagt circa 0,07 m. Verwacht wordt dat dit oppervlaktewater niet nadelig beïnvloed wordt door het bodemenergiesysteem bij Emmasingelkwadrant.

Cumulatie van effecten

In het hydrologische invloedsgebied bevinden zich andere open bodemenergiesystemen. Met de bodemenergiesystemen van Hartje 2.0, Stadionkwartier fase 1 en 2, Lichttoren, Rond de Admirant, Station Kennedytoren Hurks en District E is een cumulatieve effectberekening uitgevoerd. (zie figuur 10 en 11). De stijghoogteverandering in de bronnen van TAC bedraagt in de cumulatieve situatie circa 3,6 m. De invloed op de grondwaterstand in de cumulatieve situatie bedraagt 0,15 m bij de koude bronnen en 0,05 m bij de warme bronnen.



Figuur 10: het cumulatieve hydrologische invloedsgebied in de grondwaterstand



Figuur 11: het cumulatieve hydrologische invloedsgebied in het eerste watervoerende pakket

Conclusie

Het bodemenergiesysteem heeft geen negatieve invloed op de zoete grondwatervoorraad. Het bodemenergiesysteem heeft invloed op de grondwaterstand. Verwacht wordt dat het systeem geen invloed heeft op archeologie, aardkundige waarden, monumenten, houten paalfunderingen en openbare groenvoorzieningen.

Andere grondwatergebruikers worden niet negatief beïnvloed door de toepassing van het beoogde bodemenergiesysteem.

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.

Schematisatie

De modelparameters zijn weergegeven in tabel 9.

Tabel 9: modelschematisatie

laagnaam	dikte [m-mv]	doorlatend- heid [m/d]	verhang [‰]	warmtegeleiding [W/(mK)]	warmtecapaciteit [MJ/(m³K)]
geleidende toplaag	-	-	-	2,4	2,5
2 ^e /3 ^e watervoerende pakket	30	40	0,5	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

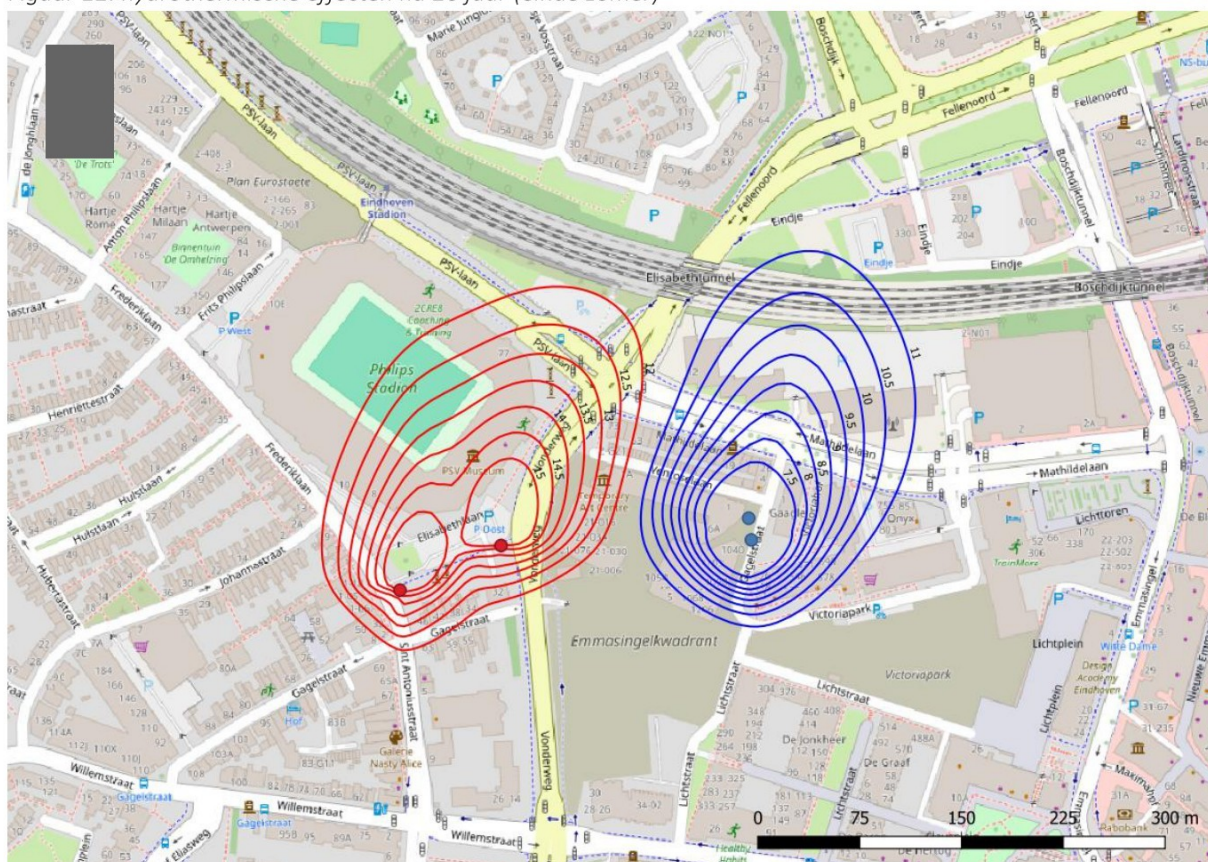
	energiehoeveelheid [MWh/seizoen]	infiltratietemperatuur [°C]
winter (warmte leveren)	1.090	7
lente	-	-
zomer (koude leveren)	1.090	17
herfst	-	-

