

## Koningswei Tilburg

### Bijlage aanvraag milieubelastende activiteit vergunning

Referentie: 24023

Datum: 29 oktober 2025

**Adviseur**

diipadvies BV

Larixhof 17

6951MR Dieren

**contactpersoon**



[www.diipadvies.nl](http://www.diipadvies.nl)

## Inhoudsopgave

1.	Inleiding.....	3
1.1.	Aanleiding.....	3
1.2.	Initiatiefnemer.....	3
1.3.	Soort activiteit .....	3
1.4.	Participatiebeginsel.....	3
1.5.	Planning.....	3
1.6.	Motivering van de activiteit.....	3
2.	Plaats van de activiteit .....	4
2.1.	Locatiebeschrijving.....	4
2.2.	Bodemopbouw .....	5
2.3.	Overzichtstabel locatiekenmerken.....	6
2.4.	Bodemenergiesystemen.....	7
2.5.	Verontreinigingen.....	7
3.	Kenmerken van de activiteit.....	9
3.1.	Principe bodemenergiesysteem .....	9
3.2.	Aard en omvang van de activiteit.....	9
3.3.	Aanleg en onderhoud .....	10
4.	Effecten op het milieu.....	11
4.1.	Inleiding.....	11
4.2.	Energiebesparing en emissiereductie.....	11
4.3.	Hydrologische effecten.....	11
4.4.	Hydrothermische effecten .....	11
4.5.	Zettingen .....	11
4.6.	Invloed op de waterkwaliteit.....	11
4.7.	Invloed op andere grondwatergebruikers .....	12
4.8.	Invloed op natuur en landbouw .....	12
4.9.	Invloed op archeologie .....	12
4.10.	Invloed op gebouwen en infrastructuur .....	12
4.11.	Invloed op verontreinigingen .....	12
4.12.	Lozingswater.....	12
4.13.	Cumulatie van effecten .....	13
4.14.	Conclusie .....	13
	Bijlage 1: Geohydrologische effecten .....	15
	Bijlage 2: Hydrothermische effecten .....	23
	Bijlage 3: Zettingen .....	27

## 1. Inleiding

### 1.1. Aanleiding

In Tilburg wordt het gebied project Koningswei gerealiseerd . Voor de klimatisering van het project wordt een open bodemenergiesysteem voorzien.

#### *Milieubelastende activiteit vergunning*

Voor het exploiteren van een bodemenergiesysteem is een milieubelastende activiteit vergunning 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.

### 1.2. Initiatiefnemer

Naam: Inenergie

### 1.3. Soort activiteit

Voor Koningswei wordt een bodemenergiesysteem gerealiseerd. De bronnen en de bijbehorende energiecentrale voorziet de gebouwen van duurzame energie. De bronnen worden geboord in het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket. Met de bronnen wordt grondwater onttrokken en geretourneerd in hetzelfde watervoerende pakket.

### 1.4. Participatiebeginsel

Er heeft geen afstemming plaats gevonden met de exploitanten van omliggende bodemenergiesystemen.

### 1.5. Planning

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

### 1.6. Motivering van de activiteit

Het doel van de activiteit is het duurzaam koelen en verwarmen van het project. Door het toepassen van duurzame energie wordt het verbruik van gas en elektriciteit verminderd waardoor CO<sub>2</sub>-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

Koningswei is gelegen in Tilburg. De projectlocatie is gelegen tussen de bronlocaties die zijn weergegeven in figuur 1.



Figuur 1: bronlocaties



## 2.2. Bodemopbouw

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.

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
- Boorbeschrijvingen van het bodemenergiesysteem van Kunstkluster en Stads kantoor (boorbeschrijvingen zijn toegevoegd aan de aanvraag)

In tabel 1 is de bodemopbouw geschematiseerd weergegeven.

*Tabel 1: gehanteerde bodemopbouw*

diepte (m-mv)	lithologie	geohydrologische benaming	doorlaatvermogen [m <sup>2</sup> /d] of weerstand [d]
0 - 8	Matig fijn zand met klei-, leem- en veenlaagjes	deklaag	50 m <sup>2</sup> /d en 50 d
8 - 45	matig fijn tot grof zand	1 <sup>e</sup> watervoerende pakket	900 m <sup>2</sup> /d
45 - 80	klei afgewisseld met zandlagen	1 <sup>e</sup> scheidende laag	2.500 d

### 2.3. Overzichtstabel locatiekenmerken

In tabel 2 zijn de locatiekenmerken beschreven inclusief bronvermelding.

Tabel 2: locatiekenmerken

kenmerk	eenheid	
maaiveld <sup>a</sup>	[m NAP]	+13,5
grondwaterstand <sup>b</sup>	[m NAP]	circa +10,5 a +12
stijghoogte 1 <sup>e</sup> watervoerende pakket <sup>b</sup>	[m NAP]	circa +12 a 12,5
grondwaterstroming 1 <sup>e</sup> watervoerende pakket (snelheid) <sup>c</sup>	[m/jaar]	circa 20
grondwaterstroming 1 <sup>e</sup> watervoerende pakket (richting) <sup>c</sup>	[-]	oostnoordoost
grondwatertemperatuur 1 <sup>e</sup> watervoerende pakket <sup>d</sup>	[°C]	11
zoet-/brakgrensvlak (chloride 150 mg/l) <sup>c</sup>	[m NAP]	> -200
brak-/zoutgrensvlak (chloride 1.000 mg/l) <sup>c</sup>	[m NAP]	> -200
interferentiegebied /Masterplan Bodemenergie	-	niet van toepassing
grondwatergebruikers 1 <sup>e</sup> watervoerende pakket <sup>e</sup>	< 500 m	aanwezig (zie 2.4)
gesloten bodemenergiesystemen <sup>f</sup>	< 100 m	niet aanwezig
grondwaterbeschermingsgebieden <sup>g</sup>	< 500 m	niet aanwezig
verontreinigingen in het 1 <sup>e</sup> watervoerende pakket <sup>h</sup>	< 500 m	aanwezig (zie 2.5)
archeologische waarden <sup>g</sup>	< 500 m	niet aanwezig
monumenten <sup>g</sup>	< 500 m	aanwezig
natuurbeschermingsgebieden <sup>i</sup>	< 500 m	niet aanwezig
infrastructuur (spoorlijnen e.d.) <sup>j</sup>	< 500 m	niet aanwezig
waterkeringen <sup>k</sup>	< 500 m	Niet aanwezig

