



LINCOLNPARK

Vooronderzoek
bodemenergie en potentie

Lincolnpark, Hoofddorp



VHGM 4 augustus 2022

Colofon

Tekst, vormgeving en drukwerk

Gemeente Haarlemmermeer
Postbus 250
2130 AG Hoofddorp
Telefoon 0900 1852
E-mail info@haarlemmermeer.nl
Internet www.haarlemmermeer.nl

Onderzoek & rapportage



VHGM
Leidsevaart 580
2014 HT Haarlem

Inhoudsopgave

1.	Inleiding.....	5
1.1	Projectbeschrijving.....	5
1.2	Inhoud van het advies.....	6
1.3	Gebruikte informatie.....	6
1.4	Disclaimer.....	6
2.	Inleiding bodemenergie.....	7
3.	Energievraag per deelgebied.....	9
4.	Geohydrologie en risico's van de grootschalige inzet van bodemenergie.....	10
4.1	Inleiding.....	10
4.2	Meest geschikte bodemlagen voor open en gesloten bodemenergiesystemen.....	10
4.3	Risico's bodemenergiesystemen Lincolnpark.....	10
5.	Omgevingsbelangen.....	12
6.	Relatie tussen energievraag en -aanbod.....	13
6.1	Relatie tussen energievraag en bodempotentie voor OBES.....	13
6.2	Inpassing bronnet en bronnen.....	14
6.3	Kansen en aandachtspunten voor regeneratie van OBES.....	14
6.4	Betaalbaarheid, schaalvoordelen en flexibiliteit van verschillende energieconcepten.....	15
6.5	Relatie tussen energievraag en bodempotentie voor GBES.....	17
6.6	Energetisch rendement en elektriciteitsnetbelasting van verschillende duurzame oplossingen.....	18
6.7	Combinatie gesloten en open systemen.....	18
7.	Conclusie en aanbevelingen.....	19
7.1	Afweging risico's, verhouding vraag en aanbod en potentiële maatregelen.....	19
7.2	Advies bodemenergieplan.....	19
8.	Begrippenlijst.....	20
9.	Bijlagen	

Bijlage 1 Geohydrologisch onderzoek

Bijlage 2 Berekening energievraag

1. Inleiding

1.1 Projectbeschrijving

In Hoofddorp worden plannen gemaakt voor de ontwikkeling van het project Lincolnpark. In deze gemengde wijk worden ca. 1.600 – 1.800 woningen, 50 – 100 zorgwoningen, winkels, scholen, een sporthal en kleine bedrijven gerealiseerd. Het gebied is opgedeeld in 5 deelgebieden: Centrum, Parkbos, Erven, Elzenrijk en Rietlanden. Deze deelgebieden worden allemaal door een ander thema gekenmerkt, waardoor elk gebied een unieke uitstraling en karakter zal hebben. Het merendeel van het vastgoed wordt per deelgebied ondergebracht in een commerciële tender. Toch zijn er onderdelen die door andere ontwikkelende partijen worden opgepakt: de corporatie Eigen Haard zal zelf in meerdere deelgebieden losstaande gebouwen ontwikkelen en er zullen meerdere woongebouwen door collectieven worden ontwikkeld. Daarnaast worden in deelgebied Centrum momenteel de scholen en sporthal apart ontwikkeld.

Figuur 1.1 De vijf deelgebieden in Lincolnpark



De duurzaamheidsambities van de gemeente zijn hoog. De wijk moet energieneutraal zijn, waarvoor een duurzaam energiesysteem geselecteerd moet worden. Bodemenergie biedt hiervoor goede mogelijkheden en kan in principe voldoen aan deze eis. De gemeente ziet het belang in van het eventueel moeten invoeren van beleidsregels indien dit het algemeen belang dient. Dit kan met behulp van een bodemenergieplan en het aanwijzen van een interferentiegebied. Om uitsluitel te geven of een bodemenergieplan voldoende toegevoegde waarde heeft, is het van belang eerst een vooronderzoek uit te voeren naar de bodempotentie en (geohydrologische) risico's. Het onderzoek richt zich op zowel open als gesloten systemen.

1.2 Inhoud van het advies

Het vooronderzoek dient om uitsluitsel te kunnen geven of een bodemenergieplan voor Lincolnpark voldoende toegevoegde waarde biedt. Dit hangt af van de bodempotentie ten opzichte van de energievraag, de verwachte vorm waarin bodemenergie zal worden toegepast en eventuele geohydrologische risico's en omgevingsbelangen die spelen bij grootschalige inzet van bodemenergie. Deze onderwerpen komen aan bod in het onderhavige advies.

