

Duurzame energievoorziening centrumgebied

- Masterplan energieopslag Spoorzone -

Opdrachtgever

Gemeente Nijmegen
Postbus 9105
6500 HG NIJMEGEN
Contactpersonen: mevr. G. Nalis
dhr. M. Vellema

Adviseur bodemenergie

IF Technology bv
Velperweg 37
Postbus 605
6800 AP ARNHEM
T 026 - 35 35 555
F 026 - 35 35 599
E info@iftechnology.nl
Contactpersonen: de heer R. Wierikx
mevrouw S.E. de Boer
de heer W. Noome

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
1.1	Kader	3
1.2	Doelstelling van het onderzoek	5
1.3	Leeswijzer	6
2	Inventarisatie	8
2.1	Geschiktheid ondergrond voor bodemenergie	8
2.2	Nieuwbouw-/renovatielocaties	12
2.3	Energievraag	14
2.4	Grondwaterbelangen	15
3	Energielevering Vitens	19
3.1	Energieconcept	19
3.2	Potentieel	21
3.3	Milieuvoordeel	21
3.4	Milieueffecten	21
3.4.1	Modelopbouw	21
3.4.2	Invloed op grondwaterstandbelanghebbenden	23
3.4.3	Invloed op verontreinigingen	24
3.4.4	Invloed op overige grondwaterbelanghebbenden	25
3.5	Conclusies	26
4	Energielevering energieopslag	27
4.1	Energieconcept	27
	Regeneratie	29
4.2	Potentieel bodemenergie	30
4.3	Milieuvoordeel	31
4.4	Masterplan	31
4.4.2	Thermische randvoorwaarden	33
4.4.3	Orderingeregels	35
4.5	Milieueffecten	35
4.5.1	Hydrologisch	35
4.5.2	Thermisch	37
4.6	Conclusies	39
5	Evaluatie	40
Bijlage 1	Masterplankaart energieopslag	42

1 Inleiding

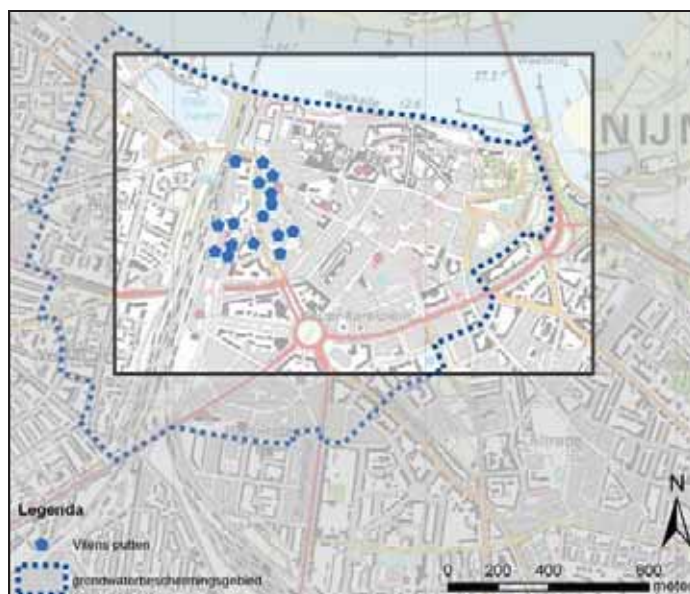
1.1 Kader

De gemeente Nijmegen streeft naar een duurzaam gebruik van de ondergrond. Hierbij stimuleert ze het gebruik van de bodem als energiebron\buffer (bodemenergie) vanwege de bijdrage die deze duurzame techniek kan leveren aan de uitstootreductie van CO₂. Figuur 1.1 geeft een overzicht van verschillende type bodemenergiesystemen.



Figuur 1.1 Overzicht type bodemenergiesystemen

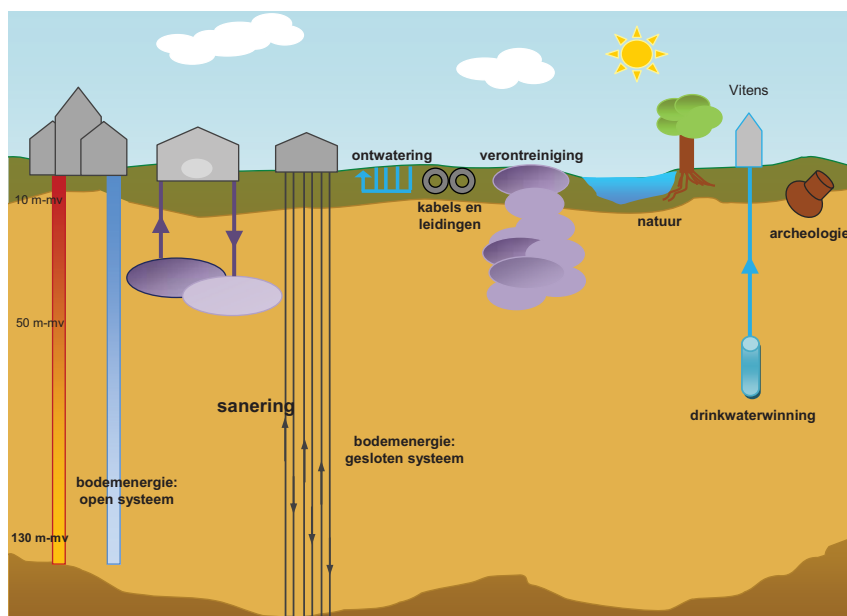
In het centrum van Nijmegen bevindt zich de Vitens-drinkwaterwinning Nieuwe Marktstraat (zie figuur 1.2). Conform het beleid van de provincie Gelderland is bodemenergie binnen het grondwaterbeschermingsgebied van deze winning niet toegestaan. Veel initiatieven voor duurzame energielevering hebben hierdoor geen doorgang kunnen vinden.



Figuur 1.2 Grondwaterbeschermingsgebied pompstation Nieuwe Marktstraat

Sluiting Vitens-drinkwaterwinning

Drinkwaterbedrijf Vitens heeft echter het voornemen om de winning in 2015 te sluiten. Stopzetten van de onttrekking leidt tot een verhoging van de grondwaterstand met mogelijk negatieve effecten op aanwezige grondwaterbelangen zoals kelders en ondergrondse infrastructuur (figuur 1.3). Een ander belangrijk aandachtspunt vormt de aanwezigheid van een aantal ernstige mobiele grondwaterverontreinigingen in het centrumgebied. Door stopzetting van de winning verandert de grondwaterstromingsrichting, waardoor deze verontreinigingen zich mogelijk ongewenst gaan verspreiden.



Figuur 1.3 Grondwaterbelangen en ondergrondse functies in centrumgebied

De gemeente Nijmegen wil graag inzicht krijgen of door stopzetting van de winning ongewenste effecten op de omgeving plaatsvinden. Daarnaast is zij geïnteresseerd in de mogelijkheden van een alternatieve inzet van de winning voor de energielevering van omliggende ontwikkelingsgebieden. Dit alternatief levert een synergievoordeel omdat enerzijds wateroverlast/verbreiding van verontreinigingen wordt voorkomen, terwijl tegelijkertijd de beoogde nieuwbouwgebieden op duurzame wijze van koeling en verwarming worden voorzien

Kansen voor bodemenenergie

Met het sluiten van de drinkwaterwinning vervalt de beschermde status van het grondwaterbeschermingsgebied en kan energieopslag in de bodem zonder belemmering plaatsvinden. Er is sprake van om reeds vanaf nu (een deel van) het grondwaterbeschermingsgebied vrij te geven.

Dit biedt enorme kansen voor de toepassing van energieopslag in de bodem. Het volume woningen, kantoren en winkels dat de komende jaren in het centrum van Nijmegen wordt gebouwd of wordt geherstructureerd is substantieel.

Gezien de robuustheid en financiële rentabiliteit van deze duurzame techniek is de verwachting dat projectontwikkelaars en andere initiatiefnemers in grote getale bodemenergie gaan toepassen.

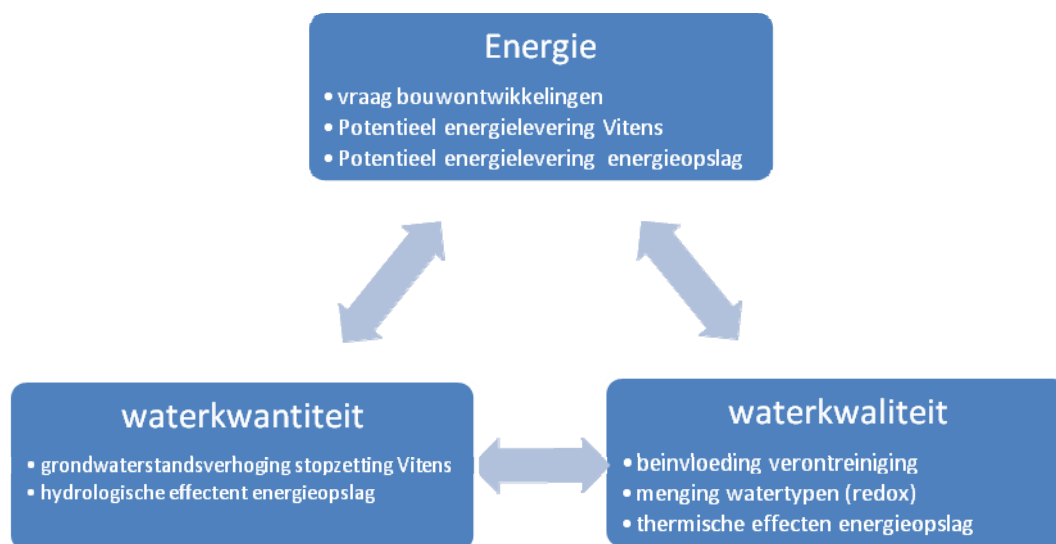
Aangezien bij grootschalige toepassing van bodemenergie de drukte in de ondergrond sterk toeneemt, levert dit ook een keerzijde. Het gevaar bestaat dat verschillende initiatieven voor energieopslag elkaar en/of andere gebruikers van de ondergrond gaan concurreren, waardoor ongewenste interferentie (negatieve interactie) plaatsvindt. Ordening van de ondergrond is in dit geval gewenst om optimaal duurzaam gebruik van de ondergrond te garanderen.

De gemeente Nijmegen wil graag de regierol nemen om ordening van de ondergrond voor het centrumgebied vorm te geven door het opstellen van een masterplan energieopslag.

1.2 Doelstelling van het onderzoek

Integrale afweging duurzame energievoorziening centrumgebied

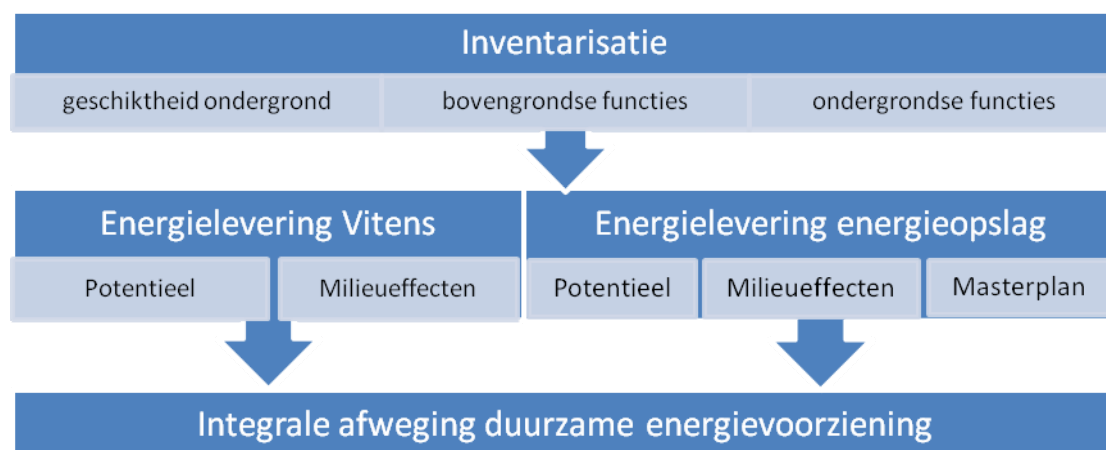
Doel van dit onderzoek betreft het vormgeven van een duurzame energievoorziening voor het centrumgebied, waarbij optimaal ondergronds ruimtegebruik wordt geborgd. Hiertoe dient een integrale afweging plaats te vinden waarbij zowel het energievraagstuk, als waterkwaliteit- en waterkwantiteitsaspecten van belang zijn (figuur 1.4).



Figuur 1.4 Integrale afweging duurzame energievoorziening centrumgebied

Plan van aanpak

Voor het invullen van een duurzame energievoorziening van het centrumgebied door middel van bodemenergie is het onderstaande plan van aanpak gehanteerd (zie figuur 1.5).



Figuur 1.5 Stappenplan naar visie bodemenergie

De inventarisatie heeft plaatsgevonden voor het gehele centrumgebied van Nijmegen (Benedenstad en Centrum). Vervolgens is gefocust op deellocaties, waarvoor op basis van energievraag van beoogde bouwlocaties en aanwezigheid van ondergrondse functies/grondwaterbelangen regulering in het gebruik van de ondergrond gewenst is.

1.3 Leeswijzer

Inventarisatie (hoofdstuk 2)

Dit hoofdstuk beschrijft de geschiktheid van de ondergrond voor toepassing van bodemenergie en de boven- en ondergrondse belangen in het centrum van Nijmegen.

De geschiktheid van de ondergrond (paragraaf 2.1) is in kaart gebracht aan de hand van bodemgeschiktheidskaarten voor open- en gesloten systemen. Deze zijn ontleend aan de rapportage kansenkaarten bodemenergie Nijmegen en aanvullende boorgegevens van pompstation Nieuwe Marktstraat.

Paragraaf 2.2 gaat nader in op de inventarisatie van potentiële nieuwbouwlocaties in het centrum. Op basis van bebouwingstype en bouwvolume wordt onderscheid gemaakt welke nieuwbouwlocaties geschiktheid voor het (grootschalig) toepassen van bodemenergie.

Bij de toepassing van bodemenergie dient rekening gehouden te worden met andere grondwaterbelangen in de ondergrond, zoals grondwateronttrekkingen en verontreinigingen. In paragraaf 2.3 zijn de ondergrondse functies in het stedelijk gebied van Nijmegen in beeld gebracht.

Energielevering Vitens (hoofdstuk 3)

Dit hoofdstuk gaat in op de effecten van het stopzetten van de Vitens winning op verontreinigingen en de grondwaterstand. Daarnaast wordt bepaald hoeveel energie de winning in potentie kan leveren en hoe groot het milieuvoordeel is op het moment dat de winning daadwerkelijk wordt ingezet bij het verwarmen en koelen van de nieuwbouwlocaties.

Energielevering KWO (hoofdstuk 4)

In dit hoofdstuk wordt het gebruik van energieopslag beschreven. Hiervoor ligt de focus op het gebied Spoorzone. De optimale inrichting van de ondergrond om zoveel mogelijk energie uit de bodem te halen wordt beschreven. Daarnaast worden de effecten van de energieopslag op de omgeving beschreven evenals het milieuvoordeel dat behaald kan worden door het inzetten van de energieopslag.