a bron: Actueel Hoogtebestand Nederland

b bron: peilbuis B50F1503 en B50F1505 grondwatermeetnet gemeente Tilburg

c bron: REGIS en grondwatertools

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

e bron: overzicht ODZOB

f bron: gemeente en WKotool

g bron: interactieve atlas gemeente Tilburg

h bron: bodemloket en lokaal onderzoek

i bron: landelijke kaart PDOK WFS server Natura2000

j bron: topografische kaart

k bron: leggerkaart waterkeringen

## 2.4. Bodemenergiesystemen

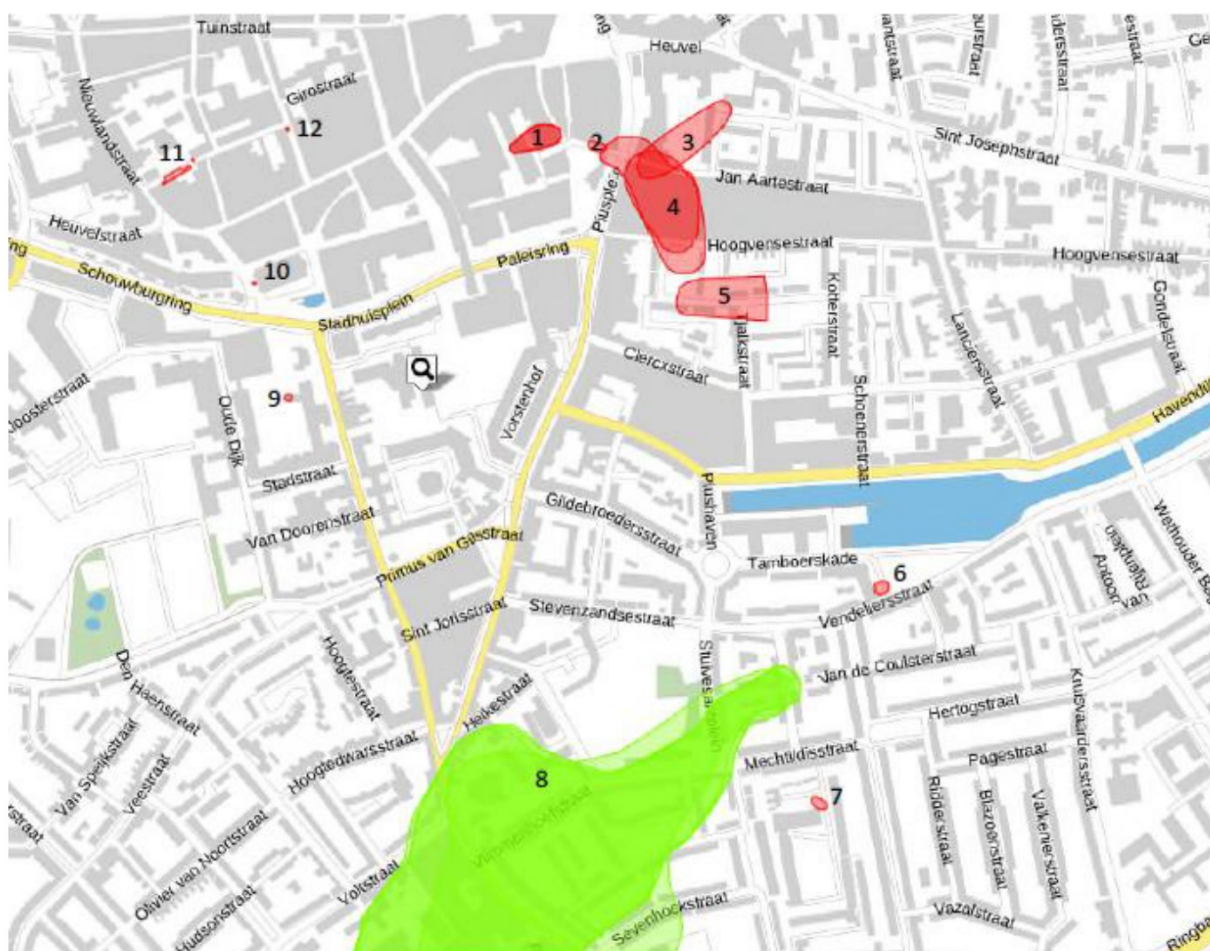
In de omgeving (<500 m) zijn open bodemenergiesystemen aanwezig (zie tabel 3).

Tabel 3: open bodemenergiesystemen binnen 500 m

grondwatergebruikers	afstand tot projectlocatie [m]	vergund debiet [m <sup>3</sup> /uur]	vergunde waterhoeveelheid [m <sup>3</sup> /jaar]
Stadskantoor	230 m NW	70	400.000
Kunstcluster	180 m W	75	350.000

## 2.5. Verontreinigingen

In de omgeving van de projectlocatie zijn meerdere grondwaterverontreinigingen aanwezig. Deze zijn weergegeven in tabel 4 en figuur 2.



Figuur 2: Grondwaterverontreinigingen (ref: bodemonderzoek koningsplein 216 Anteagroup 0472558.129, dd 20-6-2022)

Tabel 4: grondwaterverontreinigingen in de nabijheid

nr		rapport	soort	diepte	Afgekocht in GGB
1	HEUVELSTRAAT 26	AA085532225	VOCL	Aangetroffen tot 23 m-mv	ja
2	PIUSPLEIN 73	AA085508993	Benzine-station	Onbekend	nee
3 en 4	JAN AARTESTRAAT 112-114	AA085530321	VOCL	Aangetroffen tot 10 m-mv	ja
5	SWABO-TERREIN	AA085533559		Aangetroffen tot 23 m-mv	nee
6	KONINGSPLEIN	BI5478-MIRP-250404-1507		Grondwater niet meer verontreinigd met VOCL	nee

Gemeente Tilburg past gebiedsgericht beheer toe in dit gebied. Dit betekent dat verplaatsing van verontreinigingen binnen een afgebakend gebied wordt toegestaan, mits er geen risico's zijn voor de mens, het watersysteem, gevoelige objecten en de verontreiniging is afgekocht. Verontreiniging 3 en 4 uit tabel 4 zijn afgekocht.



### 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 5 zijn de energetische uitgangspunten opgenomen.

Het bodemenergiesysteem bestaat uit twee doubletten. In figuur 4 zijn de locaties van de bronnen weergegeven op de topografische kaart. In tabel 6 zijn de eigenschappen van de bronnen beschreven. De coördinaten van de bronnen zijn opgenomen in tabel 7.

Tabel 5: energetische uitgangspunten

	eenheid	koude leveren	warmte leveren
maximale waterverplaatsing	[m <sup>3</sup> /jaar]	140.000	140.000
gemiddelde waterverplaatsing	[m <sup>3</sup> /jaar]	100.000	100.000
maximaal debiet	[m <sup>3</sup> /uur]	60	60
maximale hoeveelheid ontwikkelwater	[m <sup>3</sup> ]	5.200 <sup>2</sup>	
maximale spuihoeveelheid	[m <sup>3</sup> /jaar]	1.300 <sup>1</sup>	
Lozingswater tijdens calamiteiten	[m <sup>3</sup> ]	1.200	
gemiddelde infiltratie temperatuur	[°C]	17	10
min. en max. infiltratietemperatuur	[°C]	25	5
energiehoeveelheid	[MWh/seizoen]	545	545
vermogen	[kW]	552	304

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

<sup>2</sup> eenmalig

Tabel 6: eigenschappen bronnen

	eenheid	warme bronnen	koude bronnen
minimale filterlengte	[m]	15	15
filtertraject <sup>1</sup>	[m-mv]	20 - 45	20 - 45

<sup>1</sup> 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).

Tabel 7: coördinaten bronnen

bron	eenheid	x-coördinaat	y-coördinaat
W1	[m]	134.393	396.169
W2	[m]	134.404	396.170
K1	[m]	134.295	396.072
K2	[m]	134.301	396.082

### 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 m<sup>2</sup>. De vrijkomende grond bij de boorwerkzaamheden wordt conform het Besluit Bodemkwaliteit afgevoerd. 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 Omgevingswet. De keuze voor het lozen van het boorspoelwater, het ontwikkel- en 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 WKO-systeem resulteert in een besparing van circa 81.350 m<sup>3</sup> aardgasequivalenten per jaar. Dit komt neer op een energiebesparing van circa 62%. De energiebesparing resulteert in een emissiereductie van circa 142 ton CO<sub>2</sub> per jaar (57%) en 175 kg NO<sub>x</sub> (86%).