Als inleiding wordt de werking van een wetgeving omtrent open en gesloten bodemenergiesystemen beschreven. Daarnaast gaan we kort in op de Warmtewet en daarmee samenhangende betaalbaarheid richting eindgebruikers, alsmede de bereidheid van Energy Service Companies (ESCO's) om voorinvesteringen te doen in een collectief systeem voor het gehele gebied, waardoor aanvullende schaalvoordelen gerealiseerd kunnen worden (hoofdstuk 2). Vervolgens wordt de bodemzijdige energievraag per deelgebied berekend (hoofdstuk 3). De geohydrologische situatie en daarmee samenhangende risico's komen aan bod in hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 behandelt de omgevingsbelangen.

In hoofdstuk 6 wordt de bodempotentie berekend op basis van de geohydrologie, rekening houdende met vermindering van de effectieve bodempotentie als gevolg van geohydrologische risico's, overige belangen en het juridische kader. Deze bodempotentie wordt afgezet tegen de in hoofdstuk 3 berekende energievraag. Daarnaast wordt ingegaan op regeneratiemogelijkheden, de afweging tussen schaalvoordeel bij collectiviteit versus flexibiliteit (OBES) en de inpasbaarheid van GBES.

Uit het bovenstaande volgt een conclusie met betrekking tot de haalbaarheid van bodemenergie voor het Lincolnpark en de eventuele meerwaarde van een bodemenergieplan (hoofdstuk 7).

In hoofdstuk 8 is een begrippenlijst opgenomen waarin de technische begrippen uit dit rapport worden verduidelijkt.

1.3 Gebruikte informatie

Voor het maken van deze studie is gebruikt gemaakt van de volgende informatie:

- De geologische modellen REGIS v2.2 en GeoTop v1.4 (TNO Geologische Dienst Nederland)
- DINOloket.nl
- Grondwatertools.nl
- Informatie uit de gebiedsstudie Haarlemmermeer en het bodemenergieplan voor Hoofddorp Centrum door VHGM
- Ontvangen gegevens van Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied (omliggende OBES en GBES)
- Informatie over de energiebehoefte van Spectral en TNO/ Cauberg Huygen
- Effecten en risico's van gesloten bodemenergiesystemen, *KWR Water Research*, augustus 2013
- Optimale ondergrondse inpassing van open bodemenergiesystemen, *KWR Water Research*, mei 2020

1.4 Disclaimer

Dit rapport is geen ontwerpdocument conform de BRL SIKB 11000 en protocol 11001 en kan ook niet als zodanig worden gebruikt. De uitgangspunten uit een vooronderzoek kunnen afwijken ten opzichte van de uitgangspunten die gebruikt worden in het ontwerp of de vergunningaanvraag.

De opdrachtgever (de gemeente Haarlemmermeer) stimuleert kennisuitwisseling en innovatie bij duurzame gebiedsontwikkeling. Zij stimuleert dat de inhoud van dit rapport actief wordt gedeeld, gebruikt en toegepast door derden. De inhoud van dit rapport is met zorgvuldigheid opgesteld. We kunnen echter niet garanderen dat de inhoud foutloos is. De gemeente Haarlemmermeer aanvaardt daarom geen aansprakelijkheid voor schade als gevolg van het gebruik van dit rapport. Derden gebruiken de inhoud op eigen risico. Meer projectinformatie: www.Lincolnpark.online.

2. Inleiding bodemenergie

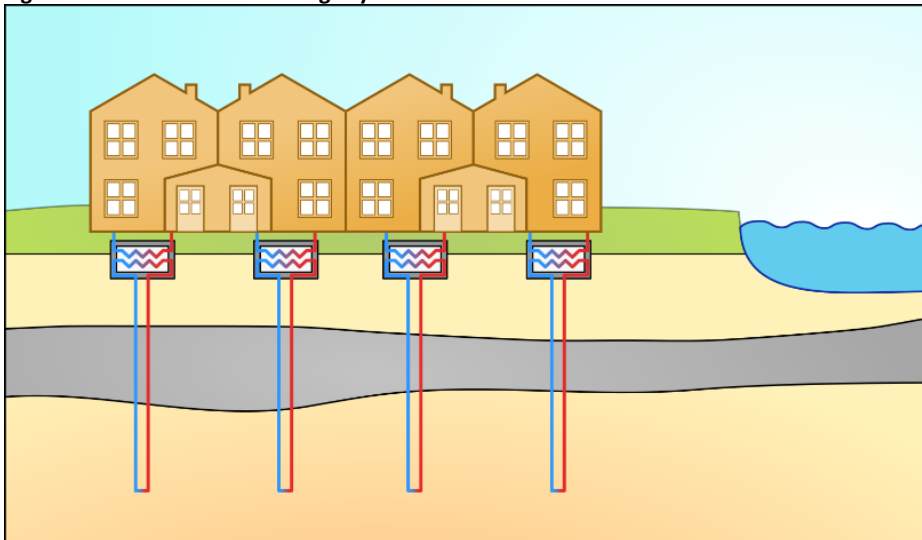
Er kunnen twee hoofdvormen in bodemenergiesystemen worden onderscheiden: open en gesloten bodemenergiesystemen. Het is van belang de verschillen tussen deze systemen te kennen om het toepassingsgebied en de effecten op de omgeving te begrijpen.