Evaluatie (hoofdstuk 5)

In dit hoofdstuk worden de twee varianten voor duurzame energielevering op basis van haalbaarheidsaspecten met elkaar vergeleken: levering aan de Spoorzone Centrum door de Vitens winning en verwarming/koeling voor het gehele Spoorzone plangebied door middel van energieopslag.

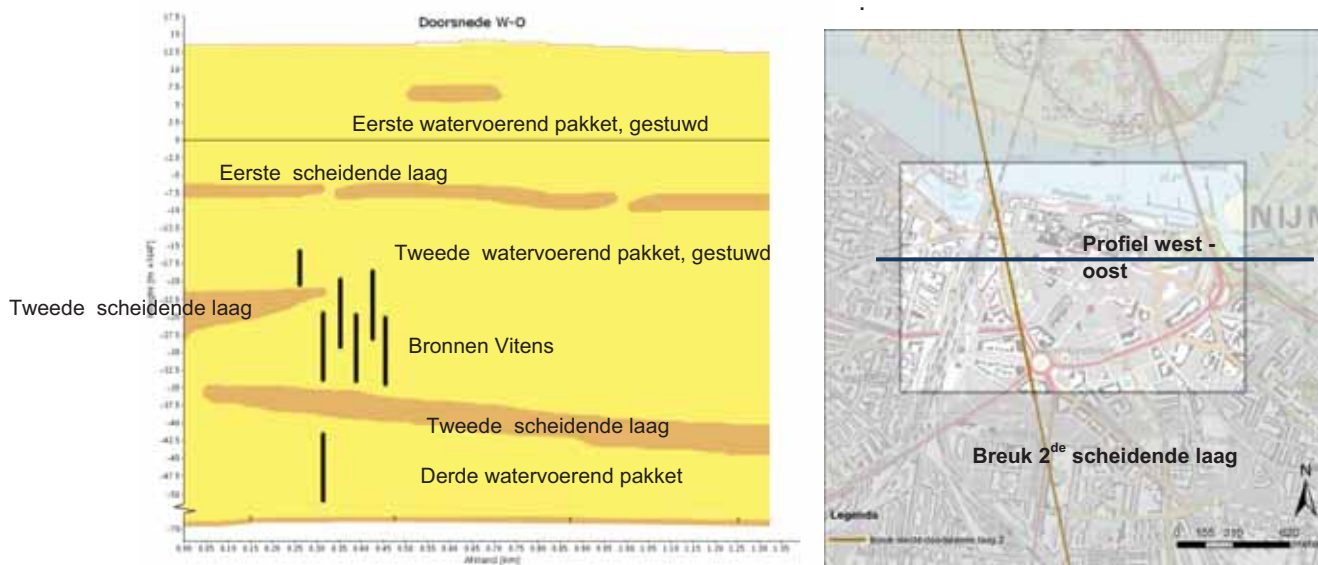
2 Inventarisatie

Dit hoofdstuk brengt de geschiktheid van de ondergrond voor bodemenergie (paragraaf 2.1), de verwachte energievraag (nieuwbouw-/renovatielocaties paragraaf 2.2 + 2.3) en ondergrondse grondwaterbelangen (paragraaf 2.4) in het centrum van Nijmegen in kaart.

2.1 Geschiktheid ondergrond voor bodemenergie

Bodemopbouw

De geschiktheid van de ondergrond in Nijmegen voor open en gesloten systemen is beschreven in de studie “Kansenkaarten energieopslag gemeente Nijmegen” (IF Technology, juli 2006, referentie 1/56148/MaK). Daarnaast is extra informatie verkregen over de bodemopbouw uit beschikbare gegevens van de drinkwaterwinning Nieuwe Markstraat.



Figuur 2.1 Geohydrologisch West-Oost profiel ondergrond gemeente Nijmegen en ligging Vitens bronnen (naar REGIS, TNO Bouw en Ondergrond)

Figuur 2.1 presenteert een geohydrologische schematisatie (west-oost profiel) van de ondergrond in Nijmegen. Hieruit blijkt dat de ondergrond een drietal watervoerende lagen bevat, die mogelijkheden bieden voor de toepassing van bodemenergie. Echter, de waterkwaliteit van grondwater in de bovenste twee watervoerende lagen wordt mogelijk beïnvloed door de stuwwal die zich ten oosten van het Centrum van de stad bevindt. Dit wordt bevestigd door Vitens.

Bij pompstation Nieuwe Marktstraat vindt ontijzering plaats om verstopping van de bronnen te voorkomen. Om de duurzaamheid van het Masterplan en de toekomstige open energieopslagsystemen zoveel mogelijk te waarborgen, wordt derhalve geadviseerd om voor open energieopslagsystemen zoveel mogelijk gebruik te maken van het diepere watervoerende pakket

Capaciteit

Zoals aangegeven bevinden de bronnen van Vitens zich in het tweede watervoerende pakket. Gezien het feit dat de eerste scheidende laag niet aaneengesloten voorkomt in het centrum, kan zuurstofrijk grondwater doordringen tot diep in het tweede watervoerende pakket (de zogenoemde redoxgrens). Hierdoor kan bronverstopping optreden. Uit gegevens van Vitens blijkt dat dit in het verleden gespeeld heeft. De broncapaciteit van de onttrekking nam af. Om deze bronverstopping te voorkomen is een ontijzeringsinstallatie geplaatst.

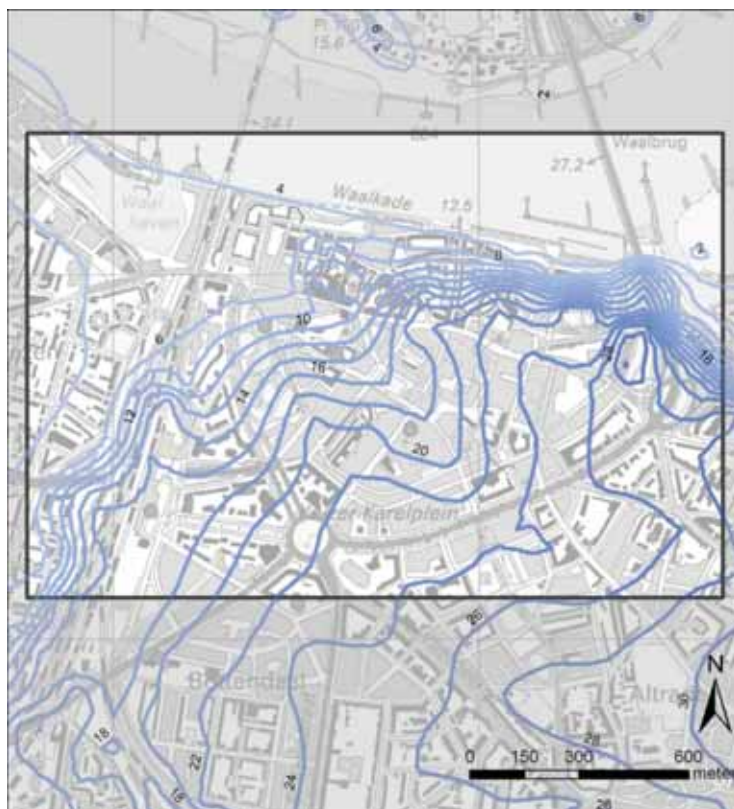
Voor de toepassing van energieopslag middels open bronnen is het van belang om voor een pakket te kiezen zonder redoxgrens. Verstopping van bronnen zal namelijk nog sneller optreden omdat in de bronnen zowel onttrokken- als geïnfiltreerd wordt.

De capaciteit van het derde pakket wisselt sterk. Aan de oostzijde van de breuk (figuur 2.1, rechts) is de capaciteit van het derde watervoerende pakket groter dan aan de westzijde van de breuk. Voor het gehele pakket geldt echter dat dit pakket wel mogelijkheden biedt, zonder dat verstoppingrisico door redox aanwezig is.

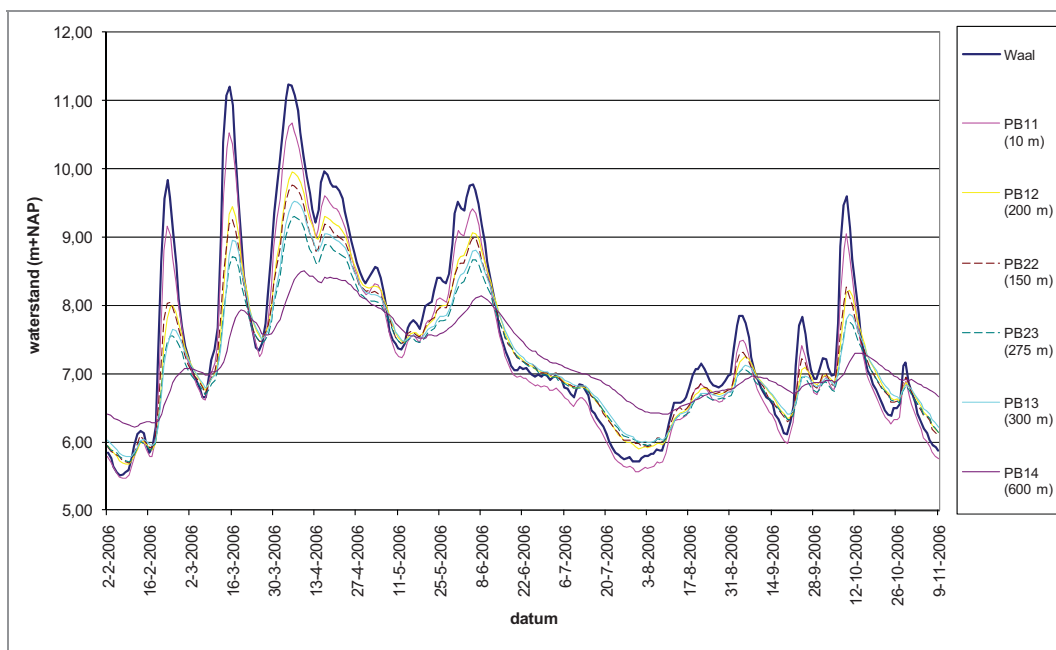
Grondwaterstand

Met behulp van gegevens van TNO en Vitens is de gemiddelde grondwaterstand rondom de drinkwaterwinning in kaart gebracht (zie figuur 2.2). Uit het kaartje blijkt dat de gemiddelde grondwaterstand varieert tussen de 4 en 30 m-mv. Deze grote verschillen worden met name veroorzaakt door de aanwezigheid van gestuwd gebied, waardoor het maaiveld omhoog komt in het centrum van de stad.

Tevens is gekeken naar de invloed van de Waal op de grondwaterstand direct rond de Waal. Een vergelijking tussen de stand van de Waal en stijghoogten in peilbuizen op verschillende afstanden van de Waal, laat zien dat de Waal invloed heeft op de grondwaterstand. In figuur 2.3 wordt de Waalstand en enkele stijghoogten weergegeven.



Figuur 2.2 grondwaterstanden in centrum Nijmegen (m-mv)



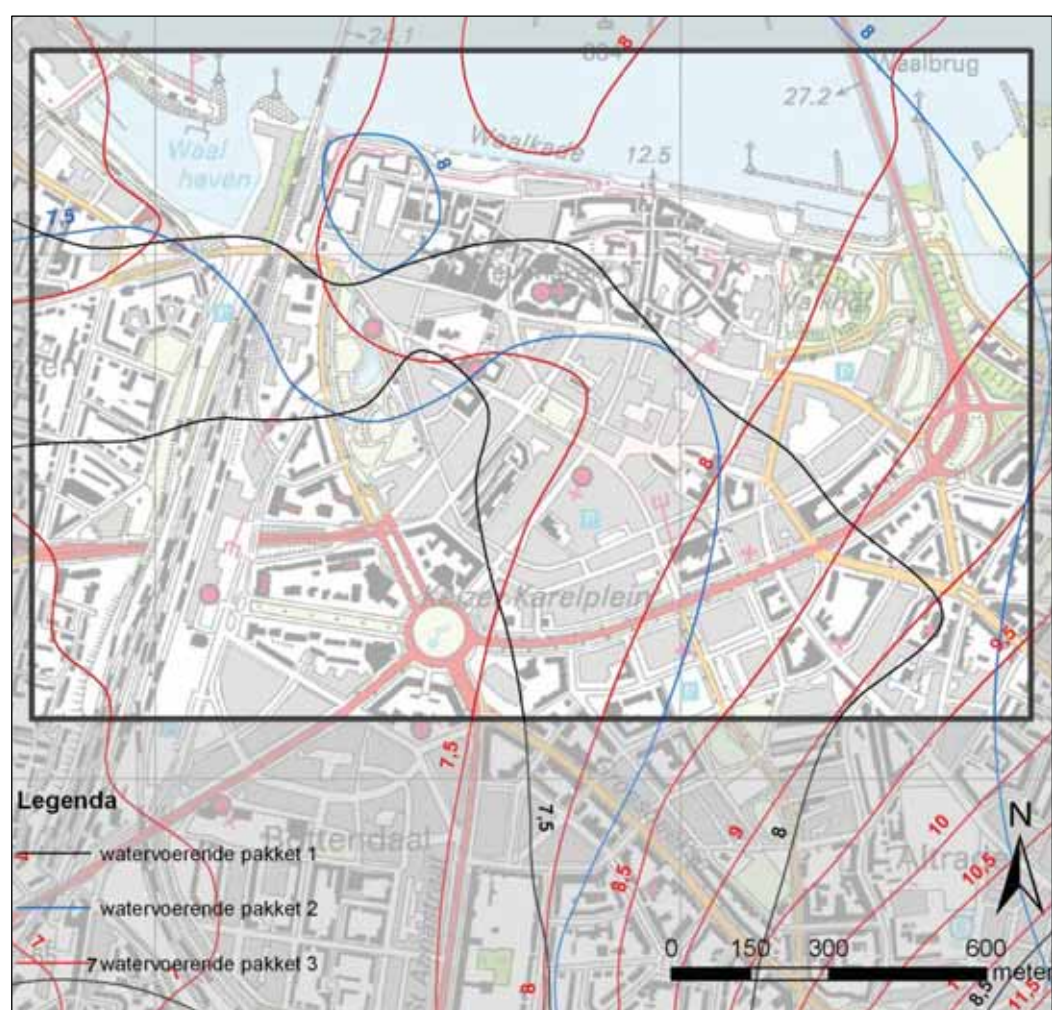
Figuur 2.3 grondwaterstand in vergelijking met waterstand Waal

Te zien is dat het grondwater op korte afstand van de Waal direct op een verhoging of verlaging van de Waal reageert. Tot een afstand van 500 m reageert het grondwater op de dagelijkse fluctuaties in de Waal.

Grondwaterstroming

Met behulp van gegevens van REGIS en de grondwaterkaart is de grondwaterstroming in het centrum van Nijmegen in kaart gebracht (zie figuur 2.4). Uit de inventarisatie blijkt dat de stromingssnelheid- en richting per watervoerende pakket verschilt. De stromingsrichting- en snelheid wordt beïnvloedt door de ligging van de Stuwwal, de aanwezigheid van de Waal en het pompstation Nieuwe Markstraat. Voor de drie watervoerende pakketten geldt dat de grondwaterstroming:

- In het eerste watervoerende pakket (zwart) wordt beïnvloedt door de Waal;
- In het tweede watervoerende pakket (blauw) lokaal beïnvloedt wordt door Vitens winning, de regionale stromingsrichting is noordwestelijke gericht;
- In het derde watervoerende pakket (rood) westelijk gericht is.