De SPF-verklaring is separaat bijgevoegd bij de aanvraag.

### 4.3. Hydrologische effecten

De maximale stijghoogteverandering in het eerste watervoerende pakket bedraagt 1,8 m. Grondwaterstandsveranderingen treden niet op (<0,1m). Het berekende hydrologische invloedsgebied in het eerste watervoerende pakket reikt tot maximaal 530 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 95 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 3 mm. De onderbouwing van de zettingsberekening is opgenomen in bijlage 3. Van negatieve effecten ten gevolge van zetting is geen sprake.

### 4.6. Invloed op de waterkwaliteit

De overgang van zoet naar zout grondwater bevindt zich op grote diepte (>200 m-mv). De hydrologische invloed van het bodemenergiesysteem is daar nihil. Het beoogde bodemenergiesysteem 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.

#### 4.7. Invloed op andere grondwatergebruikers

Er zijn andere grondwatergebruikers aanwezig in het hydrologisch invloedsgebied. Er zijn geen grondwatergebruikers aanwezig in het thermische invloedsgebied. Van negatieve invloed op andere grondwatergebruikers is geen sprake. Een onderbouwing is beschreven in bijlage 1 en 2.

#### 4.8. Invloed op natuur en landbouw

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

#### 4.9. Invloed op archeologie

Het beoogde bodemenergiesysteem geen invloed op de grondwaterstand (< 0, 1 m). Het bodemenergiesysteem heeft derhalve geen negatieve invloed op cultuurhistorie en archeologische waarden, ook niet tijdens realisatie van het bodemenergiesysteem.

#### 4.10. 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. De zettingsberekening is opgenomen in bijlage 3. Van negatieve invloed op gebouwen en infrastructuur is geen sprake.

#### 4.11. Invloed op verontreinigingen

In het eerste watervoerende pakket is een verontreiniging bekend. De maximale verandering van de stijghoogte ter plekke van de verontreiniging bedraagt 0,01 m. Per seizoen verplaats de verontreiniging verticaal maximaal 0,05 m en horizontaal <0,01 m. Het bodemenergiesysteem heeft geen negatieve invloed op de verontreinigingssituatie.

#### 4.12. Lozingswater

Tijdens de realisatie en het onderhoud van het bodemenergiesysteem komt water vrij dat geloosd moet worden. Hiervoor is in de Omgevingswet de voorkeursvolgorde voor lozen gedefinieerd. Een van de opties in tabel 8 wordt toegepast.



Tabel 8: voorkeursvolgorde lozen

type afvalwater	voorkeursvolgorde lozing (bevoegd gezag)
boorspoelwater (open en gesloten systemen)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. vuilwaterriool (gemeente)</li> <li>2. op het maaiveld (gemeente)</li> <li>3. overige routes</li> </ol> <p>In de bodem en op het schoonwaterriool is niet toegestaan.</p>
ontwikkel- en beheerwater (open systemen)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. in de bodem (provincie)</li> <li>2. oppervlaktewater (waterschap of Rijkswaterstaat)</li> <li>3. schoonwaterriool (gemeente)</li> <li>4. vuilwaterriool (gemeente)</li> <li>5. externe verwerker</li> </ol>

Bij dit project wordt zoveel mogelijk de voorkeursvolgorde aangehouden. Voor het beheerwater wordt gebruik gemaakt van een lozing in de bodem. Deze mogelijkheid wordt daarom opgenomen in deze vergunningaanvraag. De keuze voor het lozen van het boorspoelwater, het ontwikkel- en beheerwater is beschreven in een separate lozingsnotitie.

#### 4.13. Cumulatie van effecten

Cumulatie van hydrothermische effecten treedt niet op. De cumulatieve hydrologische effecten zijn weergegeven in bijlage 1.

#### 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.MLU.app](http://www.MLU.app).

### 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 9 is de modelschematisatie weergegeven.

Tabel 9: modelschematisatie

diepte [m-mv]	toelichting	doorlaatvermogen [m <sup>2</sup> /d]	weerstand [d]
1 - 6	fictief freatisch watervoerende pakket	50	-
6 - 8	weerstand deklaag	-	50
8 - 20	1 <sup>e</sup> watervoerende pakket	190	-
20	fictieve scheidende laag	-	2
20 - 35	1 <sup>e</sup> watervoerende pakket	560	-
35	fictieve scheidende laag	-	1,7
35 - 45	1 <sup>e</sup> watervoerende pakket	150	-
> 45	1 <sup>e</sup> scheidende laag	-	∞

filters ↑

De berekeningen zijn stationair uitgevoerd. Dat wil zeggen dat in het model continu met maximaal debiet wordt onttrokken en geïnfiltrerd (60 m<sup>3</sup>/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 4 aangehouden.

### Berekeningsresultaten

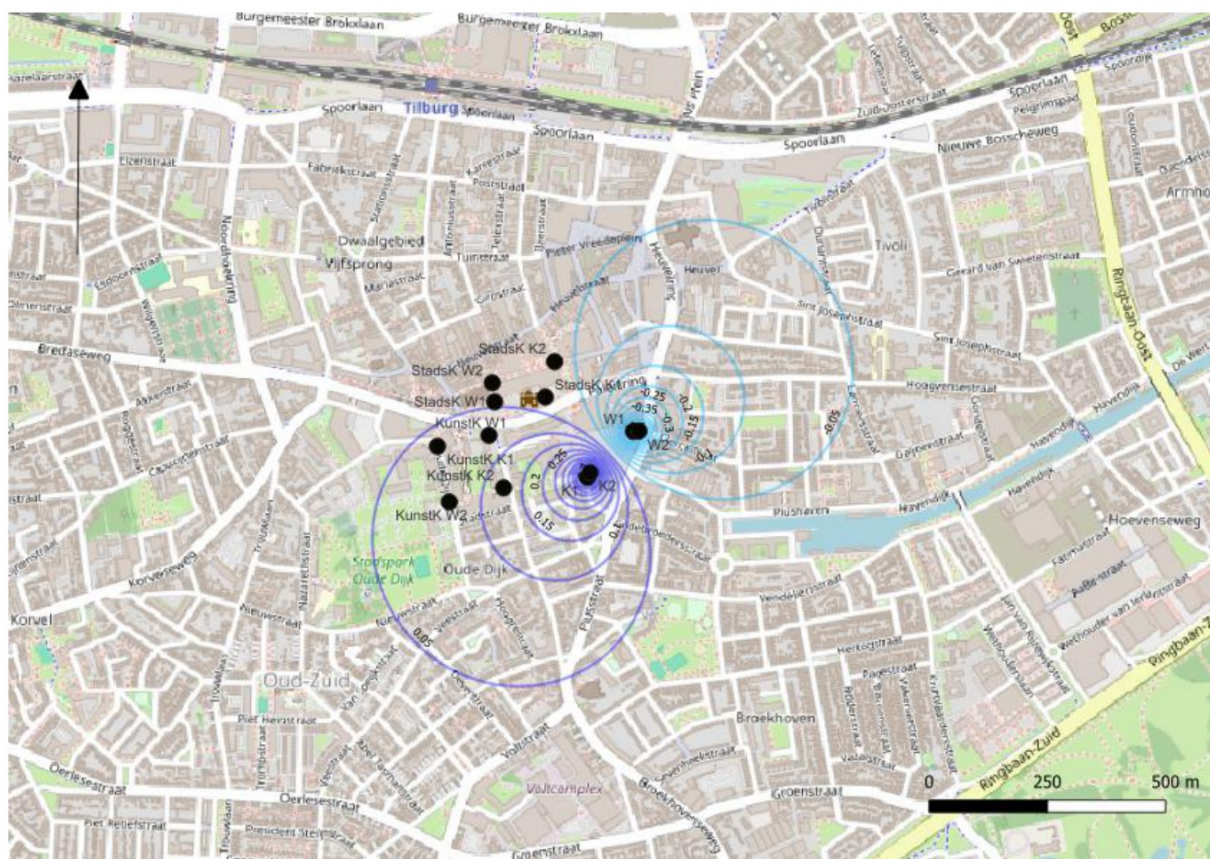
De berekeningen zijn uitgevoerd om inzicht te krijgen in de veranderingen van de grondwaterstand en de stijghoogten in de watervoerende pakketten ten gevolge van het grondwatersysteem. Tevens is bepaald tot welke afstand in de omgeving van het grondwatersysteem de grondwaterstand- en stijghoogteveranderingen 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 10.