Resultaten van de 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 opslagpakket bedraagt 11,5°C. De berekende temperaturen in de zomer en winter na 20 jaar zijn weergegeven in figuur 12 en 13. Het thermische invloedsgebied reikt tot maximaal 200 m vanaf de bronnen.



Figuur 12: hydrothermische effecten na 20 jaar (einde zomer)



Figuur 13: hydrothermische effecten na 20 jaar (einde winter)

Invloed op andere bodemenergiesystemen

In het berekende thermische invloedsgebied van de bronnen van Emmasingelkwadrant bevinden zich geen andere open of gesloten bodemenergiesystemen.

Cumulatie van effecten

In het berekende thermische invloedsgebied van de bronnen van Emmasingelkwadrant bevinden zich geen andere open bodemenergiesystemen. Van thermische cumulatieve effecten is geen sprake.

Conclusie

Van negatieve hydrothermische invloed is geen sprake.

Bijlage 3: Zettingen

De bodem bestaat uit zand en klei. De berekende eindzetting bedraagt 4 mm ter plaatse van de bronnen. Ter onderbouwing is in figuur 14 en 15 de zettingsberekening weergegeven. Hierbij is de eindzetting berekend op basis van Terzaghi (parameters conform NEN blad 6740).

	[m-mv]	[m]	[m]	[-]	[-]	[kg/m3]	[mm]
Materiaal	diepte	Dikte	stijghoogte verandering tgv WKO [m]	primaire zettingsconstrante	secundaire zettingsconstante	soortelijke massa	zetting
	0						
Onverz.zone		1,7	0	-	-	1600	0
	1,7						
Zand		22,3	0,099	1000	1,00E+99	2000	0
	24						
Leem		5		50	450	1800	4
	29						
Zand		1	1,552	1000	1,00E+99	2000	0
	30						
Zand		30	3,516	1000	1,00E+99	2000	0
	60						
Zand		58	0,523	1000	1,0E+99	2000	0
	118						
totaalzetting							4

Figuur 14: Zettingsberekening uitgevoerd op basis van Terzaghi

	[m-mv]	[m]	[m]	[-]	[-]	[kg/m3]	[mm]
Materiaal	diepte	Dikte	stijghoogte verandering tgv WKO [m]	primaire zettingsconstrante	secundaire zettingsconstante	soortelijke massa	zetting
	0						
Onverz.zone		1,7	0	-	-	1600	0
	1,7						
Zand		22,3	0,152	1000	1,00E+99	2000	0
	24						
Leem		5		50	450	1800	5
	29						
Zand		1	1,656	1000	1,00E+99	2000	0
	30						
Zand		30	3,641	1000	1,00E+99	2000	0
	60						
Zand		58	0,625	1000	1,0E+99	2000	0
	118						
totaalzetting							5

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

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 zettingsgevoelige 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. De theoretisch berekende totale maximale eindzetting bedraagt 4 mm in de leemlagen in het freatisch watervoerende pakket. Door de dempende werking van de bodemlagen tussen maaiveld en deze leemlagen wordt zetting aan maaiveld daarom niet verwacht. De verschilzetting binnen 10 meter rondom de bronnen is verwaarloosbaar klein (kleiner dan 1 : 5.000).

Op een afstand van circa 150 m vanaf de bronnen ligt de spoorlijn naar Eindhoven Centraal. De maximale eindzetting ter hoogte van het spoor is < 1 mm (individueel en cumulatief) en daarvoor verwaarloosbaar klein. Het zettingsverhang is verwaarloosbaar klein (veel kleiner dan 1 : 1.000).

ProRail hanteert een maximaal zettingsverhang van 1 m per 1.000 m (6 mm per spoorstaaf van 6 m). De berekende zetting en daarmee gepaard gaande verschilzetting zal derhalve geen schade aan het spoor veroorzaken. Van negatieve effecten ten gevolge van zetting op andere belangen is geen sprake.