Figuur 2.4 Stijghoogte in de watervoerende pakketten in Nijmegen Centrum

Conclusie bodemgeschiktheid

Zowel het tweede als het derde watervoerende pakket bieden mogelijkheden voor het toepassen van bodemenergie. Om de duurzaamheid van het Masterplan te garanderen wordt geadviseerd om voor het gebruik van energieopslag uit te gaan van het derde watervoerende pakket. De bodemopbouw in dit pakket is echter zeer heterogeen, de bodemgeschiktheid van het derde watervoerende pakket is lager dan die van het tweede watervoerende pakket. De grondwaterstand en grondwaterstromingsrichting vormen geen belemmering voor de toepassing van energieopslag. Wel dient bij het positioneren van bronnen rekening te worden gehouden met de stromingsrichting in het derde watervoerende pakket. Deze aspecten vormen bij het gebruik van de Vitens winning geen aandachtspunt omdat het water hier niet geretourneerd wordt in het watervoerende pakket.

2.2 Nieuwbouw-/renovatielocaties

De inventarisatie van bodemgeschiktheid en grondwaterbelangen (paragraaf 2.4) heeft plaatsgevonden voor het gehele centrum van Nijmegen (zowel Centrum als benedenstad). Is het gebruik van bodemenergie ook in het hele centrum mogelijk? Deze vraag zal in deze paragraaf beantwoordt worden.

Op welke plaatsen is het gebruik van een masterplan energieopslag en/of het gebruik van de bronnen van Vitens wenselijk?

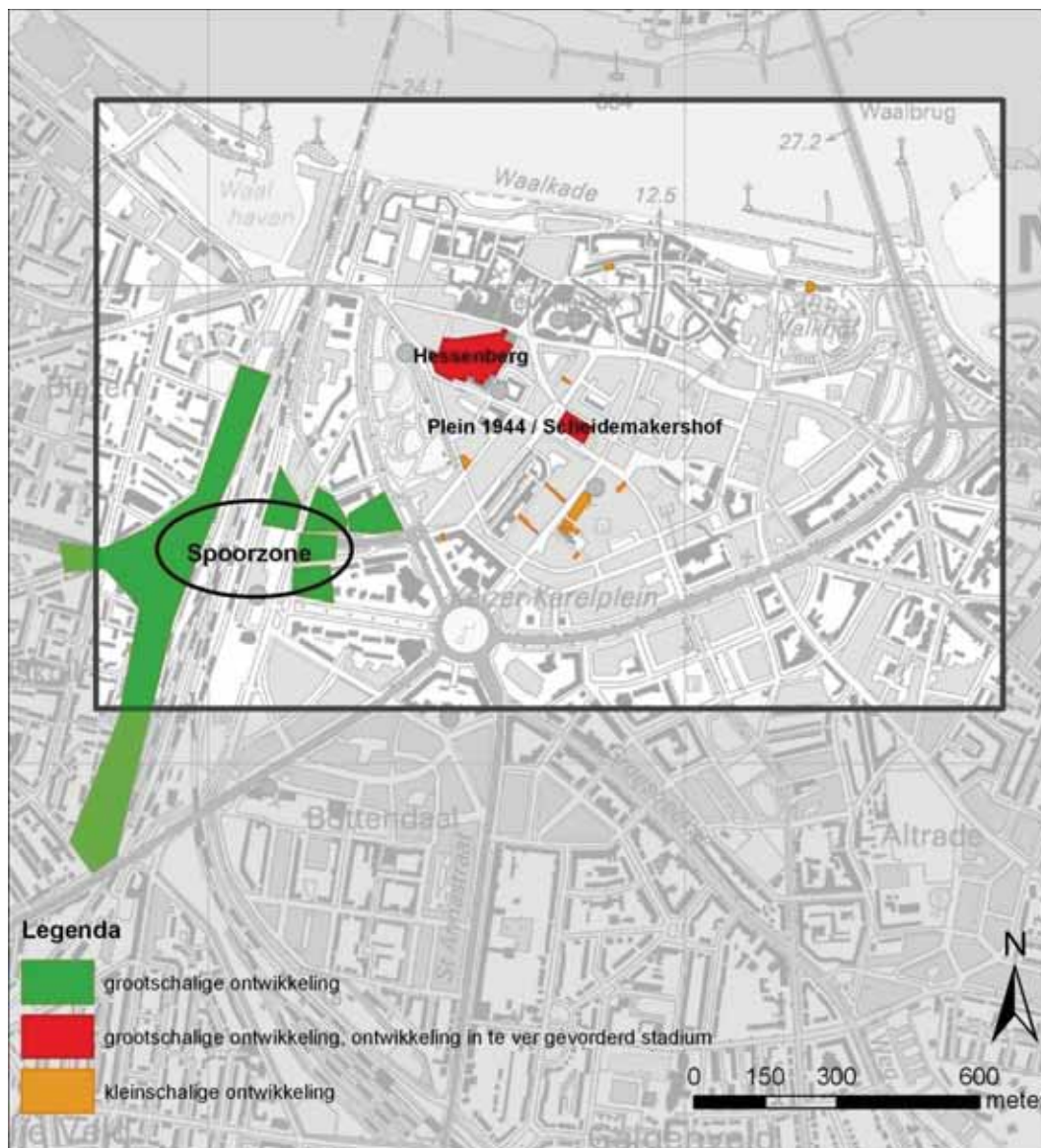
- Locaties waar zowel een grote energievraag aanwezig is als ook grondwaterbelangen aanwezig zijn;
- Op locaties die in de nabijheid (binnen 1.000 m) van de Vitens winning Nieuwe Marktstraat liggen;
- Grootchalige renovatieontwikkelingen (meer dan 50 woningen en/of 1.000 m² utiliteit);
- Grootchalige nieuwbouwontwikkelingen (meer dan 50 woningen en/of 1.000 m² utiliteit).

Bij kleinere ontwikkelingen kan het gebruik van open systemen nog steeds haalbaar zijn, het gebruik van gesloten systemen kan dan echter ook tot de mogelijkheden behoren. Gezien de kleinschaligheid worden echter minder obstakels verwacht.

Uit gesprekken met de gemeente Nijmegen is gebleken dat binnen het centrumgebied weinig grootchalige renovatie zal plaatsvinden. Binnen het centrumgebied bevinden zich wel een aantal herontwikkelingslocaties (figuur 2.5).

De nieuwbouwlocaties in het centrum van Nijmegen zijn aan de hand van bouwcijfers van de gemeente in kaart gebracht. Voor nieuwbouwlocaties bepaalt het bouwvolume welk type bodemenergiesysteem toegepast wordt en of het gebruik van een Masterplan van toepassing is. Bij kleinschalige projecten (oranje) is sturing van ondergrond minder van belang dan bij grootchalige ontwikkelingen (groen). De rode gebieden zijn ook grootchalige ontwikkelingen, maar deze projecten zijn zodanig vergevorderd, dat energieopslag of het gebruik van de bronnen van Vitens niet meer toegepast kan worden.

Uit gesprekken met de betrokken projectontwikkelaars van het gebied Spoorzone blijkt dat binnen de Spoorzone twee locaties de grootste potentie hebben: Spoorzone-westzijde en TPG-gebouw aan de centrumzijde.



Figuur 2.5 Nieuwbouwlocaties en geschiktheid van deze locaties voor masterplan Bodemenergie

Voor de inrichting van het Masterplan zal echter het gehele plangebied Spoorzone beschouwd worden zodat een goede afweging en optimalisatie van de bodem kan plaatsvinden.

Spoorzone

Het plangebied Spoorzone bevindt zich nabij het station (zie figuur 2.5). Zowel aan de west- als oostzijde van het station vinden diverse ontwikkelingen plaats. In tabel 2.1 zijn de bouwgegevens van het project weergegeven.

Tabel 2.1 Overzicht bouwvolumes Spoorzone (gegevens afkomstig uit Energieverkenning Spoorzone, Ecofys 2008)

deelgebied	Woningen		Voorzieningen
	aantal	m ²	aantal m ²
Centrumzijde			
TPG gebouw	300	22.000	4.500
Arbeidsbureau (Spoorstraat 4-6)	120	12.000	1.700
Metterswane	150	15.000	-
Belastingdienst (Chinees)	110 - 130	11.000	-
Tunnelgebouw	-	-	12.400
<i>Subtotaal centrum</i>	<i>680</i>	<i>60.000</i>	<i>18.600</i>
Westzijde			
Westzijde	500	50.000	1.500
Totaal Spoorzone	1.180	110.000	20.100

2.3 Energievraag

Zoals in paragraaf 2.2 beschreven, worden in het plangebied Spoorzone woningen en werkvoorzieningen gerealiseerd. Voor het bepalen van de energiebehoefte van deze ontwikkelingen zijn kentallen gehanteerd, die op basis van ervaringscijfers van een aantal grootschalige utiliteit- en woningbouwprojecten zijn afgeleid (zie tabel 2.2).

Tabel 2.2 Kentallen vermogen en energie

	verwarming		koeling	
	verwarmingsvermogen [W/m ²]	warmtevraag [kWh/m ²]	koelvermogen [W/m ²]	koudevraag [kWh/m ²]
kantoren	50	50	50	50
woningen	60	60	20	20

Op basis van de kentallen uit tabel 2.2 is een inschatting gemaakt van de totaal benodigde energie voor de ontwikkelingen in de Spoorzone (zie tabel 2.3)

Tabel 2.3 Energetische uitgangspunten

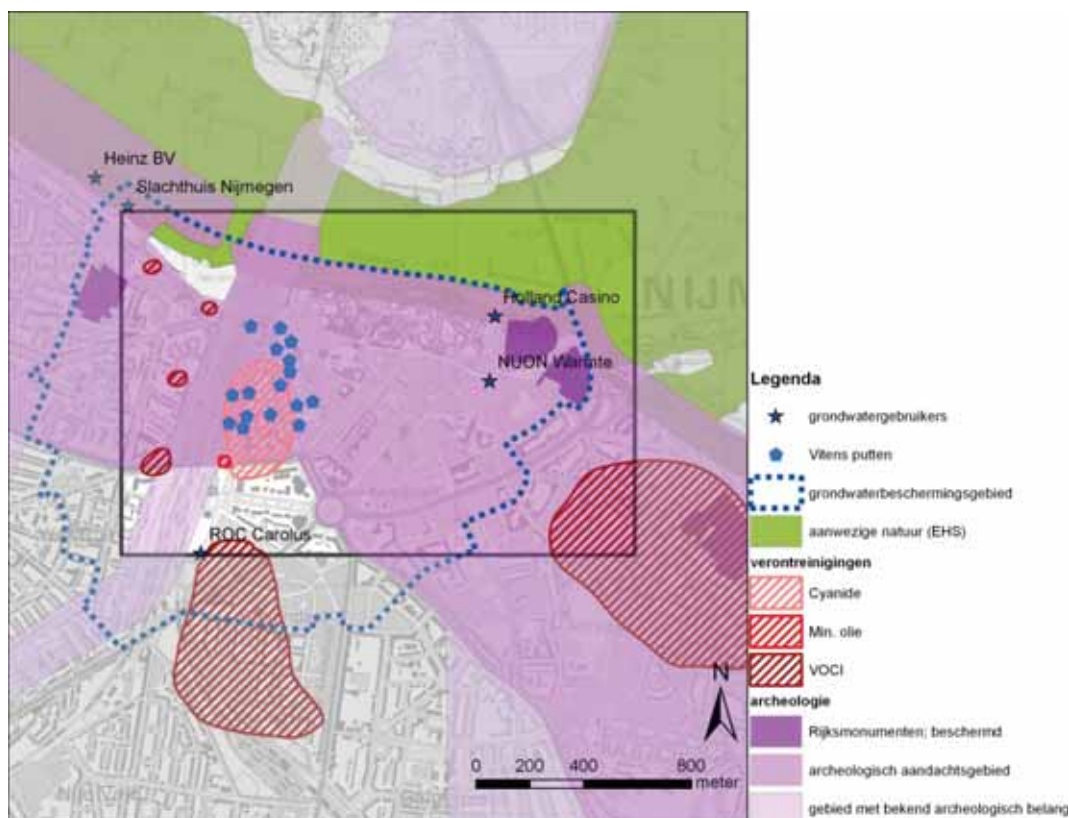
deelgebied	verwarming		koeling (incl. woningen)	
	vermogen [kW _t]	energie [MWh/a]	vermogen [kW _t]	energie [MWh/a]
Centrumzijde				
TPG gebouw	1.875	1.875	825	825
Arbeidsbureau (Spoorstraat 4-6)	805	805	325	325
Metterswane	1.025	1.025	425	425
Belastingdienst (Chinees)	1.160	1.160	720	720
Tunnelgebouw	620	620	620	620
<i>Subtotaal centrum</i>	<i>5.485</i>	<i>5.485</i>	<i>2.915</i>	<i>2.915</i>
Westzijde				
Westzijde	3.075	3.075	1.075	1.075
Totaal	8.560	8.560	3.990	3.990

Uit tabel 2.3 blijkt dat het benodigde koelvermogen circa 45% bedraagt van het verwarmingsvermogen voor het totale plangebied. Oorzaak voor dit grote verschil is het aandeel woningen binnen de Spoorzone. Het benodigde koelvermogen per woning bedraagt circa 33% van het verwarmingsvermogen.

Vanuit provinciaal beleid is het ongewenst om meer koude of meer warmte in de bodem te brengen. Bij het opstellen van het Masterplan zal worden uitgegaan van een energiebalans, dus dat evenveel warmte als koude geladen wordt. Dit zal worden toegelicht in hoofdstuk drie en vier, waar zowel de energetische concepten van de Vitens bronnen als energieopslag worden besproken.

2.4 Grondwaterbelangen

Bij de toepassing van bodemenergie dient rekening gehouden te worden met andere gebruikers van de ondergrond. Enerzijds kunnen deze ondergrondse functies kansen bieden voor combinatie met bodemenergie, anderzijds dient negatieve interferentie met deze gebruikers voorkomen te worden. Deze paragraaf presenteert de resultaten van de inventarisatie van de diverse ondergrondse functies in het centrum van Nijmegen. Figuur 2.6 geeft een overzicht.



Figuur 2.6 Overzicht ondergrondse functies

Grondwateronttrekkingen

In figuur 2.6 zijn alle permanente grondwateronttrekkingen weergegeven zoals opgenomen in het grondwaterregister van de Provincie. Het betreffen voornamelijk kleinschalige onttrekkingen en bemalingen, die van beperkte invloed zijn op de toepassingsmogelijkheden van bodemenergie. De praktijk leert dat het ontwerp van het bodemenergiesysteem zodanig kan worden ingericht dat wederzijdse beïnvloeding wordt voorkomen.

Grootschalige onttrekkingen kunnen in verband met wederzijdse beïnvloeding wel een belangrijk aandachtspunt vormen. Tabel 2.4 beschrijft de onttrekkingen met een waterverplaatsing van meer dan 100.000 m³/jaar.