Tabel 10: hydrologische effecten

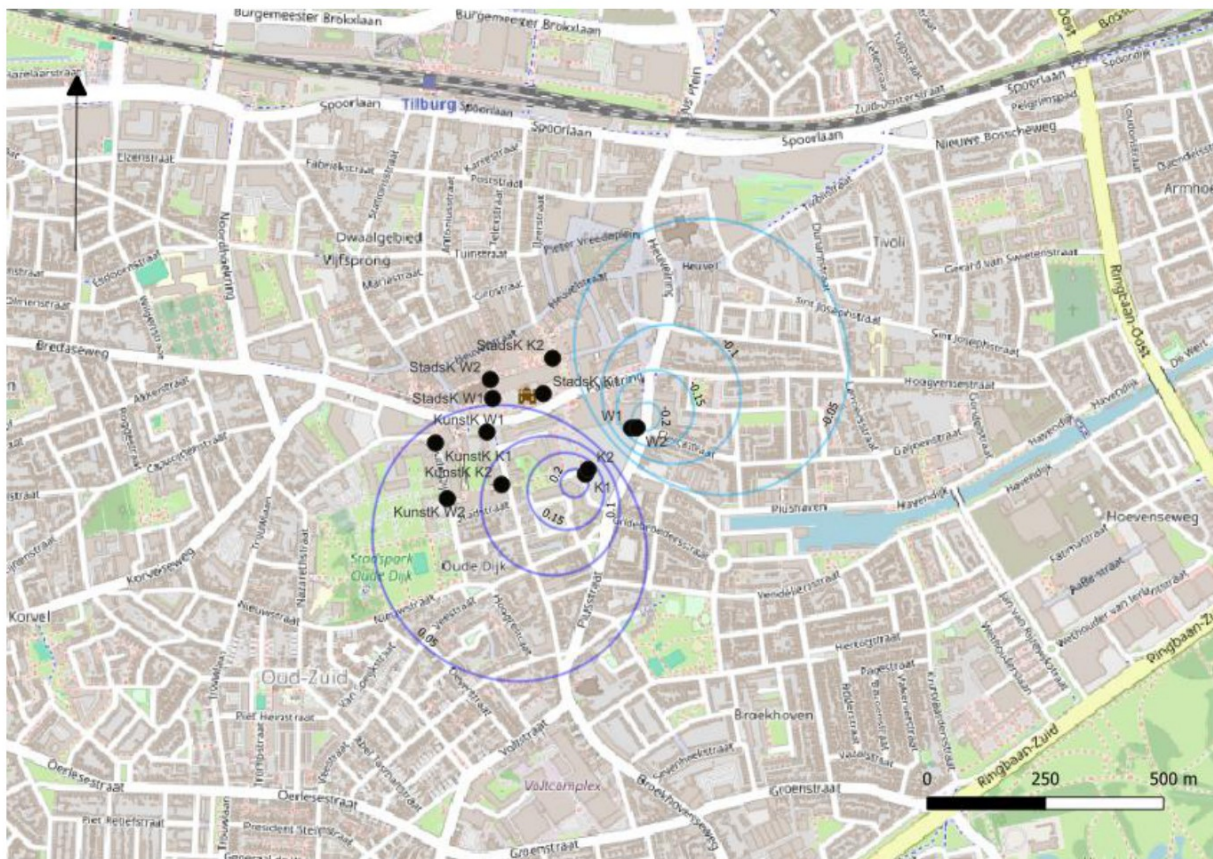
	eenheid	maximale verandering	maximaal invloedsgebied
grondwaterstand	[m]	0,2	530
1 <sup>e</sup> watervoerende pakket	[m]	1,8	530

In figuur 3a en b is respectievelijk het maximale hydrologische invloedsgebied in het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket en de maximale grondwaterstandsverandering weergegeven.



Figuur 3a: het maximale hydrologische invloedsgebied in het eerste watervoerende pakket





Figuur 3b: maximale grondwaterstandsveranderingen

### Invloed op andere grondwatergebruikers

In het hydrologische invloedsgebied van De Koningsewei bevinden zich andere bodemenergiesystemen (zie tabel 3). In tabel 11 is beschreven wat de extra stijghoogteverandering ter plaatse van de bronnen deze bodemenergiesystemen is.

Tabel 11: hydrologische effecten op grondwatergebruikers

bron	eenheid	stijghoogteverandering door Koningswei
Stadskantoor	[m]	0,05
Kunstcluster	[m]	0,12

De berekende extra stijghoogteveranderingen bij deze bronnen zullen geen belemmering opleveren voor de bedrijfsvoering. Dit wordt bepaald door de diepte van de pomp. De diepte van de pomp wordt bepaald door de laagste grondwaterstand/stijghoogte van het bepompte pakket, de minimale overdruk van het systeem en de eigen berekende afpompings. In de praktijk worden pompen 4 à 5 meter dieper gehangen. Dit betekent dat in de praktijk er een grenswaarde van 4 à 5 meter is voordat de pomp in storing valt door een te lage waterstand in de bron. Op die grenswaarden zit dan nog een alarm als de stijghoogte nog maar 1 meter van de grenswaarde ligt. De extra stijghoogteverandering zoals in deze effectenstudie berekend zijn, zullen daarom niet tot problemen leiden bij de bronnen van een ander bodemenergiesysteem.