Gesloten bodemenergiesystemen

Bij gesloten bodemenergiesystemen (GBES) worden bodemlussen in de bodem gebracht (figuur 2.1). Door warmtegeleiding tussen de bodem en de bodemlussen wordt warmte of koude onttrokken. Er wordt dus geen grondwater onttrokken of geïnfiltrerd. De temperatuur in de bodemlus mag maximaal 30°C en minimaal 3°C bedragen. GBES zijn met name geschikt voor lagere vermogens, zoals individuele woningen, kleinere appartementencomplexen en kleinere utiliteitsgebouwen.

GBES kennen vaak een bodemzijdig koudeoverschot. Er is dus rondom dit type systemen meer koude dan warmte in de bodem aanwezig, hetgeen ook wordt toegestaan door het bevoegd gezag. Vanwege dit koudeoverschot resulteren gesloten systemen in de directe omgeving van warme bronnen van open systemen in negatieve interferentie.

Figuur 2.1 Gesloten bodemenergiesysteem



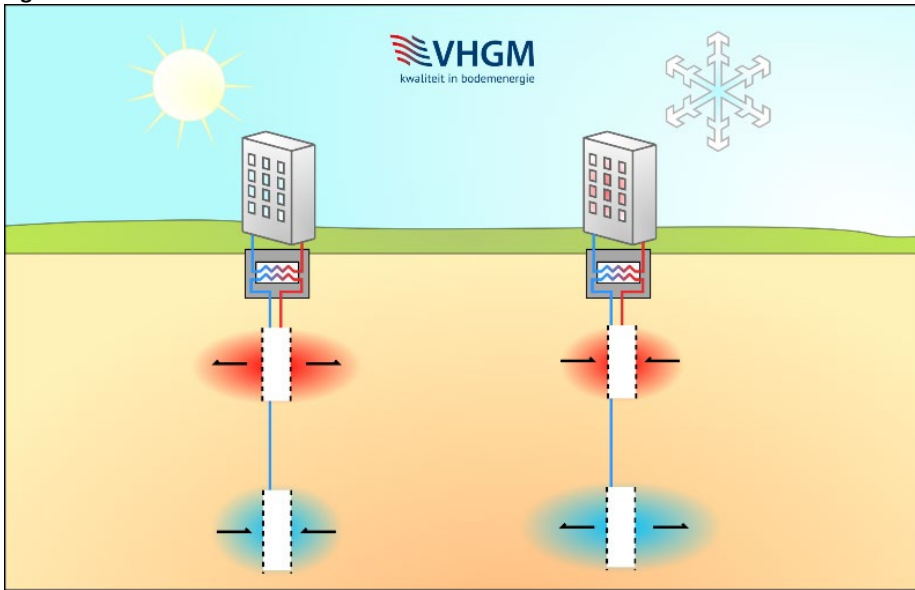
Open bodemenergiesystemen

Bij open bodemenergiesystemen (OBES) worden bronnen in de bodem geboord. Vanuit deze bronnen wordt warm en koud grondwater onttrokken en geïnfiltrerd in een warme bel (maximaal 25 °C) en een koude bel (minimaal 5 °C). Het onttrekken en infiltreren veroorzaakt drukveranderingen in de watervoerende pakketten (hydrologische effecten) naast de thermische effecten die ook voor GBES gelden.

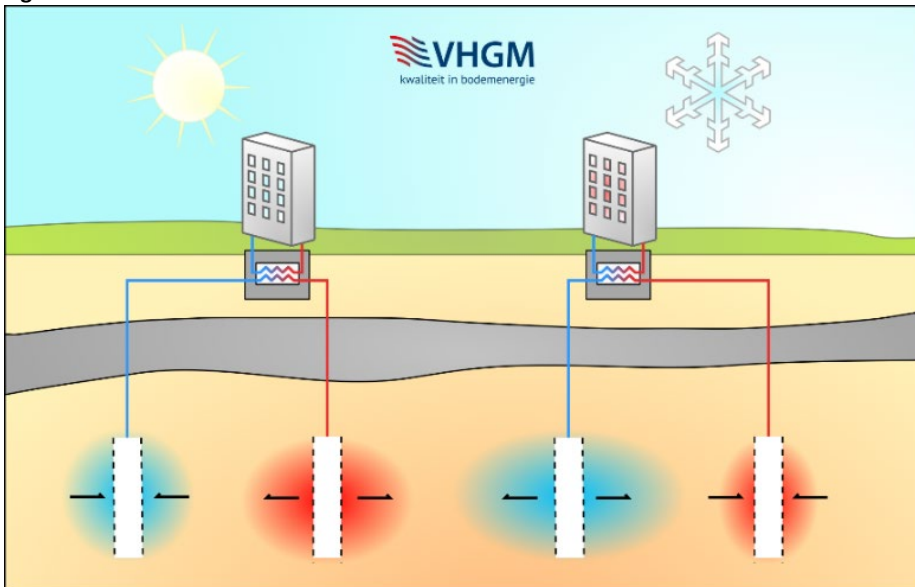
OBES zijn rendabel voor relatief hoge vermogens, zoals hoogbouw, kantoren en collectieve warmtenetten met woningen, idealiter met een vergelijkbare koude- en warmtevraag. Er zijn weinig boringen benodigd om hoge vermogens te leveren. Vanuit het bevoegd gezag wordt een (klein) koudeoverschot soms toegestaan. De systemen worden tegenwoordig echter vaak in balans aangevraagd.