Tabel 2.4 Permanente grondwateronttrekkingen > 100.000 m³/jaar

nr.	Naam	doel	vergund [m ³ /a]
1.	Pompstation Nieuwe Markt Vitens	Drinkwater	4.400.000
2.	Slachthuis Nijmegen	Industrie	375.000
3.	Heinz	Industrie	640.000
4.	Holland Casino	Industrie	120.000
5.	Nijvis	Industrie	437.000
6.	Electrabel	Industrie	650.000

Grondwaterbeschermingsgebied pompstation Nieuwe Marktstraat

Ter plaatse van het Kronenburgerpark bevindt zich pompstation Nieuwe Marktstraat van Vitens. Pompstation Nieuwe Marktstraat onttrekt grondwater uit het tweede watervoerende pakket met een maximaal vergunde waterhoeveelheid van 4,4 miljoen m³/jaar (zie tabel 2.4).

Volgens het vigerende beleid van de provincie zijn open systemen in het beschermingsgebied niet toegestaan, mits aangetoond kan worden dat de verblijftijd van een waterdeeltje naar de onttrekkingsputten van de drinkwaterwinning korter is dan 25 jaar. Voor gesloten systemen gelden geen beperkingen.

Vitens is voornemens de winning in 2015 te sluiten, waardoor de geldende restricties binnen het grondwaterbeschermingsgebied komen te vervallen. Het drinkwaterbedrijf heeft aangegeven geen belemmeringen te zien voor de toepassing van open systemen buiten de 10-jaarszone van de drinkwaterwinning. De provincie is echter bevoegd gezag ten aanzien van de toepassingsmogelijkheden van open systemen in het grondwaterbeschermingsgebied. Op dit moment (medio 2009) is nog onduidelijk welk voorwaarden zij stelt.

In een studie naar de effecten van het sluiten van de winning, is beschreven in hoofdstuk 3, is ook onderzocht hoeveel warmte en koude de winning zou kunnen leveren wanneer de winning in stand blijft.

Bodemenergiesystemen

Binnen het centrum van Nijmegen zijn twee open systemen bekend (zie figuur 2.6). Deze systemen zijn in kaart gebracht op basis van informatie van de Gemeente en Provincie. Tabel 2.5 beschrijft de belangrijkste karakteristieken van deze systemen.

Tabel 2.5 Bodemenergiesystemen in Nijmegen

nr.	naam	type systeem	locatie	vergund
I	ROC Carolus	open	Marienburgsestraat	ja
II	Nuon Warmte	open	Van Diemerbroeckstraat	ja

Grondwaterverontreinigingen

Figuur 2.6 beschrijft de bij de gemeente bekende diepe grondwaterverontreinigingen (>10 m-mv) in Nijmegen. In de figuur wordt onderscheid gemaakt tussen immobiele en mobiele verontreinigingen. Met name mobiele grondwaterverontreinigingen vormen in verband met mogelijke interactie een aandachtspunt voor de toepassing van bodemenergie. Het merendeel van deze mobiele verontreinigingen bevindt zich ondiep (< 10 m-mv). Tabel 2.6 beschrijft de kenmerken van de diepe (> 10 m-mv) grondwaterverontreinigingen.

Tabel 2.6 eigenschappen grondwaterverontreinigingen.

nr.	soort verontreiniging	locatie	diepte
1	Minerale olie	Waalbandijk	8 m + NAP
1	BTEX, zware metalen	Voorstadlaan	onbekend
2	van Mameren	Chloorhoudende stoffen	8 m + NAP
3	Cyanide, minerale olie	Gasfabriek /Nieuwe Marktstraat	3 - 6 m + NAP
4	VOC	ASW-terrein	10 m - NAP
5	PAK, Naftaleen, minerale olie	van Swaaijterrein	20 m -mv

Natuur

De natuurgebieden in en rondom het centrum zijn in kaart gebracht aan de hand van informatie uit de Wateratlas van Gelderland. Uit figuur 2.6 volgt dat de Waal de functie natuur heeft (Ecologische Hoofdstructuur (EHS)). Gezien het feit dat de grondwaterstand sterk beïnvloedt wordt door de Waal, zal de aanwezigheid van de natuur geen belemmering vormen bij de invulling van het Masterplan.

Ondergrondse infrastructuur

Bij de toepassing van open systemen in de directe omgeving van ondergrondse infrastructuur dient het ontwerp van het bodemenergiesysteem zodanig te worden ingericht dat hydrologische effecten worden beperkt. Daarnaast dient bij de aanleg van de bronnen en bodemlussen voldoende afstand tot de bouwwerken in acht te worden genomen om constructieve schade te voorkomen. De relevante ondergrondse infrastructuur in de nabijheid van de Spoorzone betreffen het spoor en ondergrondse parkeergarages.

Archeologie

Uit figuur 2.3 blijkt dat het merendeel van het centrum de status van 'archeologisch aandachtsgebied' heeft. Navraag bij de gemeente leert dat het gebied spoorzone valt in het archeologische aandachtsgebied (in 1988 door de gemeenteraad vastgesteld). Hiervoor geldt dat bij bodemingrepen archeologisch onderzoek verplicht is (voorafgaand aan de uitvoering van eventuele werkzaamheden). Op de archeologische beleidskaart, die eind 2009/begin 2010 via facetbestemmingsplan wordt vastgesteld, ligt het totale plangebied in de zone 'zeer hoge archeologische waarde'. Dat houdt in dat 'behoud in situ' het beleidsuitgangspunt is.

Indien behoud in situ niet mogelijk is dan is behoud ex situ (opgraven), volgens het protocol Opgraven (protocol 4004 zoals te lezen is in de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie versie 3.1 (www.sikb.nl)) van toepassing. Dit protocol moet gevolgd worden bij uitvoering van voorgenomen (graaf- en hei)werkzaamheden).

Conclusie belangen

Op basis van de inventarisatie blijkt dat voor het opstellen van het Masterplan en het verkrijgen van de vergunning Grondwaterwet geen belemmeringen te verwachten zijn. Met name archeologie en ondergrondse infrastructurele werken (parkeergarages) vormen een aandachtspunt bij de uitwerking en realisatie van het Masterplan.

3 Energielevering Vitens

Dit hoofdstuk beschrijft de mogelijkheden van het leveren van energie door de Vitens winning. Daarnaast worden de effecten van het stopzetten van de winning op de grondwaterstand, grondwaterstroming en belangen (waaronder verontreinigingen) beschreven.

3.1 Energieconcept

Ontwerputgangspunten pompstation Nieuwe Marktstraat

Tabel 3.1 presenteert de belangrijkste ontwerpgegevens van pompstation Nieuwe Marktstraat. Ter plaatse van de bronnen vindt in verband met de redoxcondities van het grondwater ondergrondse ontijzering plaats om bronverstopping te voorkomen. Daarnaast is een koolstoffilter geplaatst om eventuele aanwezige verontreinigingen in het grondwater te verwijderen.

Tabel 3.1 Gegevens pompstation Nieuwe Marktstraat te Nijmegen

parameter	eenheid	waarde
maaiveldhoogte (gemiddeld)	M+NAP	18 (13 - 25)
diepte filter boven (max)	m-mv	31
diepte filter onder (max)	m-mv	112
pompcapaciteit totaal	m ³ /uur	650
aantal putten	-	16
vergunde hoeveelheid voor onttrekken	m ³ /jaar	4.400.000

Energievraag

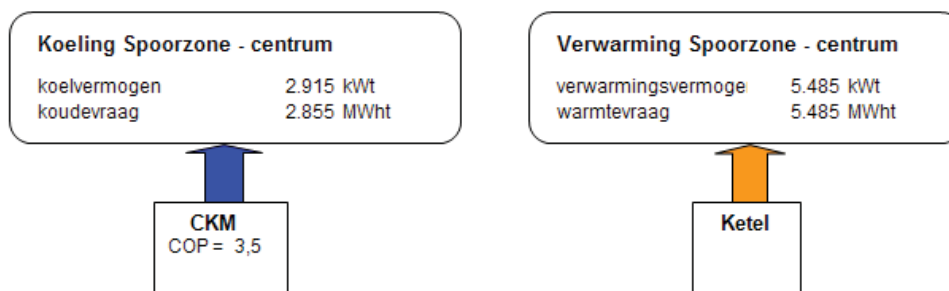
In paragraaf 2.3 is de energievraag van het plangebied Spoorzone beschreven. Hieruit blijkt dat jaarlijks 8.560 MW_t benodigd is voor het koelen van het totale plangebied Spoorzone en jaarlijks 3.990 MW_t voor het verwarmen. Praktisch gezien zal het haast onmogelijk zijn om transportleidingen vanaf de Nieuwe Marktstraat aan te leggen naar Spoorzone - west. Derhalve zal voor het gebruik van de Vitens winning alleen de energievraag van centrumzijde beschouwd worden (zie tabel 3.2).

Tabel 3.2 Energetische uitgangspunten

	verwarming		koeling (incl. woningen)	
	vermogen [kW _t]	energie [MWh/a]	vermogen [kW _t]	energie [MWh/a]
Spoorzone - Centrum	5.485	5.485	2.915	2.915

Conventioneel concept

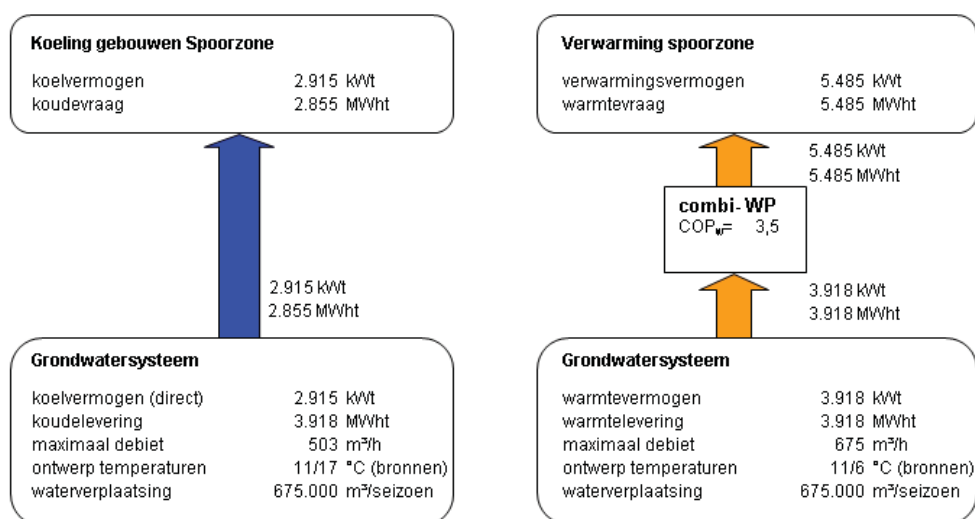
In figuur 3.1 is voor de centrumzijde van het plangebied Spoorzone het conventionele principe van warmte- en koudelevering weergegeven. In het conventionele energieconcept wordt voor de koeling en verwarming van de Spoorzone gebruik gemaakt van gas-gestookte ketels en elektrische compressie koelmachines (CKM). De opwekkers zullen centraal en als klein collectief worden opgesteld.



Figuur 3.1 Conventionele energieconcept Spoorzone

Duurzame energielevering

Om te berekenen of de Vitens winning kan worden ingezet voor het verwarmen- en koelen van de Spoorzone centrumzijde, is uitgegaan van een monovalent systeemconcept. Een monovalent systeemconcept wil zeggen dat alle energie wordt geleverd door de Vitens bronnen en dat niet bijgestookt wordt met bijvoorbeeld een cv-ketel op de piekmomenten. Op basis van dit monovalent concept zullen alle bronnen van de Vitens winning gebruikt moeten worden voor het leveren van voldoende vermogen. Wanneer een aantal bronnen niet gebruik kan worden, kan besloten worden over te gaan op een bi-valent concept (= minder vermogen en dus een lager debiet). Voor meer uitleg over monovalten/bi-valent wordt verwezen naar paragraaf 4.1. Figuur 3.2 geeft het duurzame energieconcept en de energetische uitgangspunten weer. De vermogens en energiehoeveelheden zijn gebaseerd op basis van tabel 3.2.



Figuur 3.2 Energieconcept Vitens winning (monovalent)

3.2 Potentieel

Op basis van de maximale vergunde waterhoeveelheid van 4,4 miljoen m³ per jaar, kan circa 25 miljoen MWt_h aan energie geleverd worden. De laatste jaren is gemiddeld 4,0 miljoen m³ grondwater onttrokken, dit komt overeen met circa 23,7 miljoen MWt_h per jaar (uitgaande van een temperatuurverschil van 5°C tussen het onttrokken en geloosde water). Het aanbod voldoet dus ruimschoots aan de totale energievraag van Spoorzone centrum.

3.3 Milieuvoordeel

Op basis van de ontwerpuitgangspunten van het pompstation (tabel 3.1) en de kentallen uit tabel 3.3 is het besparingspotentieel van de drinkwateronttrekking gedefinieerd.

Tabel 3.3 Energetische kentallen

kental	eenheid	waarde
besparing primaire energie	[MJ/m ³]	5,6
vermeden CO ₂ -emissie	[kg/m ³]	0,40

Bron: SenterNovem, Protocol monitoring duurzame energie update 2006.

Uitgaande van de gemiddelde jaarlijks onttrokken waterhoeveelheid (4,0 miljoen m³) bedraagt de primaire energiebesparing circa 22.400 GJ. De CO₂ uitstoot wordt verminderd met 1.600 ton, wat gelijk staat aan 8 miljoen autokilometers.

Uitgaande van de benodigde waterverplaatsing die nodig is om aan de energievraag van Spoorzone centrum te voldoen, bedraagt de primaire energiebesparing circa 7.500 GJ. Dit komt overeen met 540 ton CO₂, wat gelijk staat aan 2,7 miljoen autokilometers.

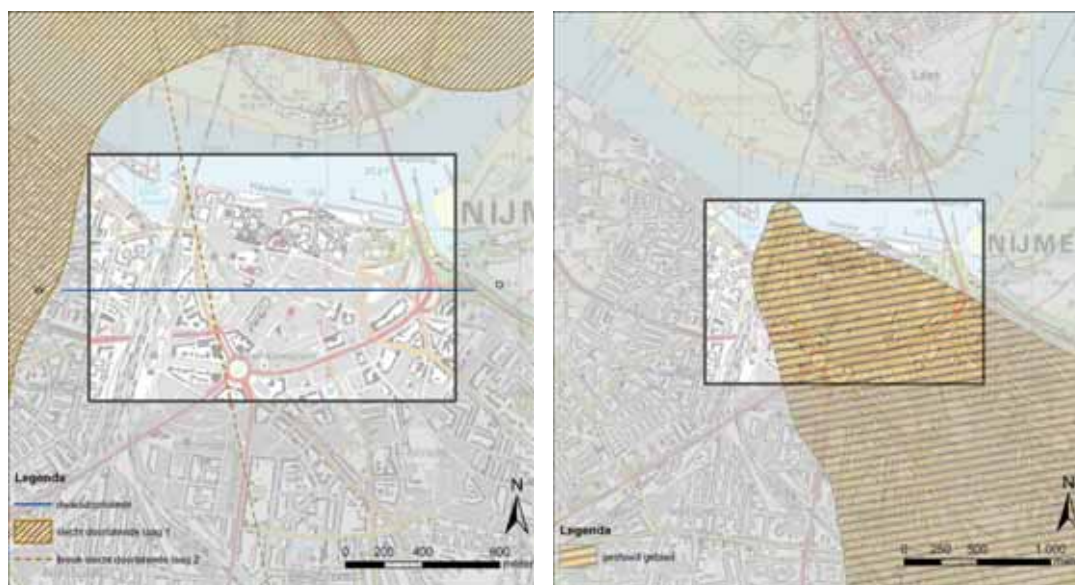
3.4 Milieueffecten

3.4.1 Modelopbouw

Om de hydrologische effecten van het stopzetten van de Vitens winning te berekenen, is gebruik gemaakt van het hydrologische softwarepakket MicroFEM. Met MicroFEM kunnen zowel stationaire als niet-stationaire berekeningen worden uitgevoerd. Het programma werkt volgens het principe van de eindige elementen (Finite Elements Model). In het model wordt de bodemopbouw geschematiseerd tot watervoerende pakketten en scheidende lagen. In MicroFEM is in watervoerende pakketten alleen horizontale stroming mogelijk, terwijl in een scheidende laag alleen verticale stroming mogelijk is. Met MicroFEM kunnen alleen stijghoogten in de watervoerende pakketten berekend worden. Berekening van een stijghoogte in een scheidende laag is niet mogelijk.