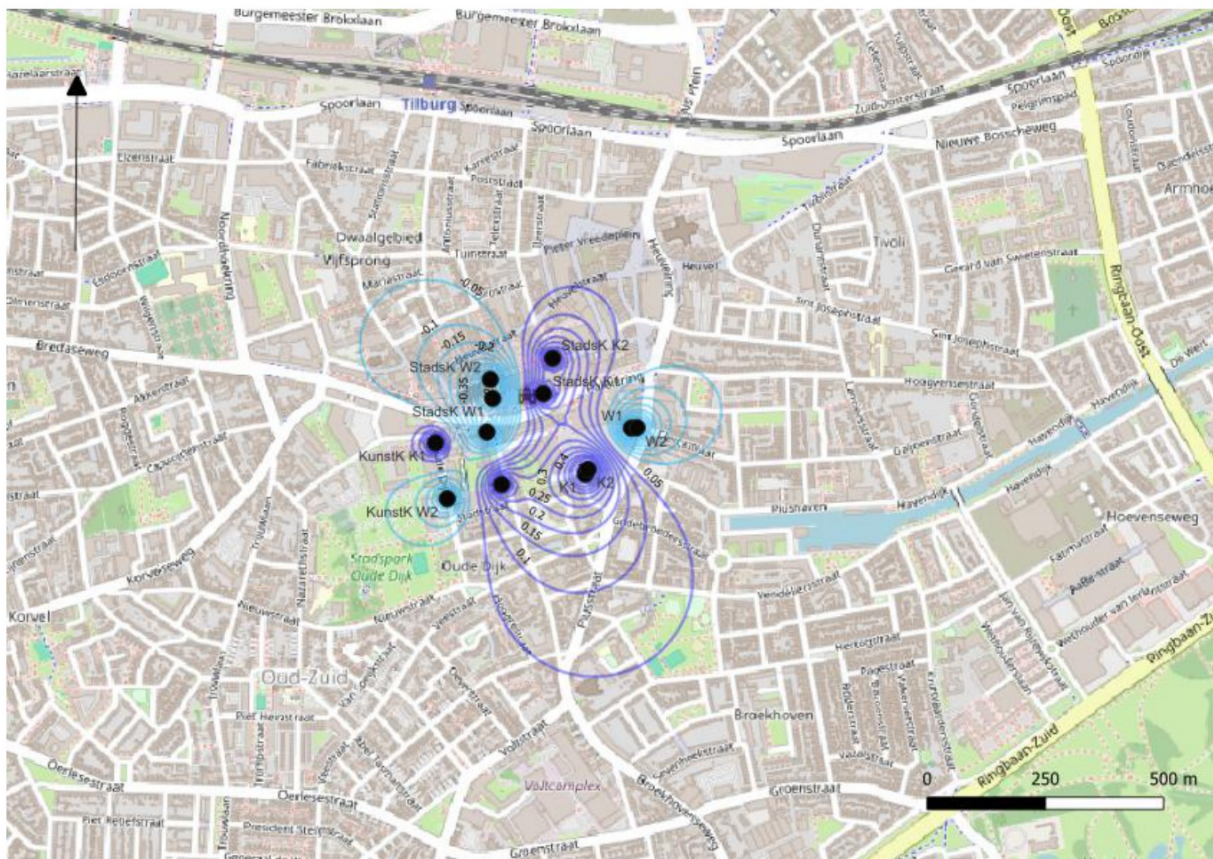
Van negatieve invloed op andere grondwatergebruikers is geen sprake.

Ter illustratie zijn in figuur 4a en 4b de gecombineerde hydrologische effecten weergegeven van het systeem van Koningswei en de twee nabijgelegen systemen zoals weergegeven in tabel 3. In tabel 12 zijn de maximale cumulatieve hydrologische effecten weergegeven nabij de bronnen van Koningswei.

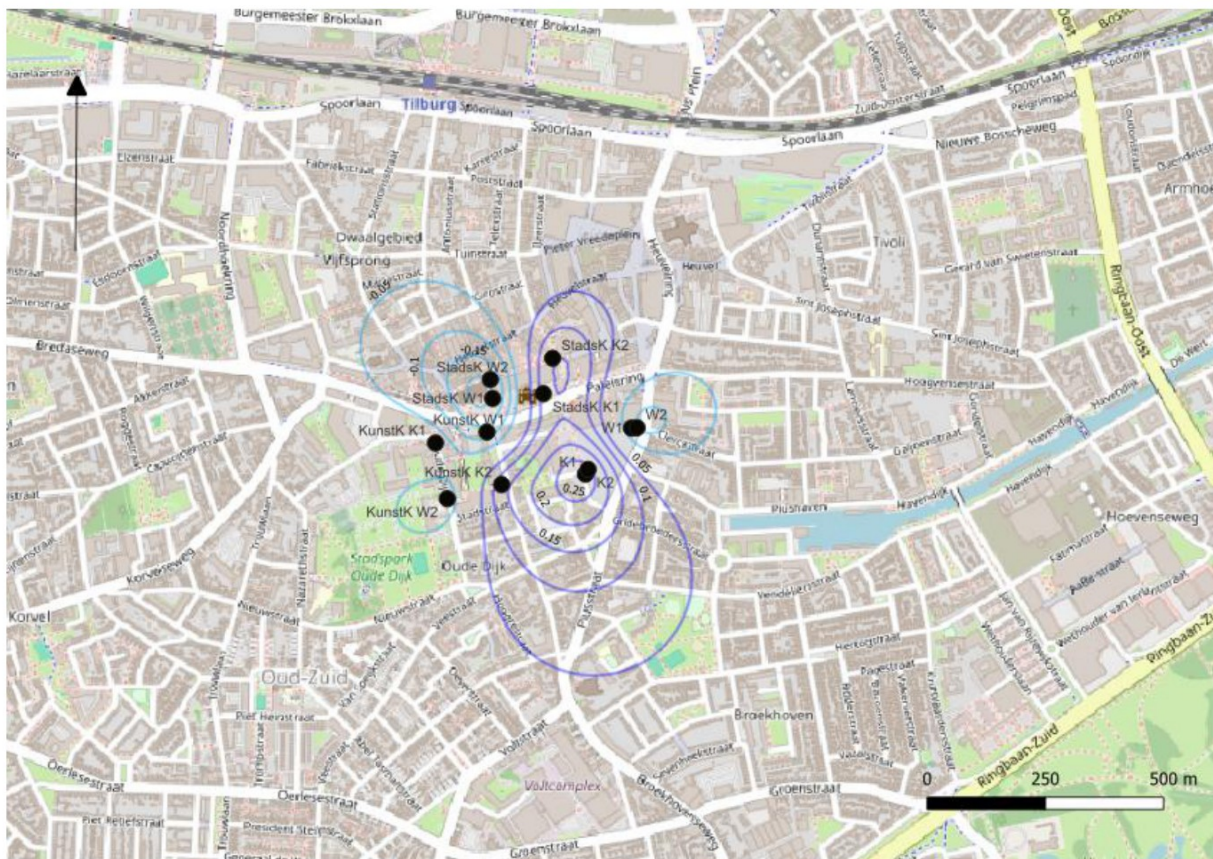
Tabel 12: hydrologische effecten cumulatief

	eenheid	maximale verandering
grondwaterstand	[m]	0,2
1 <sup>e</sup> watervoerende pakket (nabij bronnen van Koningswei)	[m]	1,9