Er zijn twee typen OBES te onderscheiden. Bij een monobron worden de koude en warme bron in één boorgat gerealiseerd, waarbij een verticale tussenafstand wordt aangehouden om kortsluiting te voorkomen (figuur 2.2). Met dit systeem wordt de capaciteit gelimiteerd door de afmeting van de buizen die in het boorgat passen. Bij een doublet worden de warme en koude bron in een eigen boorgat aangelegd, waarbij een horizontale afstand wordt aangehouden om kortsluiting tussen de warme en koude bel te voorkomen. De twee bronnen infiltreren en onttrekken over het algemeen op dezelfde diepte (figuur 2.3).

Figuur 2.2 Monobron



Figuur 2.3 Doublet



Regeneratie

Bij open systemen is vanuit de provincie een mate van energetische bodembalans vereist om vergunningen te kunnen verlenen. Deze bodembalans is noodzakelijk om de bodem niet netto af te koelen, hetgeen kan leiden tot uitputting van de bodem en grote mate van interferentie met andere systemen. De bodem netto opwarmen is niet toegestaan bij open bodemenergie.

Verschillende gebruiksfuncties van gebouwen kennen verschillende energieprofielen. Zo hebben woningen voornamelijk een warmtevraag (centrale verwarming en tapwater) en hebben kantoren en winkels voornamelijk een koudevraag. Het koude- of warmteoverschot dient geregenereerd (gecompenseerd) te worden met externe warmte- of koudebronnen. Dit kan lokale energie zijn vanuit de lucht, vanuit watersystemen op het dak geïntegreerd met zonnecellen (PVT) of thermische energie uit oppervlaktewater (TEO), maar kan ook uit externe bronnen onttrokken worden, zoals datacenters, rioolwaterzuiveringen, stadsverwarming, restwarmte uit industrie, etc.

Wetgeving

Wetgeving omtrent bodemenergiesystemen, inclusief lozingen, bodemenergieplannen en de nieuwe warmtewet (verwacht in 2023) staat beschreven in bijlage 1 (H2).

3. Energievraag per deelgebied

Voor de 5 deelgebieden zijn de gegevens in tabel 3.1 berekend (bijlage 2). Hierbij is het conceptrapport van Spectral als vertrekpunt genomen, maar hebben we andere aannames gemaakt voor de warmte- en koudevraag per woning/gebouw (bijlage 2). Deze gegevens zijn slechts een ruwe schatting om het benodigde brondebiet te kunnen bepalen. Dit debiet kan dus nog wijzigen bij het ontwerp en de vergunningaanvraag van bodemenergiesystemen. De deelgebieden worden allen gekenmerkt door een bodemzijdig koudeoverschot, omdat bovengronds meer warmte dan koude benodigd is. Voor deelgebied Centrum is dit koudeoverschot relatief laag, omdat supermarkten met een hoge koudevraag worden voorzien. Daarnaast hebben ook scholen en sportvoorzieningen over het algemeen een relatief grote koudevraag. Bij een OBES wordt het koudeoverschot over het algemeen (grotendeels) geregenereerd, dat wil zeggen, het 'gebrek' aan warmte in de bodem wordt (deels) gecompenseerd door warmte toe te voegen uit bijvoorbeeld oppervlaktewater (TEO). Voor GBES wordt dit over het algemeen niet gedaan.

Tabel 3.1 Indicatief bodemzijdig vermogen en jaarlijkse energievrage per deelgebied

	Vermogen [kW]		Energie [MWh]		
	Verwarmen + tap	Koelen	Warmtevraag	Koudevraag	Koudeoverschot
Centrum	1.335	682	1.335	984	351
Parkbos	1.804	896	2.334	627	1.707
Erven	1.573	779	2.035	545	1.489
Elzenrijk	1.169	591	1.519	414	1.105
Rietlanden	661	317	848	222	626
Totaal	6.542	3.265	8.071	2.792	5.279

4. Geohydrologie en risico's van de grootschalige inzet van bodemenergie

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk komen de belangrijkste bevindingen uit het geohydrologische onderzoek naar voren (bijlage 1). Op basis van het onderzoek worden geschikte pakketten aangewezen voor open en gesloten bodemenergiesystemen. Vervolgens worden de belangrijkste geohydrologische risico's in deze pakketten beschreven.