De bodemopbouw in het model is gebaseerd op de geohydrologische schematisatie in figuur 2.1. De scheidende laag op circa 80 m-NAP heeft een dermate hoge weerstand dat deze wordt beschouwd als hydrologische basis.

Figuur 3.3 laat de verspreiding van de eerste scheidende laag en het gestuwde gebied zien. De tweede scheidende laag is in het gehele modelgebied aanwezig.



Figuur 3.3 Verspreiding 1^{ste} scheidende laag (links) en gestuwd gebied (rechts)

De Waal

De Waal heeft een grote invloed op grondwaterstand in de directe omgeving van de Waal. Om de effecten van de Waal in het model mee te nemen, is deze als oppervlaktewater meegenomen in het MicroFem model. De Waal is in het model opgenomen met een gemiddelde waterstand van 8 m+NAP.

Gestuwd gebied

Gestuwd gebied heeft invloed op de horizontale en verticale doorlatendheid van de ondergrond. Het is mogelijk om deze stuwning in MicroFem te modelleren. Voor deze modellering is de stuwrichting en mate van stuwning (verschil in doorlatendheid door de stuwning ofwel anisotropie) van belang. Met behulp van de modelrapportage Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI)¹ is de richting en mate van stuwning bepaald.

Verontreinigingen

Het effect van het stopzetten van de drinkwaterwinning op de aanwezige (mobiele) verontreinigingen is bepaald met behulp van stroombaanberekeningen.

Schematisatie in tijd

Om de invloed van het stopzetten van de winning op de grondwaterstand te berekenen is een niet-stationaire berekening uitgevoerd. Bij deze berekening wordt er vanuit gegaan dat de drinkwaterwinning gedurende het jaar 4.000.000 m³ grondwater heeft onttrokken.

¹ Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI), versie : NHI\FASE_1+\2008\HR_v2, December 2008

Dit getal is gebaseerd op de maximale onttrekking van de afgelopen 5 jaar. Gemiddeld werd per dag 10.960 m³ door de zestien putten onttrokken.

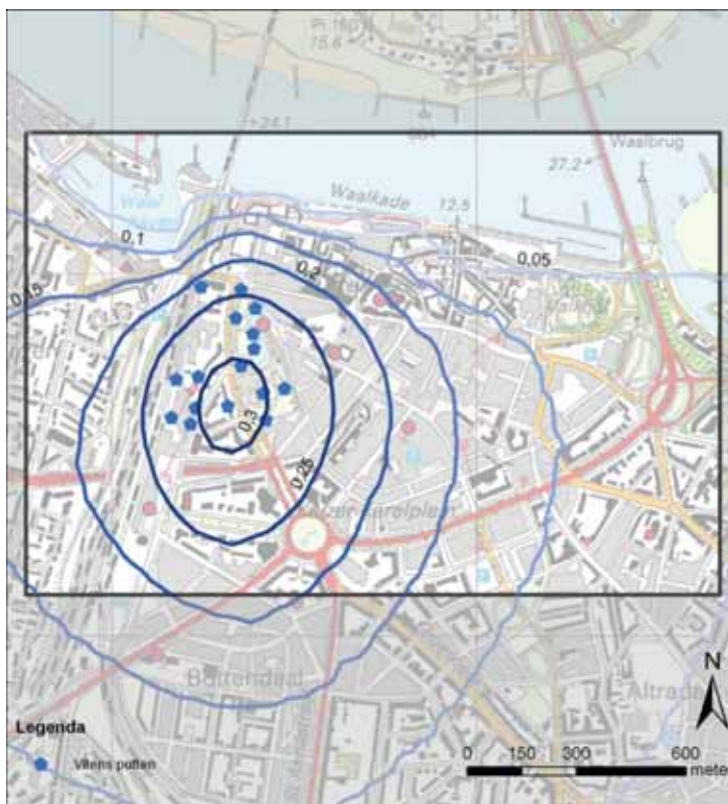
De berekeningen zijn gebaseerd op het beginsel van superpositie, hetgeen inhoudt dat alleen de stijghoogteveranderingen ten gevolge van de onttrekking is berekend. De werkelijke grondwaterstandsverandering kan worden verkregen door de berekende grondwaterstandverandering te superponeren op het stijghoogtepatroon van dat moment.

3.4.2 Invloed op grondwaterstandbelanghebbenden

In figuur 3.4 is de berekende grondwaterstandverandering ($> 0,05$ m) als gevolg van het stopzetten van de winning weergegeven. Het contourinterval bedraagt 0,05 m.

De maximale grondwaterstandverandering is aanwezig ter plaatse van de drinkwaterwinputten en bedraagt 0,30 m. De grondwaterstand ter plaatse van de putten bedraagt meer dan 10 m-mv. Gezien de grote diepte van de grondwaterstand heeft de berekende grondwaterstandsverandering naar verwachting geen noemenswaardige invloed op grondwaterbelanghebbenden ter plaatse van de berekende 0,30 m verandering. Daar waar in potentie grondwateroverlast zou kunnen plaatsvinden, is de verhoging ten gevolge van het stopzetten van de drinkwaterwinning minimaal.

Bij een hoge Waalstand (13 m+NAP in plaats van 8 m+NAP) zal mogelijk grondwateroverlast plaatsvinden in de gebieden direct langs de Waal. De extra verhoging van het grondwater ten gevolge van de stopzetting is direct langs de Waal minder dan 0,05 m. De extra invloed langs de Waal, door het stopzetten van de winning, is dan ook verwaarloosbaar. In vergelijking met de natuurlijke fluctuaties van de Waal, zullen de effecten van het stopzetten van de winning niet meetbaar (en waarneembaar) zijn.



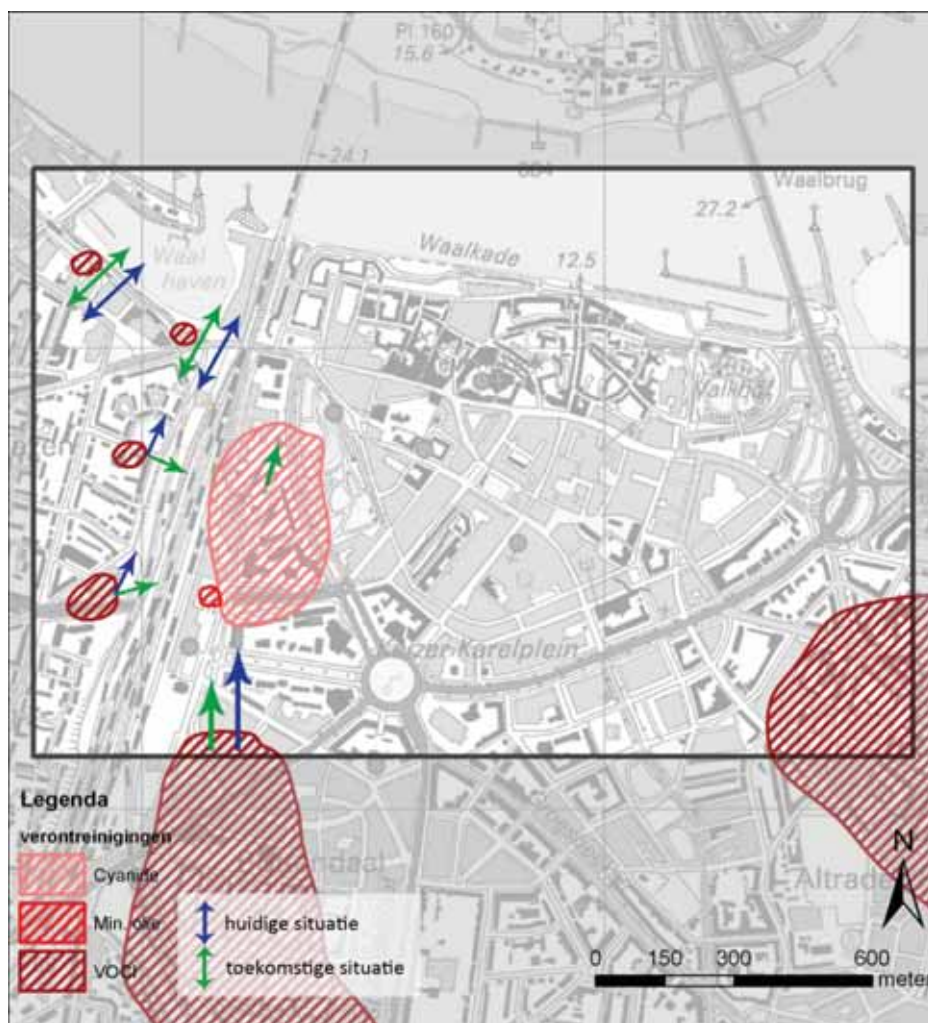
Figuur 3.4 Grondwaterstandverandering ten gevolge van stopzetting winning

3.4.3 Invloed op verontreinigingen

Een deel van de aanwezige verontreinigingen wordt op dit moment beïnvloed door de drinkwaterwinning Nieuwe Marktstraat. Dit effect is door de afstand tussen de filters van de drinkwaterwinning en de (ondiepe) locatie van de verontreinigingen minimaal.

Door het stopzetten van de winning is het mogelijk dat de richting waarin de verontreinigingen afstromen, door een veranderende grondwaterstroming, veranderen.

De verontreinigingen ten zuiden van de locatie zullen, doordat de drinkwaterwinning niet meer aan de verontreiniging 'trekt', minder hard afstromen. De verontreinigingen ter hoogte en ten noorden van de winning zullen een lichte toename in afstroomsnelheid richting de Waal later zien. De verontreinigings situatie op minder dan 500 m van de Waal zal geen invloed ondervinden van het stoppen van de winning. Figuur 3.5 laat de huidige en toekomstige afstroming van de winningen zien.



Figuur 3.5 effect stopzetting drinkwaterwinning op aanwezige verontreinigingen

Op basis van de eerste berekeningen lijkt het stopzetten van de Vitens winning dus geen noemenswaardige negatieve effecten op de verontreinigingen te hebben.

3.4.4 Invloed op overige grondwaterbelanghebbenden

Gezien de geringe effecten op de grondwaterstand, en de daarbij relatief diep liggende grondwaterstand (diepte > 8 à 10 m-mv) in het centrum, kan geconcludeerd worden dat grondwaterbelangen niet beïnvloed worden. Uit communicatie met de gemeente blijkt dat alle aanwezige parkeerkelders ondieper dan 8 m-mv aanwezig zijn. De maximaal berekende grondwaterstandsverhoging van 0,30 m zal geen invloed hebben op de parkeerkelders.

3.5 Conclusies

- De capaciteit van de Vitens bronnen is op basis van een monovalent systeem voldoende voor het verzorgen van de koude- en warmtelevering aan Spoorzone centrum.
- De bronnen van Vitens zijn niet geschikt voor het toepassen van koude-/warmtelevering aan de Westzijde, dit heeft te maken met het feit dat het aanleggen van leidingen onder het spoor complex is.
- Uit indicatie berekeningen blijkt dat door het stopzetten van de drinkwaterwinning de freatische grondwaterstand stijgt met maximaal 0,30 m.
- Gezien de diepte van het grondwater ter hoogte van de maximale verhoging wordt geen grondwateroverlast door het stopzetten van de drinkwaterwinning verwacht.
- De invloed van het stopzetten van de drinkwaterwinning op de aanwezige (mobiele) verontreinigingen is minimaal. De verontreinigingen ten zuiden van de drinkwaterwinning zullen door het stopzetten van de winning een afname van de afstroomsnelheid zien en een lichte wijziging in afstroomrichting. De afstroomrichting zal noordelijker worden richting de Waal.
- Het verkrijgen van een vergunning voor het lozen van het water naar het oppervlaktewater vormt een belangrijk aandachtspunt. Op het moment dat de verontreinigingen zodanig beïnvloed worden dat een stand-still situatie gecreëerd wordt ten opzichte van de stopzetting, kan het in stand houden van de onttrekking een belangrijk argument zijn voor het verminderen van de verspreiding van de grondwaterverontreinigingen. Dit is echter niet het geval, de verontreinigingen worden nauwelijks beïnvloedt door het stopzetten, en vormen mogelijk geen doorslaggevend argument voor het in stand houden van de winning.
- Naast dit juridisch aspect vormt de levensduur van de bronnen en de aanleg van het leidingstelsel naar het gebied Spoorzone toe een aandachtspunt voor nader onderzoek.

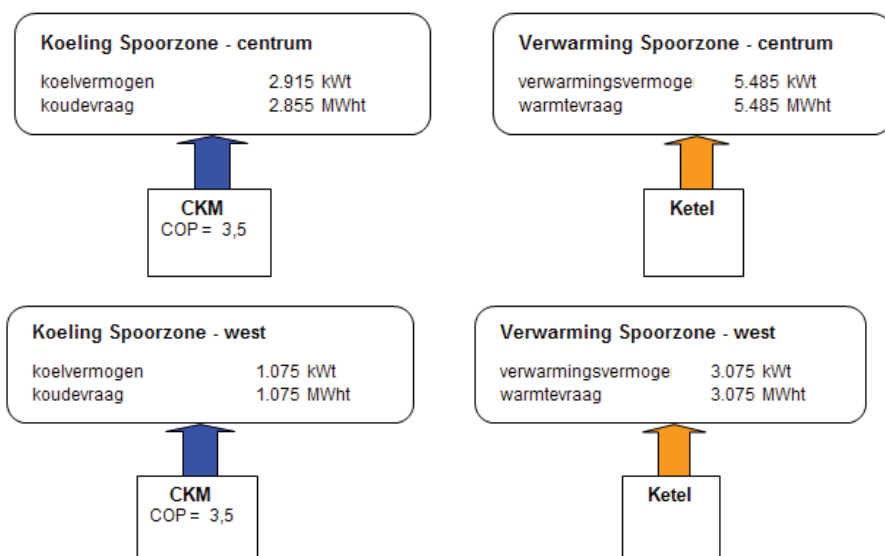
4 Energielevering energieopslag

Dit hoofdstuk gaat in op het gebruik van energieopslag voor het plangebied Spoorzone. Gezien de grote energievraag en de beperkte ruimte wordt het plangebied zo optimaal mogelijk ingericht. Hierbij wordt zoveel mogelijk rekening gehouden met de aanwezige grondwaterbelangen. Als eerste wordt ingegaan in de potentie en de milieuvoordelen van het inzetten van energieopslag. Vervolgens worden de ordeningsregels en de milieueffecten beschreven.