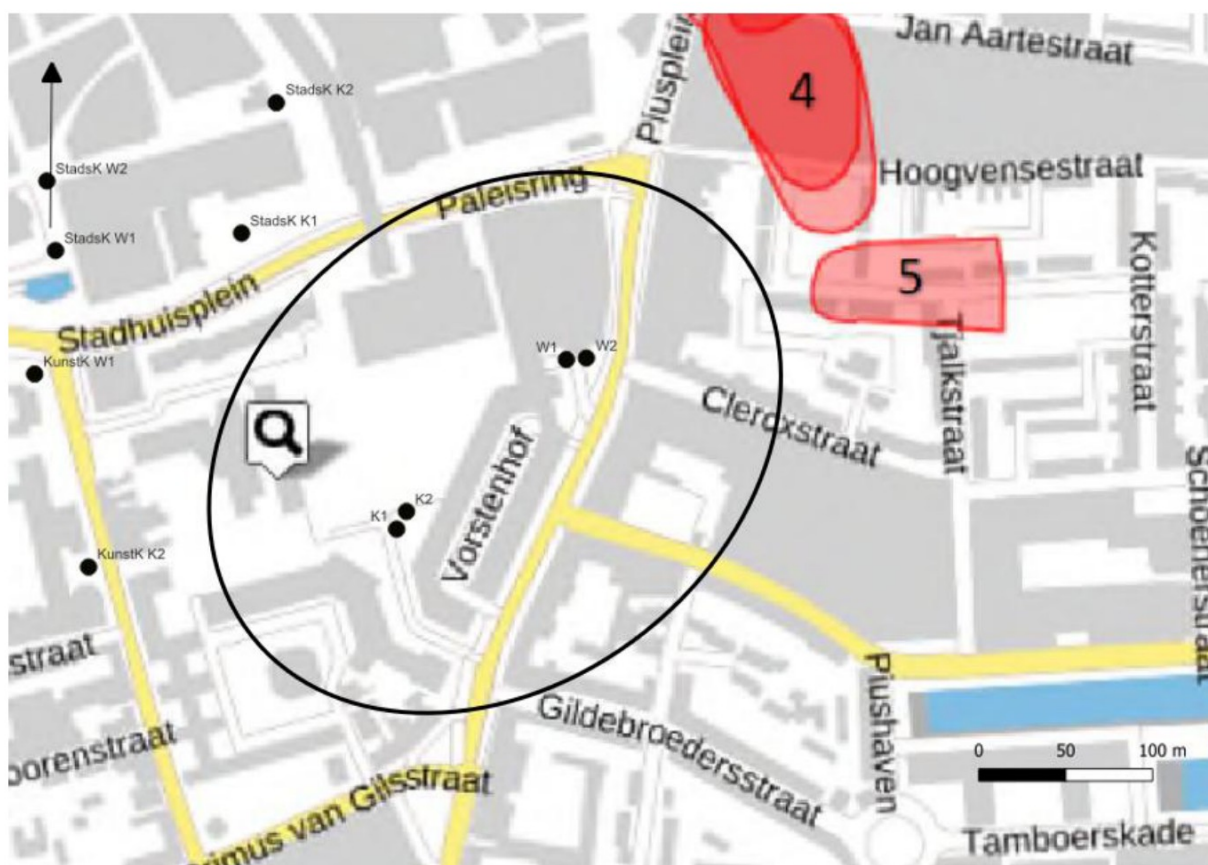
Figuur 4a: het maximale hydrologische invloedsgebied in het eerste watervoerende pakket (gecombineerd effect)



Figuur 4b: het maximale hydrologische invloedsgebied grondwaterstand (gecombineerd effect)

In figuur 5 is het invloedsgebied weergegeven, gedefinieerd als het gebied waarbinnen het grondwater maximaal 3 m per jaar horizontaal wordt aangetrokken en weer wordt weggedrukt ten gevolge van het bodemenergiesysteem. Er is voor gekozen dit invloedsgebied te definiëren om inzichtelijk te maken hoeveel het grondwater in horizontale richting wordt verplaatst ten gevolge van de bodemenergiesysteem in relatie met de verontreiniging in de omgeving. Buiten het aangegeven gebied (zwarte ovaal in onderstaande figuur) is de invloed op de horizontale grondwaterverplaatsing dus kleiner dan 3 m per seizoen (waarbij de richting van de invloed per seizoen tegengesteld is). Er is voor de grens van 3 m (heen en weer) gekozen omdat een dergelijke verplaatsing zeer beperkt is en niet meetbaar in de praktijk.





Figuur 5: Het invloedsgebied waarbij het grondwater 3 m of meer horizontaal heen en weer beweegt.

#### Invloed op verontreinigingen

Gezien alle mobiele grondwaterverontreinigingen buiten het invloedsgebied (figuur 5) liggen, heeft het beoogde bodemenergiesysteem van Koningsplein, geen negatieve invloed op de bestaande verontreinigingen. Ter plekken van de dichtstbijzijnde verontreiniging is de invloed op de grondwaterstroming orde 1 m per seizoen (heen en weer). Ter vergelijking de grondwaterstroming is 20 m per jaar. Daarmee stroomt een waterdruppel ter plekke van de verontreiniging ten gevolge van de natuurlijke grondwaterstroming 20 m in oostnoordoostelijke richtingen en ten gevolge van het bodemenergiesysteem 1 m richting de warme bron in het winterseizoen en 1 m weg van de warme bron. Met andere woorden de natuurlijke grondwaterstroming is zeer dominant ten opzichte van het effect van het onttrekken en infiltreren van water door het bodemenergiesysteem. Het is fysisch onmogelijk dat het bodemenergiesysteem de verontreiniging aan gaat trekken.

#### Invloed op zoet grondwater

Het zoet-/brakgrensvlak en het brak-/zoutgrensvlak bevinden zich op grote diepte (>-200 m-mv). Het bodemenergiesysteem heeft geen invloed op de grondwaterstroming op deze diepte waardoor de invloed op het zoet-/brakgrensvlak en het brak-/zoutgrensvlak verwaarloosbaar is (nihil).

Van verzilting van zoete grondwatervoorraden is geen sprake.

op de locatie is een grondwaterverontreiniging geconstateerd in het verleden. De locatie van deze verontreiniging is weergegeven in figuur 2. Met MLU is berekend wat de effecten op de grondwaterstroming en daarmee op de verontreiniging zijn. De stijghoogteverlaging ten gevolge van

het bodemenergiesysteem ter plekke van de verontreiniging is nihil ( $< 0,01$  m). Verticaal verplaatst een waterdeeltje ter plekke van de verontreiniging 0,05 m per seizoen. In horizontale richting is de verplaatsing per seizoen nihil ( $< 0,01$  m). Waarbij de stromingsrichting per seizoen omdraait. Per jaar is de er geen netto verplaatsing.

De invloed op de bekende verontreiniging is nihil en niet meetbaar.

Van negatieve invloed op de verontreinigingssituatie is derhalve geen sprake.

### *Cumulatie van effecten*

In figuur 6 zijn de gecombineerde hydrologische effecten weergegeven. Te zien is dat de cumulatie van effecten positief is. De hydrologische invloed van de 4 doorgerekende systemen dempen elkaar uit.

### *Conclusie*

Het bodemenergiesysteem heeft geen negatieve invloed op de zoete grondwatervoorraad. Het bodemenergiesysteem heeft minimale ( $< 0,1$  m) invloed op de grondwaterstand. Daardoor heeft het systeem geen invloed op eventueel aanwezige archeologie, aardkundige waarden, monumenten, houten paalfunderingen, landbouw, openbare groenvoorzieningen en Natuurbeschermingsgebieden.