4.2 Meest geschikte bodemlagen voor open en gesloten bodemenergiesystemen

Lussen voor gesloten bodemenergiesystemen kunnen zowel in klei als in zand, warmte en koude uitwisselen met de bodem. De bodemopbouw in de Haarlemmermeer bestaat overwegend uit zand, hetgeen gunstig is voor de energieopbrengst per meter lus. Gesloten bodemenergiesystemen voor grotere vermogens worden veelal tot ca. 200 à 250 m -mv aangelegd. Indien in een bodemenergieplan (BEP) voor Lincolnpark wordt gekozen om GBES verticaal te scheiden van OBES, zullen GBES echter slechts tot ca. 60 m – mv kunnen worden aangelegd.

Voor OBES is het 3^e watervoerende pakket, gelegen op een diepte van ca. 70 tot 175 m – N.A.P., het meest geschikt vanwege een goede doorlatendheid, lage grondwaterstroomsnelheid en homogene kwaliteit van het grondwater. Daarnaast zal er geen negatieve invloed ontstaan op de zoetwatervoorraad door vermenging van zoet, brak en zout grondwater. Het grondwater in het 3^e watervoerende pakket is namelijk geheel zout.

4.3 Risico's bodemenergiesystemen Lincolnpark

De verschillende risico's die kunnen voorkomen bij de aanleg van zowel open als gesloten bodemenergiesystemen op de projectlocatie zijn uitvoerig beschreven in bijlage 1. Alleen de risico's die daadwerkelijk een rol spelen bij Lincolnpark worden in dit hoofdstuk kort samengevat.

Artesisch water en het ontstaan van wellen

Artesisch water is grondwater in een watervoerend pakket dat onder druk staat. Door deze overdruk zijn er extra risico's op het ontstaan van wellen bij de aanleg en tijdens de levensduur van bodemenergiesystemen.

Ten eerste kunnen wellen ontstaan doordat infiltrerende OBES de druk in het pakket dusdanig verhogen dat de van nature aanwezige kleilagen 'barsten'. De kans hierop wordt voor Lincolnpark klein geacht (bijlage 1).

Ten tweede kunnen vanwege artesisch water wellen ontstaan tijdens de aanleg van zowel open als gesloten bodemenergiesystemen. In het 3^e watervoerende pakket is de kans op artesisch water hoog, in WVP1/2 is de kans hierop laag tot gemiddeld (bijlage 1).

Om het risico op wellen ten gevolge van artesisch water te verkleinen kunnen tijdens de aanleg van het systeem verschillende maatregelen genomen worden: boren met voldoende overdruk (verhoogd opstellen/ boorspoeling gebruiken), boren met een casing en deze in het boorgat achterlaten en het boorgat op de juiste manier afdichten. Het meest voor de hand liggend is om verplicht te stellen om de boorwagen verhoogd op te stellen (beperkt het risico tijdens de aanleg) en om een casing achter te laten in het boorgat (beperkt het risico zowel tijdens de aanleg als tijdens de levensduur van het systeem).

Bij GBES is het aantal doorboringen van de scheidende lagen een aandachtspunt. Bij een diepterestrictie tot de basis van WVP1/2 (60 m – mv) wordt het risico enerzijds beperkt: de artesische druk is het hoogst in WVP3, en de scheidende laag tussen WVP1/2 en WVP3 wordt in dit scenario niet doorboord. Anderzijds is het aantal doorboringen van de deklaag wel significant hoger, er zijn namelijk circa 3700 boringen nodig, versus circa 1100 indien geen diepterestrictie wordt toegepast (H 6.5).

Grondwaterstroming

De grondwaterstroming is in alle watervoerende pakketten op de projectlocatie minder dan 5 meter per jaar. Dit wordt geclassificeerd als een lage grondwaterstroomsnelheid. Voor gesloten bodemenergiesystemen kan dit tot gevolg hebben dat het koudeoverschot opbouwt rond de lussen en niet wegstroomt. Hier dient rekening mee gehouden te worden. De lage grondwaterstroomsnelheid is niet per definitie nadelig: het maakt regeneratie mogelijk en voorkomt interferentie met andere projecten. Voor OBES is de lage stroomsnelheid per definitie gunstig, omdat het afstromen van de warme en koude bellen beperkt blijft.

5. Omgevingsbelangen

Op basis van de provinciale kaarten en informatie opgevraagd bij de gemeente en omgevingsdienst blijkt dat er in de nabijheid van de projectlocatie overige open en gesloten bodemenergiesystemen voorkomen en dat er enkele gebieden met richtlijnen binnen een straal van 2 km van de projectlocatie aanwezig zijn. In bijlage 1 worden alle omgevingsbelangen behandeld. Hieronder worden alleen de aandachtspunten kort samengevat.