4.1 Energieconcept

Conventioneel

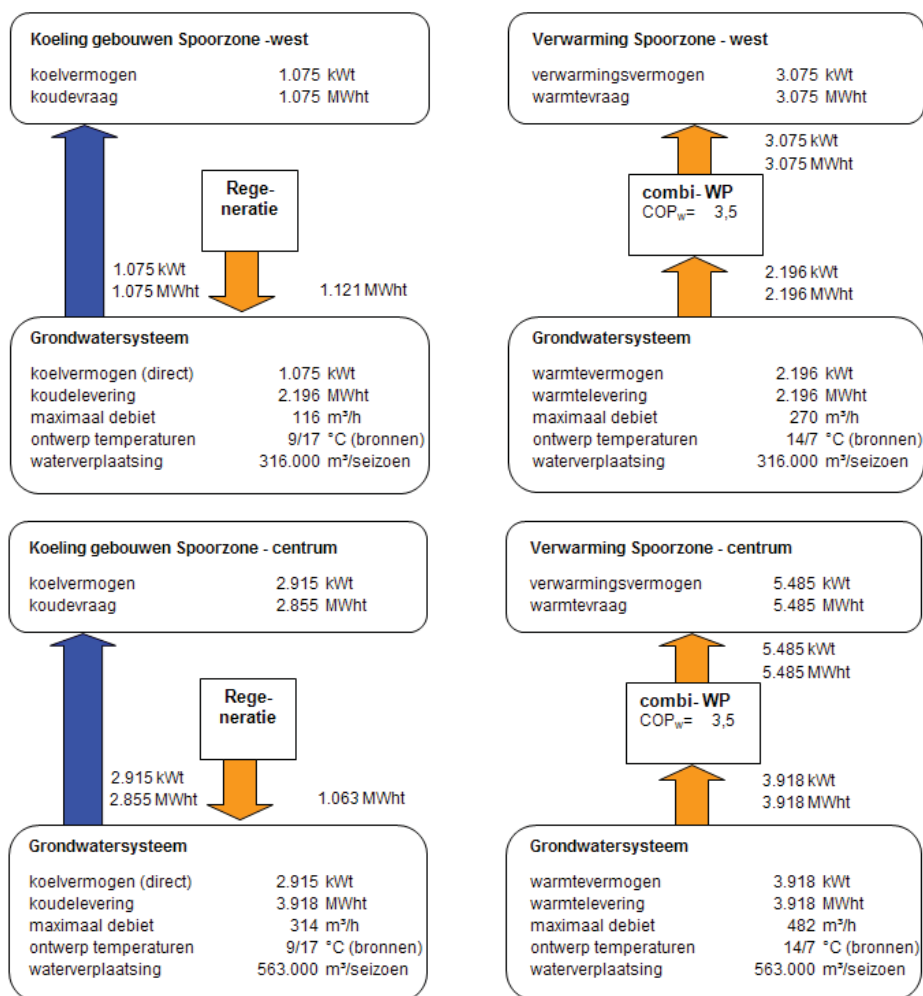
Gezien de aanwezigheid van de spoorlijn lijkt het realiseren van één groot collectief systeem (west- als centrumzijde samen) niet realistisch. Dit heeft te maken vanwege het praktisch feit dat het aanleggen van eventuele leidingtracés voor de koude-/en warmte voorziening onder het spoordoor onrealistisch is. Derhalve zal de energievraag van de west- en centrumzijde van de Spoorzone afzonderlijk beschouwd worden. In figuur 4.1 is voor zowel de west- als oostzijde van het plangebied van de Spoorzone het conventionele principe van warmte- en koudelevering weergegeven. In het conventionele energieconcept wordt voor de koeling en verwarming van de Spoorzone gebruik gemaakt van gasgestookte ketels en elektrische compressie koelmachines (CKM). De opwekkers zullen centraal en als klein collectief worden opgesteld.



Figuur 4.1 Conventionele energieconcept Spoorzone west- en centrumzijde

Duurzame energielevering

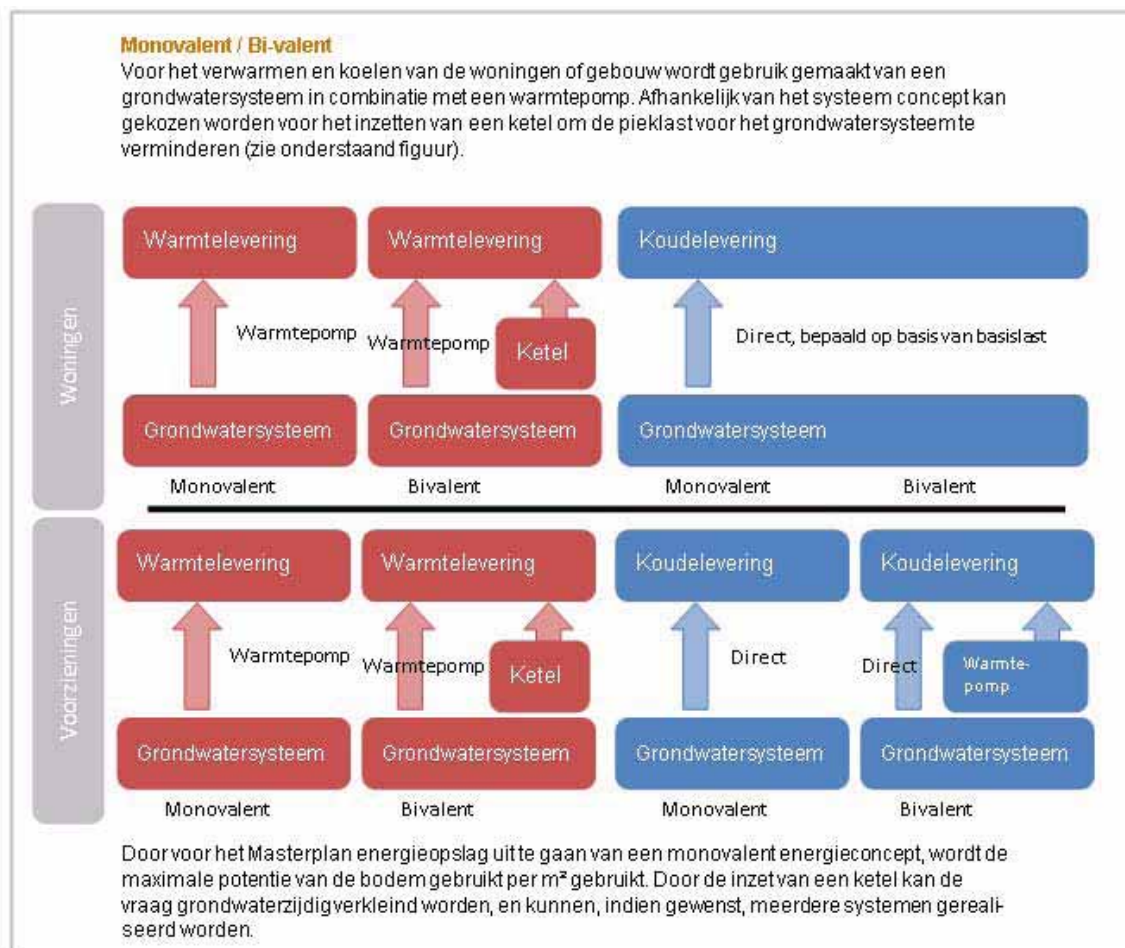
Het Masterplan energieopslag gaat uit van een monovalent systeemconcept (zie kader volgende bladzijde). Figuur 4.2 geeft het duurzame energieconcept en de energetische uitgangspunten weer. De vermogens en energiehoeveelheden zijn gebaseerd op basis van tabel 2.3.



Figuur 4.2 Duurzaam energieconcept Spoorzone west – centrum

Voor het leveren van warmte ten behoeve van de ruimteverwarming (LTW) en het leveren van warm tapwater (HTW) is gekozen voor een bivalente warmtepompinstallatie. Het systeemconcept is dusdanig uitgelegd dat de basislast (circa 30%) van het totale verwarmingsvermogen zal worden geleverd door de warmtepompen in combinatie met het energieopslagsysteem. De warmtepompen zullen veel uren draaien (basislast) en daarmee circa 80% van de totale warmtevraag leveren. De bronwarmte voor de warmtepomp wordt onttrokken aan het grondwater en na warmteoverdracht weer geïnfiltreerd. Naast de warmtepompen worden relatief goedkope ketels opgesteld ten behoeve van de pieklastdekking en voor het leveren van warm tapwater.

Hetzelfde principe zoals hierboven is omschreven, vindt ook plaats bij koeling. De basis-koeling wordt geleverd met de bodemenergie en de piekkoeling wordt geleverd met de al aanwezige warmtepompen die als compressie koelmachines functioneren. Hierbij worden de condensators van de warmtepomp gekoeld met het grondwater.



Regeneratie

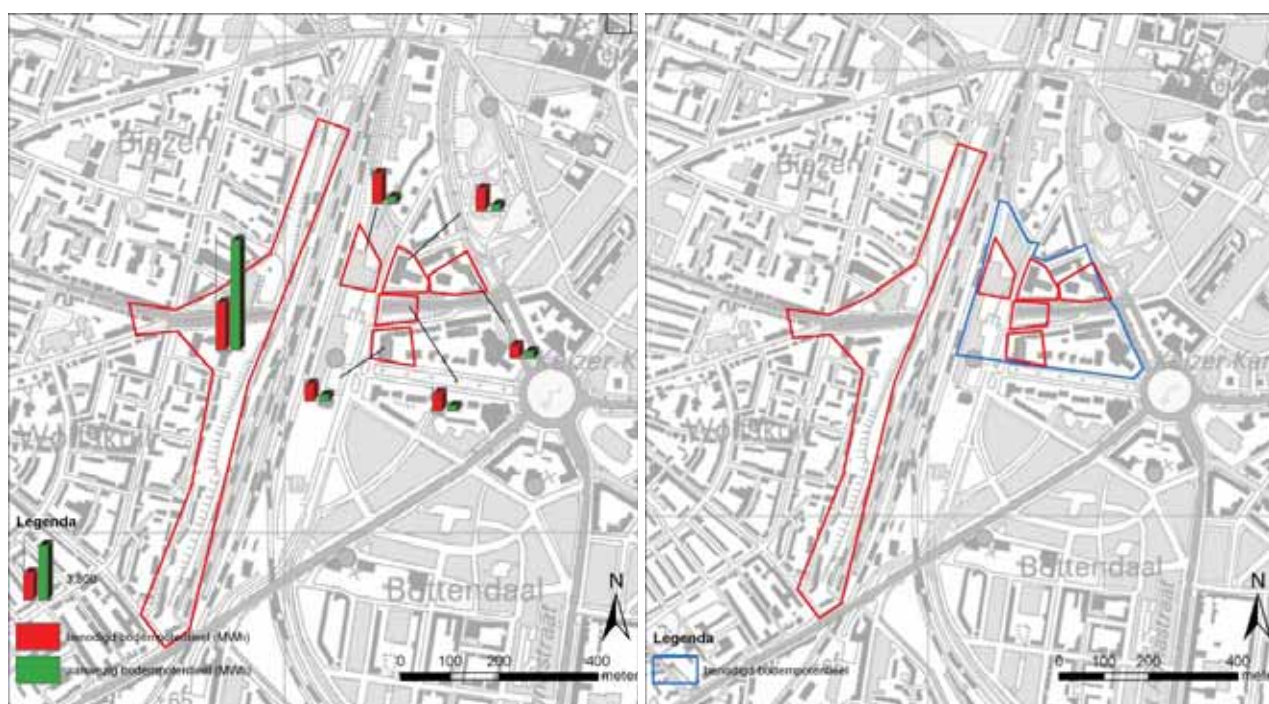
Vanuit de vergunning Grondwaterwet dient de bodem energetisch in balans te zijn. Dit houdt in dat de hoeveelheid onttrokken en geïnfilterde energie netto een balans moet opleveren. Uit figuur 4.2 blijkt dat er sprake is van een aanzienlijke energieonbalans in de bodem. Derhalve moet aanvullend warmte worden geregenereerd met behulp van een regeneratievoorziening. Er bestaan verschillende mogelijke regeneratiesystemen voor het laden van extra warmte in de bodem. Onderstaand een aantal mogelijke regeneratiesystemen die kunnen worden overwogen bij het ontwerp:

- dakcollectoren;
- wegdekcollectoren;
- droge koeler;
- oppervlaktewater;
- restwarmte.

De bronpositionering in het Masterplan energieopslag is zodanig uitgelegd dat regeneratie door middel van extra draaiuren van de het systeem gerealiseerd kan worden. In de berekeningen voor het Masterplan is uitgegaan van extra regeneratie voor het opheffen van het koudeoverschot.

4.2 Potentieel bodemenergie

Op basis van de opslagcapaciteit van het derde watervoerende pakket is de potentie voor het gebruik van energieopslag bepaald. Hiervoor zijn de globale perceelsgrenzen en de gemiddelde bruikbare dikte van het derde watervoerende pakket gebruikt. Op basis van de eerste berekeningen blijkt dat het gebruik van het perceel alleen niet toereikend is om de koude- en warmtelevering aan de centrumzijde te garanderen (figuur 4.4, links). Dit heeft te maken met een relatief hoge energievraag op een kleine oppervlak. In figuur 4.4 (rechts) is weergegeven welke oppervlakte (blauwe contour) benodigd is om aan de gewenste energievraag te voldoen. Hieruit blijkt dus dat ordening van de ondergrond noodzakelijk is voor het optimaal benutten van de bodem.