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 13.

Tabel 13: modelschematisatie

laagnaam	dikte [m-mv]	doorlatendheid [m/d]	warmtegeleiding [W/(mK)]	warmtecapaciteit [MJ/(m³K)]
geleidende toplaag	-	-	2,4	2,5
1 <sup>e</sup> watervoerende pakket	15	28	2,4	2,5
geleidende onderlaag	-	-	2,4	2,5

In tabel 14 is het onttrekkings- en infiltratiepatroon weergegeven die in het model zijn opgenomen.

Tabel 14: onttrekkings- en infiltratiepatroon

	energiehoeveelheid [MWh/seizoen]	infiltratietemperatuur [°C]
winter (warmte leveren)	545	10
lente	-	-
zomer (koude leveren)	545	17
herfst	-	-

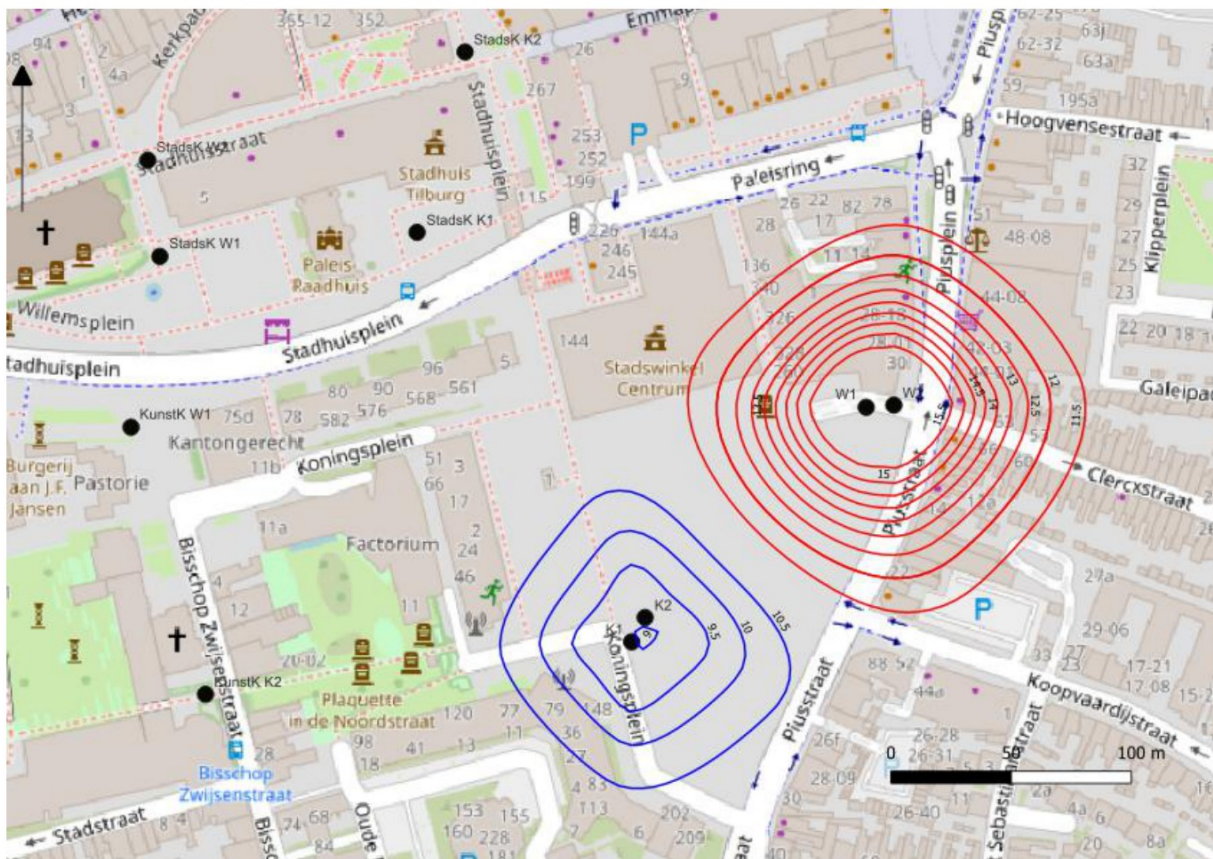
### Resultaten van de berekeningen

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°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 95 m van de bronnen.

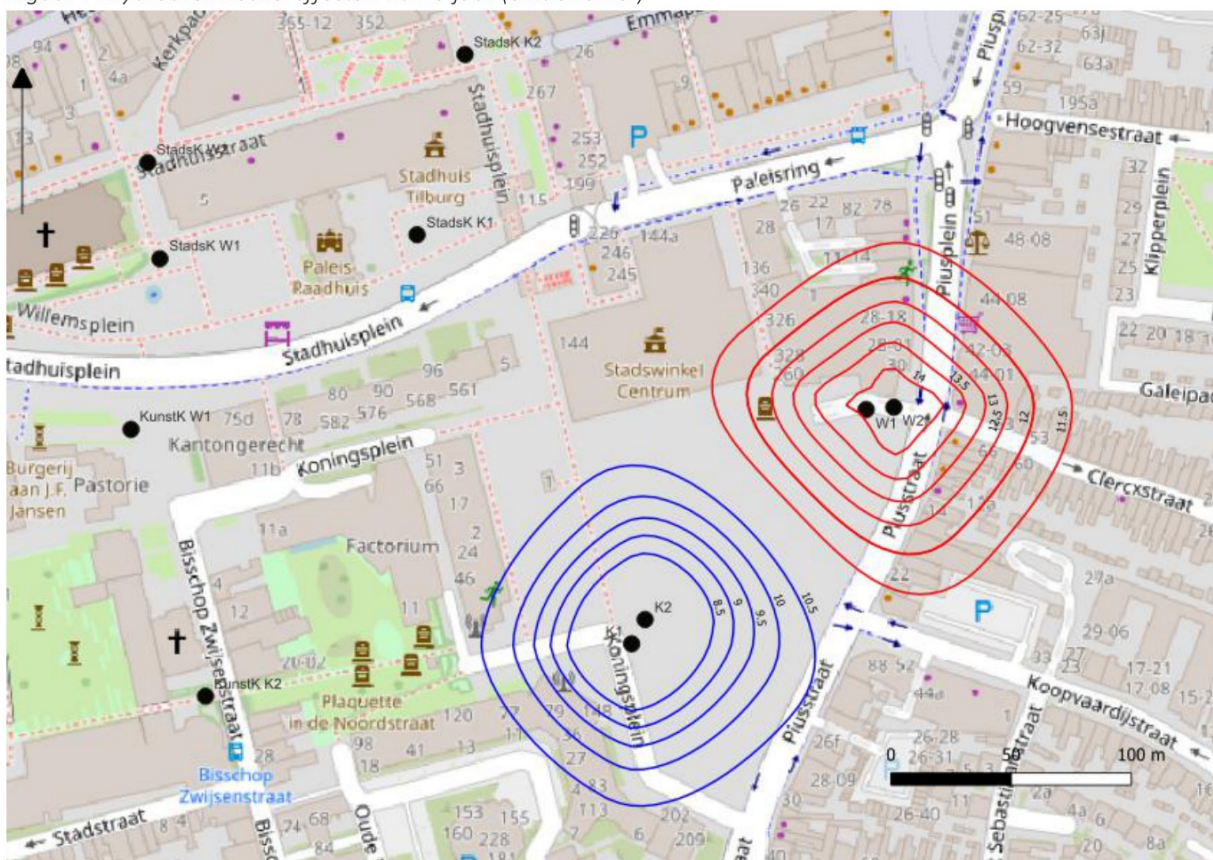
### Invloed op andere bodemenergiesystemen

Ter illustratie zijn in figuur 9 en 10 de gecombineerde thermische effecten weergegeven. Te zien is dat het thermische invloedsgebied van de bronnen van Koningswei geen invloed hebben op de systemen van Stadskantoor en Kunstkluster.