Tabel 5.1 Omgevingsbelangen

	Mogelijke belangen	Opmerking, attentiepunt:
1	Overige bodemenergiesystemen	Binnen een straal van 120 meter bevinden zich meerdere gesloten BES en binnen een straal van 750 meter zijn er ook meerder open BES aanwezig. De afstand is dusdanig dat de inzet van bodemenergie bij het Lincolnpark niet in het gedrang komt. Er dient echter wel rekening gehouden te worden met de overige systemen in een ontwerp en vergunningaanvraag.
2	Keur van het waterschap	De locatie ligt in een kwetsbaar kwelgebied en nabij primair oppervlaktewater. Conform de uitvoeringsregels (15.1) op grond van de Keur moet er aan een zorgplicht worden voldaan.
3	Zettingsgevoelige objecten	De meeste gebouwen rondom de projectlocatie zijn aangelegd in de jaren 75 en later. Ten zuiden, westen en noorden van de projectlocatie bevinden zich echter ook oudere boerderijen, gebouwd tussen ca. 1850 en 1945. Hieronder bevindt zich het monumentale pand "de Meerkerk" dat op staal is gefundeerd. Het is van belang om in een ontwerp- en vergunningstraject van OBES te berekenen of de zetting ten gevolge van het infiltreren en onttrekken van grondwater geen negatieve effecten kan hebben op deze oudere panden. Ditzelfde geldt voor het spoorwegtalud dat zich op ca. 500 m ten oosten van de oostelijke rand van de projectlocatie bevindt.

Legenda:

Geen beperkingen	Aandachtspunt	Verboden bodemenergiesysteem te realiseren.
------------------	---------------	---

6. Relatie tussen energievraag en -aanbod

6.1 Relatie tussen energievraag en bodempotentie voor OBES

Doubletten

De potentie van WVP3 staat kort samengevat in tabel 6.1. Er kan uit dit pakket op de projectlocatie een brondebiet geleverd worden van ca. 250 m³ per uur. Echter, bij grootschaligere ontwikkelingen is het aantal vollasturen wat de bron levert groter, waardoor de bron meer belast wordt. Dan is het maximale brondebiet ca. 220 m³/h. Per deelgebied is er gekeken naar het aantal doubletten dat minimaal benodigd is om aan de energievraag te voldoen (tabel 6.2). Uit de berekeningen blijkt allereerst dat de deelgebieden, met uitzondering van Rietlanden, een groot deel van de maximale capaciteit of meer dan een doublet benutten (tabel 6.2). Het belang hiervan is dat een doublet voor deze deelgebieden een voor de hand liggende en efficiënte oplossing is. Wel moet er dan per deelgebied een centrale techniekruimte komen waar vanuit de warmte en koude gedistribueerd wordt. Uit de berekeningen blijkt verder dat doubletten goed inpasbaar zijn in het gebied: er is ruimschoots voldoende bodempotentie.

Tabel 6.1 Potentie van WVP3

Variabele	Waarde
Diepteligging [m - N.A.P.]	68 à 70 tot 170 à 180
Dikte [m]	100 à 110
Doorlaatvermogen [m ² /d]	Ca. 2.000 tot 5.000
Globale hoeveelheid geschikte zandlagen om bronfilter in af te stellen [m]	Ca. 60
Brondebiet [m ³ /h] bij inzet gehele pakket*	Ca. 220 à 250 m ³ /h

* Nota bene: de te halen debieten zijn een globale indicatie en afhankelijk van bepaalde ontwerpaspecten

Monobronnen

Monobronnen zijn, ook in zeer doorlatende pakketten, om technische redenen gelimiteerd tot ca. 80 m³/h per bron. Het benodigde aantal bronnen is vermeld in tabel 6.2. Met uitzondering van de grotere gebouwen in Centrum en Parkbos is de energievraag per gebouw kleiner dan hetgeen een monobron kan leveren. Derhalve liggen kleine collectieven van enkele gebouwen voor de hand en één monobron per gebouw niet. Net als doubletten kunnen monobronnen, ondanks hun lagere debiet, voldoende vermogen leveren en zijn ze inpasbaar binnen de deelgebieden. Indien echter de warme en koude bronfilters van naburige monobronnen op ongeveer dezelfde diepte worden afgesteld, kan de inpasbaarheid door negatieve interferentie in het gedrang komen. Er is ook altijd sprake van negatieve interferentie indien een monobron vlak bij een groot doublet wordt geplaatst. Een klein doublet met scheve filterstelling kan wel dicht op monobronnen worden ingepast zonder negatieve interferentie door het warme filter ter hoogte van een warm filter van een monobron te plaatsen en het koude filter ter hoogte van het koude filter van een andere monobron. De capaciteit van een dergelijk doublet is echter veel lager dan dat van een doublet met normale filterstelling. Deelgebied Rietlanden kan worden voorzien middels 1 monobron. Een monobron zou derhalve een voor de hand liggende keuze kunnen zijn voor dit gebied.