Figuur 4.3 Potentiële energielevering (MWh_t) in relatie tot energievraag (links) en benodigde oppervlak (rechts)

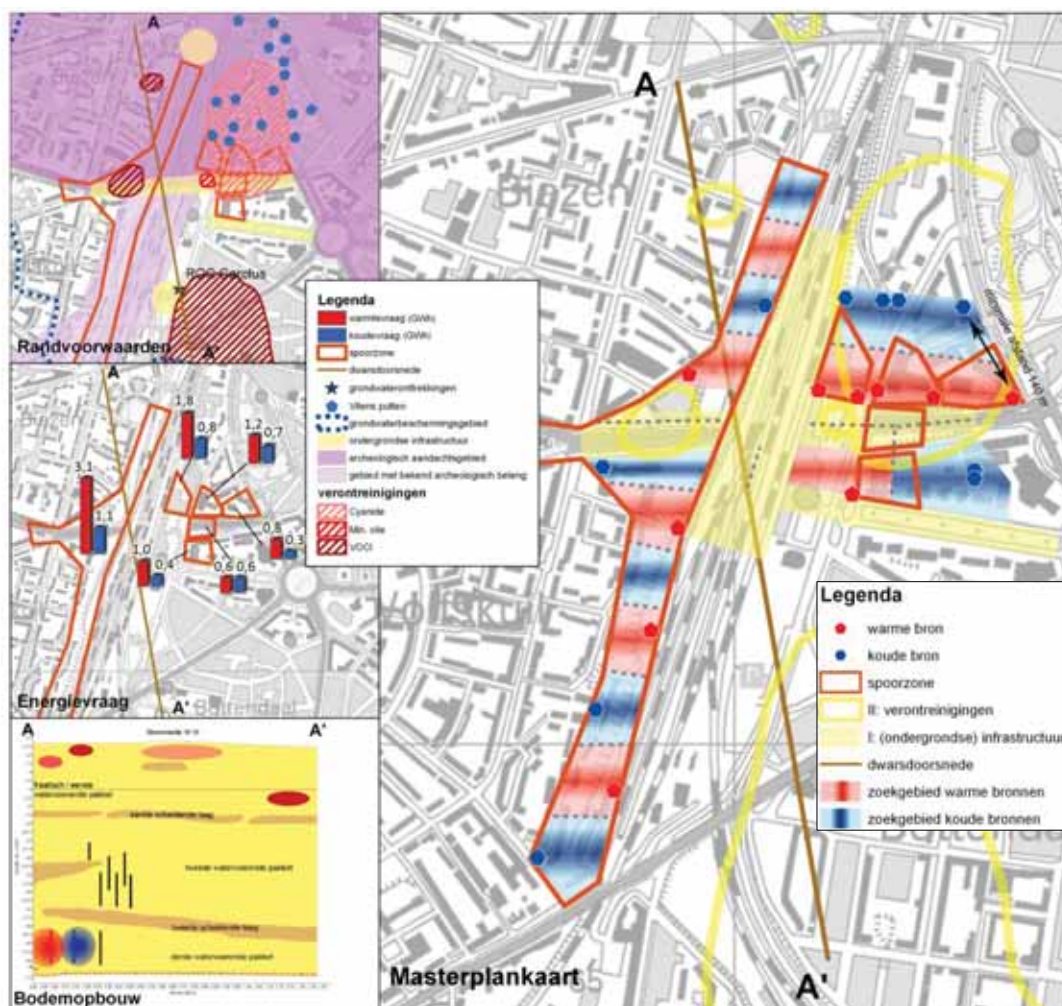
4.3 Milieuvoordeel

Op basis van de kentallen van SenterNovem (tabel 3.3) en de benodigde waterhoeveelheid om het gehele Spoorzonegebied (zowel centrum als westzijde) van duurzame verwarming en koeling te voorzien door middel van energieopslag, is de energiebesparing bepaald.

Uitgaande van een monovalent energieopslagsysteem bedraagt de gemiddelde jaarlijks onttrokken waterhoeveelheid circa 1,75 miljoen m³ grondwater. Op basis van deze waterhoeveelheid bedraagt de primaire energiebesparing circa 9.850 GJ. De CO₂ uitstoot wordt verminderd met 700 ton, wat gelijk staat aan 3,5 miljoen autokilometers.

4.4 Masterplan

Deze paragraaf beschrijft hoe ondergrondse ordening kan worden vormgegeven in een Masterplan. Hierbij wordt op conceptueel niveau beschreven aan welke randvoorwaarden de positionering van koude en warme bronnen binnen het plangebied moet voldoen. Het plan is zodanig opgesteld dat het toepasbaar is voor alle energieconcepten en zowel geschikt is voor de invulling middels individuele energievoorziening (per gebouw) als voor collectieve systemen.



Figuur 4.4 Inrichtingskaart Masterplangebied Spoorzone

Figuur 4.4 presenteert de inrichtingskaart van het Masterplan energieopslag voor het gehele plangebied. Voor een A3-formaat-versie wordt verwezen naar bijlage 1.

De inrichtingskaart geeft middels de zoekgebieden voor koude bronnen (blauwe zones) en warme bronnen (rode zones) de voorkeurslocaties voor het positioneren van de bronnen weer. Uitgangspunt hierbij vormt dat de bronnen worden gedimensioneerd op maximale broncapaciteit (en hiermee maximale grootte van de thermische koude en warme bel). De thermische scheidslijn legt de maximale reikwijdte van koude en warme bellen vast (ter voorkoming voorkoming van negatieve interactie). Afwijkingen van het plan zijn toegestaan als kan worden aangetoond dat dit geen nadelige gevolgen heeft voor andere (toekomstige) energieopslagbelangen.

De belangrijkste randvoorwaarden voor de inrichting van het Masterplan energieopslag zijn de bovengrondse inrichting van het plangebied (beschikbare ruimte voor bronpositionering), bodemgeschiktheid, ondergrondse functies en belangen de energievraag. Deze randvoorwaarden zijn behandeld in paragraaf 2.1, paragraaf 2.4 en paragraaf 4.1.

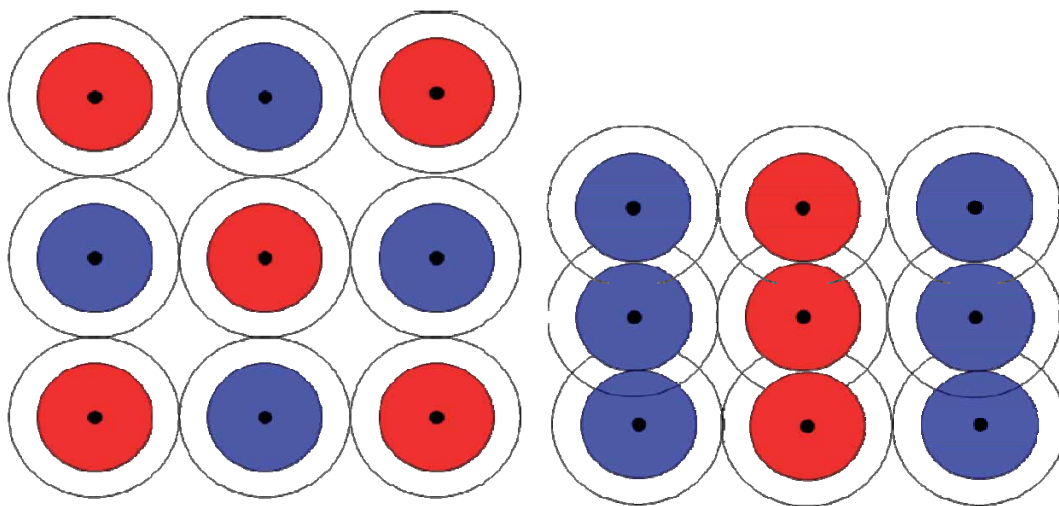
Daarnaast gelden nog een aantal thermische randvoorwaarden om maximaal rendement van het energieopslagsysteem te garanderen. Paragraaf 4.4.1 gaat nader in op deze voorwaarden.

De masterplankaart staat niet op zichzelf. Paragraaf 4.4.2 beschrijft ordeningsregels waaraan initiatiefnemers voor energieopslag dienen te voldoen, op het moment dat ze met energieopslag aan de slag gaan.

4.4.2 Thermische randvoorwaarden

Ordeningsprincipe

Om te voldoen aan de voorwaarden van optimaal thermisch functioneren en acceptabele hydrologische effecten gelden in de praktijk twee reële ordeningspatronen voor de putten, namelijk een dambordpatroon en een strokenpatroon (zie figuur 4.5).



Figuur 0.5 Dambordpatroon (links) versus strokenpatroon (rechts)

Dambordpatroon

Een dambordpatroon gaat uit van een repeterend patroon, waarbij koude en warme putten elkaar afwisselen met bepaalde vaste onderlinge afstanden. Voordeel van dit patroon is dat de effecten op de grondwaterstand die optreden als gevolg van het onttrekken en infiltreren van grondwater minimaal zijn. Nadeel is dat de opslagcapaciteit van de ondergrond minder efficiënt gebruikt wordt, omdat tussen iedere koude en warme bron voldoende tussenruimte moet worden gelaten om thermische interactie tussen de koude en warme bel te voorkomen.

Strokenpatroon

Een strokenpatroon gaat uit van een afwisseling van koude en warme stroken met een vaste onderlinge afstand in het gebied. In de koude stroken mogen koude putten geplaatst worden en in de warme stroken warme putten. Het voordeel van het strokenpatroon is dat de opslagcapaciteit van de ondergrond efficiënter gebruikt wordt dan bij het dambord patroon. Een nadeel van het strokenpatroon is dat de hydrologische effecten groter zijn dan bij een kruislingse variant.

Omdat de bronnen in het gecombineerde tweede/derde watervoerende pakket worden gepositioneerd, is geen uitdemping van hydrologische effecten vereist. Er is daarom gekozen voor het strokenpatroon.

Breedte warme en koude stroken

Tussen de koude en de warme putten is een zekere minimale afstand nodig om te voorkomen dat interactie plaatsvindt tussen de opgeslagen koude en warmte. De benodigde afstand tussen de koude en warme putten is afhankelijk van de filterlengte van de bronnen en de hoeveelheid water die per put wordt verplaatst.

Tabel 4.1 beschrijft de uitgangspunten voor de bepaling van de breedte van de stroken. Het strokenpatroon is voor zowel een collectief als een klein collectief systeem toepasbaar. Dit heeft te maken met het feit dat bij het uitwerken van het strokenpatroon rekening is gehouden met de maximale te verplaatsen waterhoeveelheid.

Tabel 0.1 Uitgangspunten bepaling breedte warme en koude stroken

parameter	eenheid	waarde
filterlengte	[m]	15
waterverplaatsing bij maximale broncapaciteit	[m ³ /seizoen]	72.000
benodigde bronafstand	[m]	140

Filterlengte

Om de beschikbare ruimte in de ondergrond zo veel mogelijk te benutten moet gekozen worden voor een zo groot mogelijke filterlengte. In de bodem is tenminste 15 meter aan geschikte zandlagen aanwezig om filter te plaatsen. Voor de bepaling van de breedte van de warme en koude stroken is uitgegaan van een maximale benutting van deze filterlengte.

Waterverplaatsing

Op basis van ontwerpnormen bedraagt bij een maximaal brondebiet van 60 m³/h de maximale waterverplaatsing per put 72.000 m³/seizoen.

Afstand tussen warme en koude strook

Op basis van het bovenstaande bedraagt de afstand tussen het hart van de warme strook en het hart van de koude strook 140 m.

Keuze oriëntatie strokenpatroon

De stroken worden bij voorkeur west - noordwestelijk gepositioneerd, omdat op deze manier de vereiste afstand tussen koude en warme strook kan worden bereikt (flexibiliteit) en vanwege de beperkte mogelijkheden voor de positionering van bronnen langs het spoor, de nieuw te ontwikkelen parkeergarage aan de zuidkant en de Tunnelweg

4.4.3 Ordeningregels

Wanneer het plan in de toekomst concreet wordt ingezet, dienen de gebruikers zich bij het inrichten van hun energieopslagsysteem aan een aantal regels te conformeren:

1. De koude en warme bronnen mogen worden geplaatst binnen de “zoekgebieden warme en koude bronnen”.
2. Het thermisch invloedsgebied van de koude/warme bronnen mag maximaal tot aan de thermische scheidslijn reiken.
3. Voor het plaatsen van de filters van de koude en de warme bronnen wordt gebruik gemaakt van de geschikte zandlagen in het traject tussen -40 en -70 m t.o.v. NAP.
4. Voor systemen waarvan bronnen van hetzelfde type in elkaars thermisch invloedsgebied liggen, dient een nieuwe initiatiefnemer de infiltratietemperaturen af te stemmen met bestaande systemen als de gemiddelde infiltratietemperaturen meer dan 3 °C verschillen.
5. De toepassing van monobron-, recirculatie- en gesloten systemen vallen buiten de werkingssfeer van dit plan. Bij de vergunningaanvraag van monobron- en recirculatiesystemen dient met behulp van thermische en hydraulische berekeningen te worden aangetoond dat ze binnen het masterplan inpasbaar zijn.
6. Overige grondwateronttrekkingen (bronbemalingen, grondwatersaneringen, etc.) dienen met de aanleg en de exploitatie rekening te houden met dit masterplan. Daarvoor dient toetsing plaats te vinden waarbij wordt aangetoond dat geen negatieve invloed wordt uitgeoefend.
7. Alle grondwateronttrekkingen binnen het grensgebied dienen gemeld te worden bij de provincie.
8. Afwijkingen zijn toegestaan als kan worden aangetoond dat dit geen nadelige gevolgen heeft voor andere (toekomstige) energieopslagbelangen.

4.5 Milieueffecten

Om inzicht te krijgen in de effecten van het beoogde energieopslagsysteem zijn thermische en hydrologische berekeningen uitgevoerd voor de spoorzone.

4.5.1 Hydrologisch

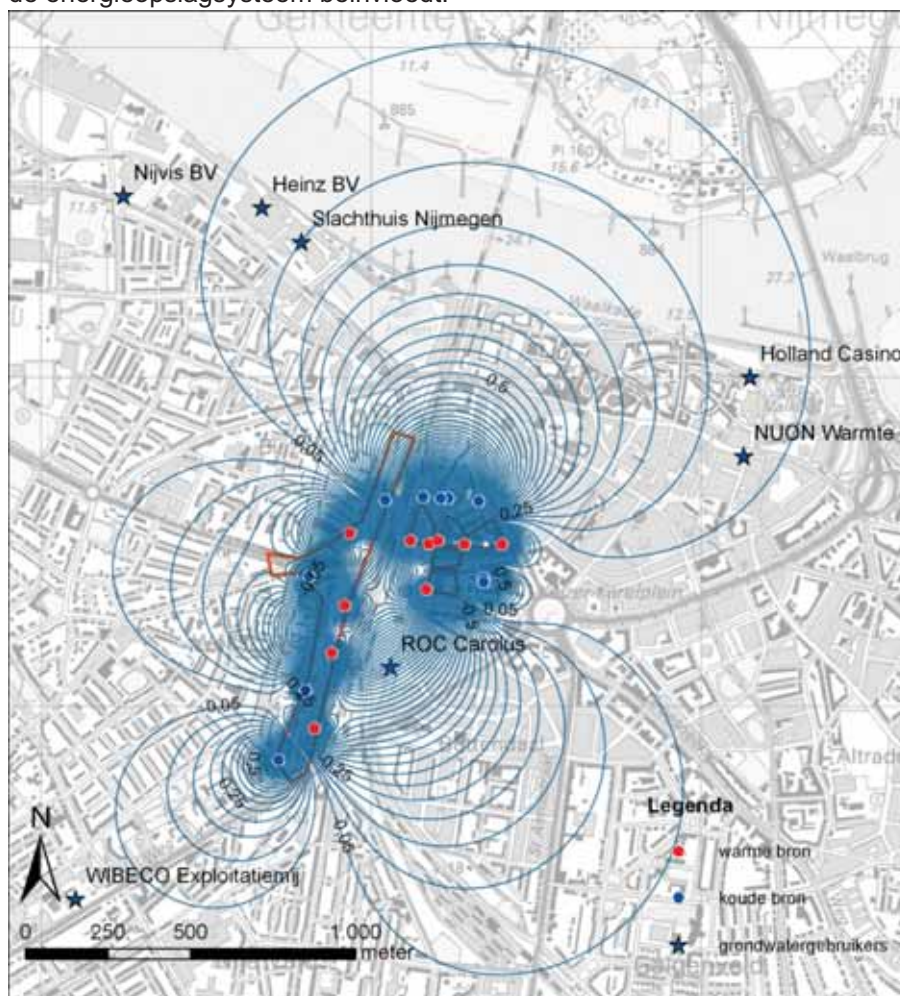
Met behulp van het hydrologisch model MicroFem zijn berekeningen uitgevoerd om de maximale hydrologische effecten van de beoogde energieopslag inzichtelijk te maken. De bodemopbouw is conform de omschrijving in hoofdstuk 3. Door de aanwezige scheidelagen op de locatie, creëert de beoogde energieopslag geen grondwaterstandveranderingen. Figuur 4.6 presenteert de stijghoogteveranderingen in het opslagpakket.