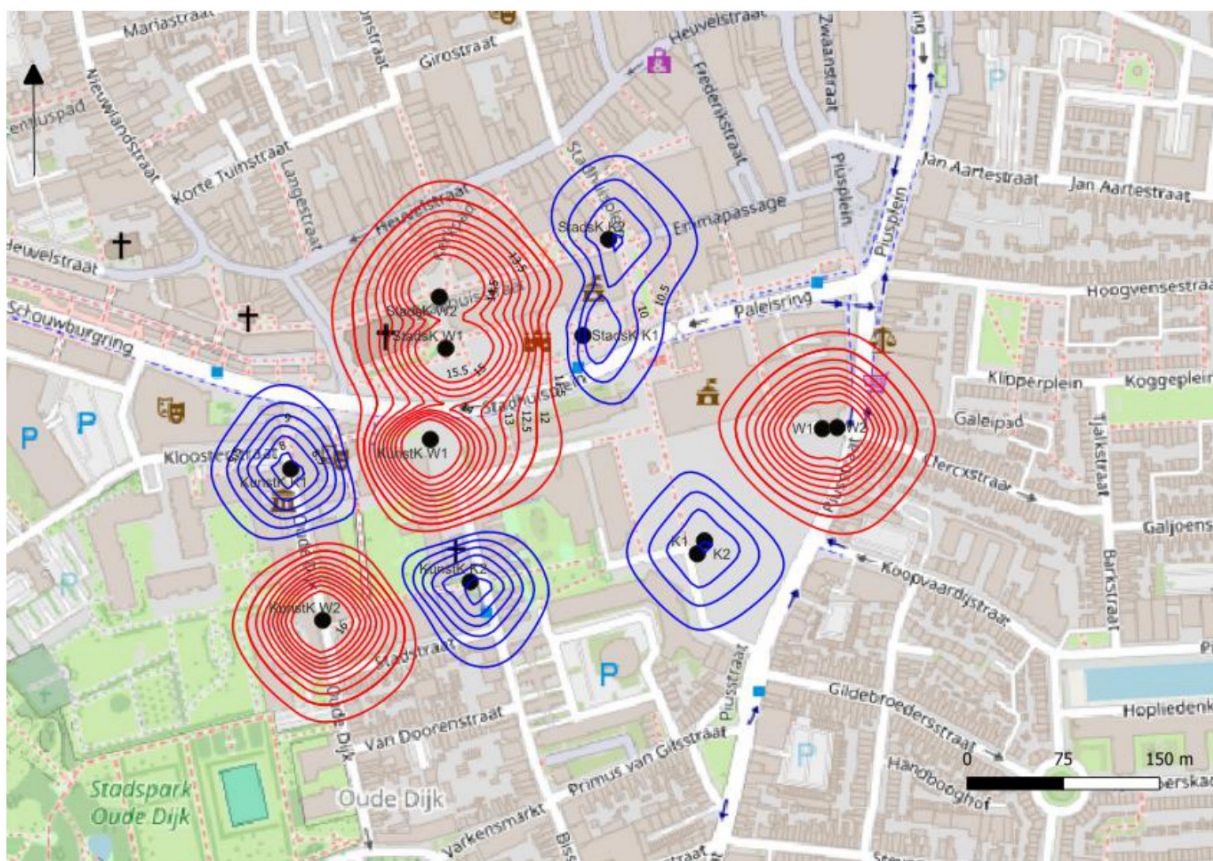


Figuur 7: hydrothermische effecten na 20 jaar (einde zomer)



Figuur 8: hydrothermische effecten na 20 jaar (einde winter)





Figuur 9: gecombineerde hydrothermische effecten na 20 jaar (einde zomer)



Figuur 10: gecombineerde hydrothermische effecten na 20 jaar (einde winter)

In het berekende thermische invloedsgebied van de bronnen van Koningswei bevinden zich geen andere open of gesloten bodemenergiesystemen. Van negatieve thermische invloed op andere bodemenergiesystemen is geen sprake.

#### *Cumulatie van effecten*

Er is geen overlap van thermische effecten met nabij gelegen bodemenergiesystemen. Van cumulatie van hydrothermische 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 3 mm ter plaatse van de bronnen. Ter onderbouwing is in figuur 11 de zettingsberekening weergegeven. Hierbij is de eindzetting berekend op basis van Terzaghi (parameters conform NEN blad 6740).

Materiaal	[m-mv] diepte	[m] Dikte	[m] stijghoogte verandering tgv WKO [m]	[-] primaire zettingsconstrante	[-] secundaire zettingsconstante	[kg/m <sup>3</sup> ] soortelijke massa	[mm] zetting
	0						
Onverz.zone		1	0	-	-	1600	0
	1						
Zand		5	0,2	1000	1,00E+99	2000	0
	6						
Klei		2		50	240	1800	3
	8						
Zand		12	0,47	1000	1,00E+99	2000	0
	20						
Zand		15	1,8	1000	1,0E+99	2000	0
	35						
Zand		10	0,5	1000	1,0E+99	2000	0
	45						

totaalzetting	3
---------------	---

Figuur 11: Zettingsberekening uitgevoerd op basis van Terzaghi

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.

Ter illustratie is in figuur 12 de cumulatieve zetting berekend. Ook hier bedraagt de maximaal berekende eindzetting 3 mm.

	[m-mv]	[m]	[m]			[kg/m <sup>3</sup> ]	[mm]
Materiaal	diepte	Dikte	stijghoogte verandering tgv WKO [m]	primaire zettingsconstrante	secundaire zettingsconstante	soortelijke massa	zetting
	0						
Onverz.zone		1	0	-	-	1600	0
	1						
Zand		5	0,2	1000	1,00E+99	2000	0
	6						
Klei		2		50	240	1800	3
	8						
Zand		12	0,5	1000	1,00E+99	2000	0
	20						
Zand		15	1,9	1000	1,0E+99	2000	0
	35						
Zand		10	0,5	1000	1,0E+99	2000	0
	45						

totaalzetting	3
---------------	---

Figuur 12: Zettingsberekening uitgevoerd op basis van Terzaghi

### Conclusie

Er treedt geen maaiveldzetting op ten gevolge van de toepassing van het beoogde bodemenergiesysteem. De theoretisch berekende totale maximale eindzetting bedraagt als gevolg van het bodemenergiesysteem 3 mm. Door de dempende werking van de bodemlagen tussen maaiveld en de laag waarin de zetting optreedt, treedt zetting aan maaiveld niet op. De verschilzetting binnen 10 meter rondom de bronnen is verwaarloosbaar klein (kleiner dan 1:10.000).

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