Tabel 6.2 Absolute en relatieve bodempotentie per deelgebied

Deelgebied	Benodigd vermogen [kW]	Benodigd aantal doubletten	Inpasbaarheid binnen gebied	Benodigd aantal monobronnen	Inpasbaarheid binnen gebied*
Centrum	886	0,6 (1)	Ja	1,6 (2)	Ja, mits
Parkbos	1.341	0,9 (1)	Ja	2,4 (3)	Ja, mits
Erven	1.170	0,8 (1)	Ja	2,1 (3)	Ja, mits
Elzenrijk	872	0,6 (1)	Ja	1,6 (2)	Ja, mits
Rietlanden	488	0,3 (1)	Ja	0,9 (1)	Ja
Som deelgebieden	4.758	5	n.v.t.	11	n.v.t.
Groot collectief	4.630	3,02 (4)	Ja	8,3 (9)	Ja, mits

* Monobronnen zijn inpasbaar indien de warme en koude bronfilters van naburige systemen op ongeveer dezelfde diepte worden afgesteld om negatieve interferentie te voorkomen. Dit kan middels regels in een BEP worden vastgelegd.

6.2 Inpassing bronnet en bronnen

Deelgebied Centrum kent geen privaat terrein buiten de gebouwen. Zowel de bronnen als het gehele bronnet dienen derhalve in de openbare ruimte gerealiseerd te worden. De overige gebieden kennen vrij veel privaat terrein, voor geheel Lincolnpark is namelijk 45% van het oppervlak uitgeefbaar. Er is derhalve voldoende ruimte om bronnen op privaat terrein te realiseren. Het is wenselijk dat een bronnet ook zoveel mogelijk op privaat terrein wordt aangelegd. Er zal echter ook gebruik gemaakt moeten worden van openbare ruimte om de verschillende gebouwen aan elkaar te koppelen. Hierbij is een goede afstemming tussen de gemeente en de ontwikkelaar van het bodemenergiesysteem vereist.

6.3 Kansen en aandachtspunten voor regeneratie van OBES

Om de energiestromen in balans te brengen is er een aanvullende warmtebron nodig. Hiervoor worden veelal lucht-water warmtepompen of droge koelers ingezet. Het gebruik van droge koelers is echter niet onbeperkt in verband met ruimte op daken. Daarnaast worden de regels omtrent de geluidsproductie van droge koelers en lucht-water warmtepompen steeds strikter en kan er geluidsoverlast worden ervaren door bewoners.

Regeneratie kan ook middels PVT-panelen worden uitgevoerd. Alleen in Centrum is vanwege het kleine koudeoverschot (zie H3) voldoende dakruimte beschikbaar *binnen* het deelgebied, slechts 17% van het dakoppervlak hoeft te worden ingezet. In de andere deelgebieden is niet voldoende dakruimte beschikbaar *binnen* het deelgebied: 119 tot 166% van het beschikbare dakoppervlak is benodigd (bijlage 2). Uiteraard kan wel een (groot) deel van de regeneratie middels PVT worden voldaan. Het voordeel van PVT is de flexibiliteit en kleinschaligheid, elk gebouw kan zijn eigen PVT op het dak krijgen. Nadeel zijn de hogere kosten ten opzichte van grotere collectieve regeneratieopties zoals thermische energie uit oppervlaktewater (TEO), rioolwaterzuiveringsinstallaties of datacenters.

Aan de westzijde van de projectlocatie ligt de Hoofdvaart. Vanwege de grootte van de vaart en de grote mate van doorstroming is TEO een reële optie voor het gehele gebied indien er één bronnet komt. Naast de Hoofdvaart kan mogelijk de nieuw te graven brede watergang ten oosten van het plangebied worden ingezet. Vanwege de geringe diepte van ca. 80 cm zullen er sterkere temperatuureffecten optreden in dit waterlichaam, waardoor de kans aanwezig is dat uittredepunten van een TEO niet vergund worden door de sterke thermische effecten die optreden. De ondiepe watergang kan waarschijnlijk het beste worden ingezet ten behoeve van innamepunt(en), waarbij de uittredepunten in de Hoofdvaart zijn gelegen. Bij een dergelijke opzet is er geen kortsluitstroming van koude tussen de uittrede- en innamepunten mogelijk, waardoor de maximale potentie wordt verhoogd. Een vereiste voor inzet van de ondiepe watergang voor innamepunten is dat het waterlichaam middels duikers of anderszijds is verbonden met overige waterlichamen en idealiter uiteindelijk met de Hoofdvaart (anders wordt het waterlichaam leeggepompt). Buiten de fysieke eigenschappen van de waterlichamen, is de potentie voor TEO sterk afhankelijk de voorschriften die het Hoogheemraadschap van Rijnland maakt in de vergunningsprocedure.