Grondwaterbelangen

De stijghoogteveranderingen ter hoogte van de overige grondwateronttrekkers is gering. Het energieopslagsysteem van ROC Carolus bevindt zich op een diepte van circa 40 m-mv. Door de aanwezige slecht doorlatende lagen op de locatie heeft de beoogde energieopslag geen invloed op die hoogte.

Verontreinigingen

De maximale diepte van de verontreinigingen is 3 m t.o.v. NAP. De verontreinigingen bevinden zich allemaal in het eerste watervoerende pakket. De aanwezigheid van de tweede scheidende laag heeft een zodanige invloed dat beïnvloeding van de stijghoogte in het eerste en tweede pakket nihil is. De verontreinigingen worden niet door het beoogde energieopslagsysteem beïnvloedt.



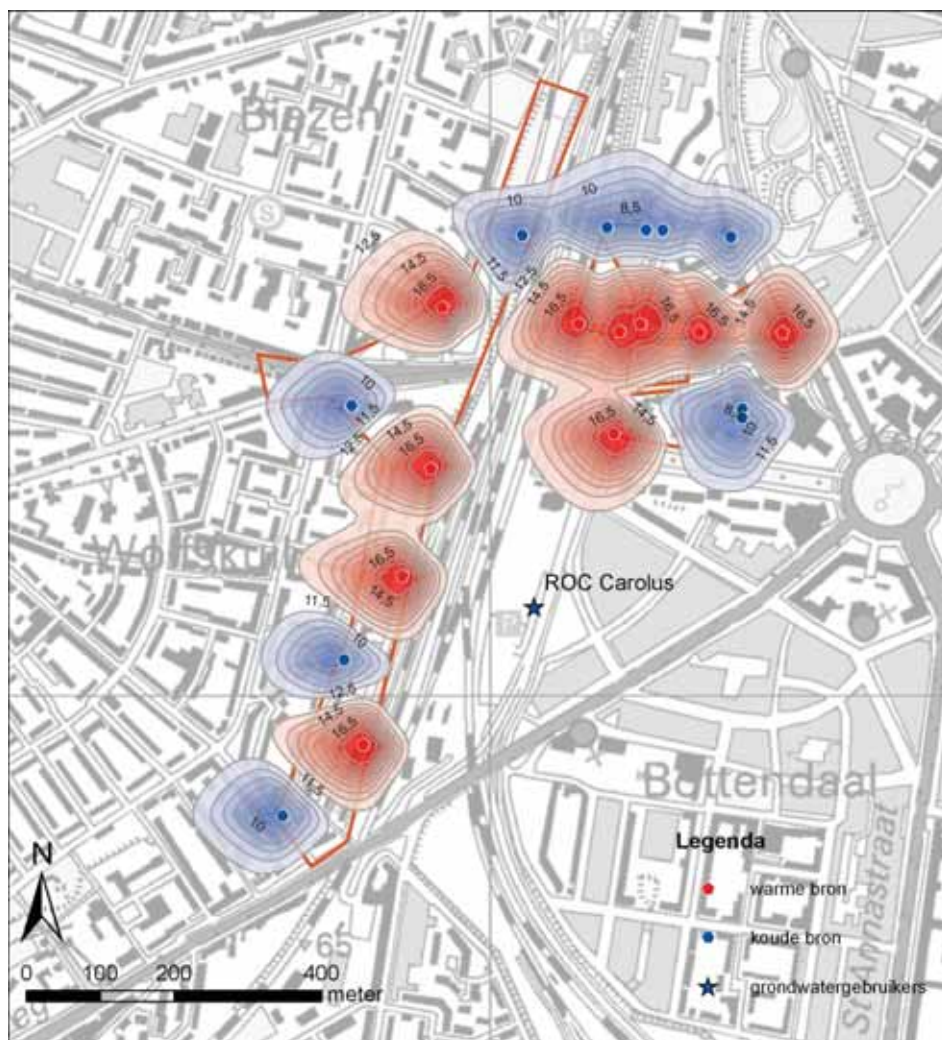
Figuur 4.6 Stijghoogteveranderingen in opslagpakket

4.5.2 Thermisch

Het berekenen van de thermische effecten is uitgevoerd met het programma HstWin-2D. Met het programma HstWin-2D kan warmte- en stoftransport worden berekend in een verzadigd 2-dimensionaal grondwatersysteem.

De randvoorwaarden in het HstWin-2D-model zijn gebaseerd op de geohydrologische beschrijving in hoofdstuk 2. HstWin-2D simuleert de grondwaterstroming en het warmte-transport in één laag. De dikte van deze laag is gelijk gekozen aan de dikte van de filters van de energieopslagsystemen. In deze berekening is het watervoerende pakket als af-gesloten beschouwd (geen verticale voeding). Wel vindt warmte-uitwisseling met boven- en onderliggende lagen plaats door middel van geleiding.

Figuur 4.7 presenteert de berekende temperatuurcontouren na 20 jaar energieopslag.



Figuur 4.7 Maximale thermische effecten na 20 jaar (einde zomer)

Uit figuur 4.7 blijkt dat de thermische effecten tot maximaal 150 m buiten het plangebied rijken.

Voor de berekeningen is uitgegaan van een energetische balans in de bodem. Uit de figuur blijkt dat hiermee thermische interactie tussen koude en warme stroken wordt voorkomen. Een meer of mindere mate van energetische balans is noodzakelijk om het thermisch rendement van de energieopslagsystemen te waarborgen.

Binnen het berekende thermische invloedsgebied van de beoogde energieopslag bevinden zich geen andere grondwatergebruikers. Van thermische beïnvloeding is derhalve geen sprake

4.6 Conclusies

- Het gebruik van energieopslag kan zowel aan de west- als aan de centrumzijde van plangebied Spoorzone worden toegepast. De bodem heeft voldoende capaciteit voor het leveren van koude- en warmte aan het plangebied Spoorzone.
- Het derde watervoerende pakket is geschikt voor het toepassen van energieopslag en vermindert het risico van bronverstopping ten opzichte van het gebruik van het tweede watervoerende pakket.
- De bodemopbouw van het derde watervoerende pakket is zeer heterogeen, voor het uiteindelijk optimaliseren van het masterplan wordt geadviseerd ter plaatse van Spoorzone west een proefboring (of twee) met capaciteitstest uit te voeren.
- Op basis van de hydrologische- en thermische effecten is beïnvloeding van omgevingsbelangen (waaronder parkeerkelders en verontreinigingen) minimaal.
- Het verkrijgen van een vergunning grondwaterwet vormt derhalve geen belemmering.

5 Evaluatie

Tabel 5.1 vat de toepassingsmogelijkheden voor een duurzame energievoorziening van de Spoorzone door de bestaande Vitens-onttrekking (in combinatie met lozen op oppervlaktewater) en ondergrondse energieopslag samen.

Tabel 5.1 Analyse duurzame energievoorziening Spoorzone

	Vitens-onttrekking	Ondergrondse energieopslag
Technische haalbaarheid	0/+	+
potentieel energielevering	gewenste energievraag kan ruimschoots worden geleverd (+)	gewenste energievraag kan ruimschoots worden geleverd (+)
grondwaterkwaliteit	bronverstopping door menging waterkwaliteitstypen: ontijzering noodzakelijk (0)	verstoppingsrisico beperkt: geen menging van verschillende waterkwaliteiten (+)
Broncapaciteit watervoe- rend pakket	Nauwkeurig bekend (+)	Varieert door heterogene opbouw wvp 3 (0)
Milieuvoordeel	+	+
Energiebesparing	55% energiebesparing t.o.v. conventionele energievoorziening (+)	55% energiebesparing t.o.v. conventionele energievoorziening (+)
Juridische haalbaarheid	-/0	+
Milieueffecten	noodzaak om onttrekking te continueren is beperkt (0)	beperkte effecten op omgevingsbelangen (+)
Vergunningen	het lozen van 'schoon' grondwater op het oppervlaktewater vormt een aandachtspunt (-/0)	Vergunning grondwaterwet vormt naar verwachting geen belemmering (0/+)
Organisatorische haalbaarheid	-/0	0/+
Inpasbaarheid systeem	aanleg distributienetwerk naar nieuwbouw Spoorzones is zeer complex (-/0))	bronnen en leidingen kunnen nabij gebouwen worden geplaatst. Nadere afstemming moet plaatsvinden in ontwerpfase (0/+)

Noodzaak continuering Vitens-onttrekking ontbreekt

Uit tabel 5.1 volgt dat de Vitens-onttrekking voldoende potentieel biedt om de gewenste energievraag van de Spoorzone te leveren. Aangezien bij stopzetting geen negatieve effecten op de omgeving plaatsvinden, is de noodzaak beperkt om de winning in stand te houden. Door het ontbreken van dit synergievoordeel en de geïntroduceerde juridische (lozen van grondwater) en organisatorische (aanleg distributienetwerk) aandachtspunten is de haalbaarheid van duurzame energielevering door de Vitens-onttrekking beperkt.

Alle seinen voor ondergrondse energieopslag op groen

Op basis van de uitgevoerde haalbaarheidsanalyse staan alle seinen voor de toepassing van energieopslag voor de Spoorzone op groen. Enig aandachtspunt vormt de noodzaak tot ondergrondse ordening om interferentie te voorkomen en optimaal duurzaam gebruik van de ondergrond te borgen. Middels het masterplan energieopslag Spoorzone is hier invulling aangegeven. De uitdaging ligt nu om de duurzaamheidsambitie van de gemeente Nijmegen te vertalen naar concrete realisatie van projecten.

Bijlage 1

Masterplankaart energieopslag

Masterplan energieopslag Nijmegen - Spoorzone

Legenda

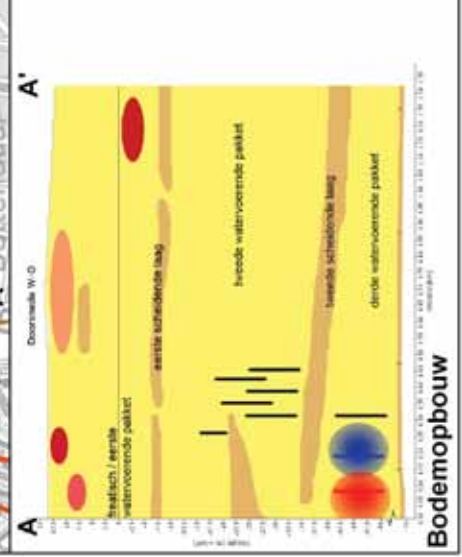
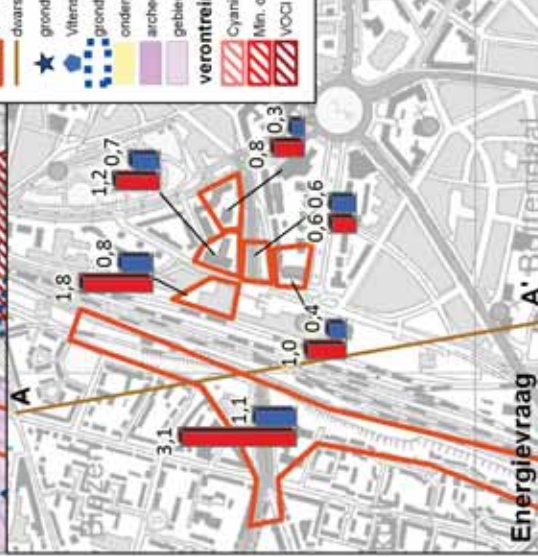
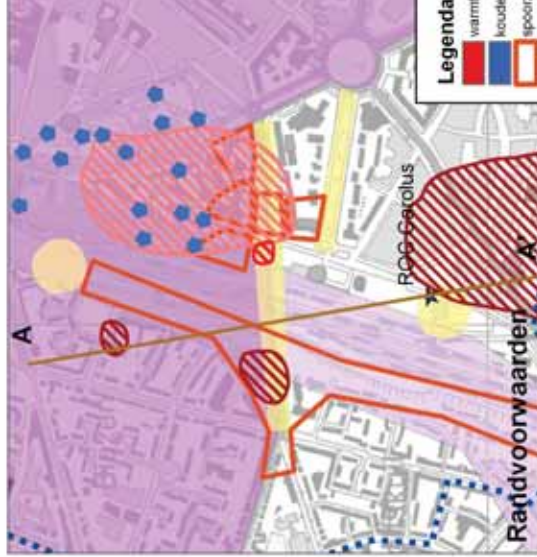
- spoorzone
- dwarsdoorsnede
- zoekgebied warme bronnen
- zoekgebied koude bronnen
- thermische scheidslijn
- mogelijke bronlocaties
- warme bron
- koude bron
- aandachtsgebieden
- I: (ondergrondse) infrastructuur
- II: verontreinigingen

Orderingsregels

- De koude en warme bronnen mogen worden geplaatst binnen de "zoekgebieden warme en koude bronnen".
- Het thermisch invloedsgebied van de koude/warme bronnen mag maximaal tot aan de thermische scheidslijn reiken.
- Voor het plaatsen van de filters van de koude en de warme bronnen wordt gebruik gemaakt van het traject tussen -40 en -80 m t.o.v. NAP.
- Voor systemen waarvan bronnen van hetzelfde type in elkaar thermisch invloedsgebied liggen, dient een nieuwe initiële temperatuur de infiltratietemperaturen af te stemmen met bestaande systemen als de gemiddelde infiltratietemperaturen meer dan 3 °C verschillen.
- De toepassing van monobron-, recirculatie- en gesloten systemen vallen buiten de verankering van dit plan. Bij de vergunningaanvraag van monobron- en recirculatiesystemen dient met behoud van thermische en hydraulische berekeningen te worden aangegeven dat ze binnen het masterplan inpassbaar zijn.
- Overige grondwateronttrekkingen (bronboringen, etc.) dienen met de aanleg en de exploitatie rekening te houden met dit masterplan. Daarvoor dient toetsing plaats te vinden waarbij wordt aangegeven dat geen negatieve invloed wordt uitgeoefend.
- Alle grondwateronttrekkingen binnen het gebied dienen gemiddeld te worden bij de provincie.
- Afwijkingen zijn toegestaan als kan worden aangegeven dat dit geen nadelige gevolgen heeft voor andere (toekomstige) koude-/warme opslagbelangen.



Project: Masterplan Nijmegen - spoorzone
Onderwerp: concept masterplan
Referentie: 58491/RuW
Datum: 10-11-2009
Figuur: 1



Masterplankaart

Bodemopbouw