Indien er een distributienet per deelgebied komt (Scenario B in H6.4), is TEO het meest reëel voor het aan de Hoofdvaart gelegen deelgebied Erven, maar niet voor deelgebied Centrum dat slechts een klein koudeoverschot kent. Anderzijds kan er ook in dit scenario warmte worden geleverd aan meerdere deelgebieden indien er distributieleidingen komen tussen de gebieden. Dit vergt wel enige afstemming tussen de verschillende deelgebieden.

De meeste datacentra kennen een warmteoverschot. Mogelijk kan warmte van de datacentra van bedrijvenpark President worden ingezet voor de regeneratie van bronnen. Dit is naar verwachting het meest rendabel indien een groot deel van of het gehele gebied aansluit op één bronnet.

6.4 Betaalbaarheid, schaalvoordelen en flexibiliteit van verschillende energieconcepten

Introductie

In deze paragraaf worden de voor- en nadelen van verschillende scenario's voor OBES behandeld. Bij gelijktijdige oplevering van meerdere deelgebieden per keer kan er enige schaalvoordeel behaald worden. De gemeente geeft op voorhand aan niet de rol van een nutsbedrijf op zich te willen nemen. Om gebruik te maken van grote schaalvoordelen is het dan noodzakelijk dat een ESCo bereid is te investeren in het gefaseerd op te leveren Lincolnpark. Navraag maakt duidelijk dat ESCo's hiertoe bereid zijn mits aan een aantal voorwaarden wordt voldaan (bijlage 1, H 6.2).

Voor de energieconcepten met OBES worden de voor- en nadelen van de verschillende scenario's samengevat in tabel 6.3. Een grofmazige inschatting van de investeringskosten wordt gegeven in tabel 6.4.

Scenario A

In dit scenario worden de ontwikkelingen in alle deelgebieden aangekoppeld aan een collectief bronnet. Hierbij wordt water uit de bronnen direct op het net geleverd. Vanaf decentrale techniekruimten zal dit water middels een warmtepomp worden opgewaardeerd om vervolgens via lage-temperatuur distributie de gebouwen van warmte en koude te voorzien.

Indien regeneratie niet wordt meegenomen zijn de investeringskosten voor scenario A vergelijkbaar aan die van scenario B (tabel 6.4). In scenario A kan echter (grotendeels) middels een centraal TEO-systeem (indien deze vergund wordt) of middels restwarmte uit datacentra worden geregenereerd. Dit is significant goedkoper qua totale investeringskosten (niet getoond in tabel 6.4), maar ook energetisch significant efficiënter (hetgeen zich ook vertaalt naar kosten) dan de voor de hand liggende alternatieven met droge koelers of lucht-water warmtepompen (H 6.6).

Een tweede groot voordeel van scenario A ten opzichte van scenario B is redundantie: omdat meerdere bronnen op één bronnet zijn aangesloten, kan bij het uitvallen van een bronpaar nog een groot deel van het vermogen geleverd worden en komen eindgebruikers niet in de kou te zitten. In scenario B is er maar een doublet per gebied, waardoor deze intrinsieke redundantie niet bestaat (tabel 6.2).

Om scenario A te kunnen realiseren is het nodig dat de verschillende deelgebieden en de losstaande ontwikkelingen daarin (zie H1.1) gezamenlijk een ESCo in de arm nemen.

Scenario B

In dit scenario worden kleine onafhankelijke distributienetten aangelegd per deelgebied. Hierbij wordt in gebied Rietlanden naar verwachting een monobron geboord, en in de overige deelgebieden een doublet (H 6.1). Deze distributienetten inclusief de bijbehorende bronnen worden dan eigendom van een Vereniging van Eigenaren, zoals ook het geval is bij de garagegebouwen. Scenario B kan ook worden uitbesteed aan ESCo's. Mogelijke voordelen van het eigenaarschap door eindgebruikers (tabel 6.3) komen dan te vervallen. Andere voordelen van scenario B ten opzichte van scenario A zijn de flexibiliteit en de minder prominente rol van de gemeente (tabel 6.3). Scenario B is met minder sturing te realiseren dan scenario A. Het feit dat er ook losstaande ontwikkelingen in de deelgebieden zijn (H1.1) biedt echter wel uitdagingen ten aanzien van fasering en financiering omdat per deelgebied slechts een doublet of monobron benodigd is.

Scenario C

In scenario C worden monobronnen aangelegd. Per monobron worden enkele gebouwen aangesloten in een klein distributienet. Dit scenario heeft als voordeel een hoge mate van flexibiliteit, zelfs bij fasering *binnen* een deelgebied. Dit kan met name uitkomsten bieden voor het geringe aandeel gebouwen dat niet is ondergebracht in één commerciële tender per deelgebied (H1.1). De investeringskosten van scenario C liggen significant hoger vanwege het grote aantal monobronnen dat moet worden geboord (tabel 6.4). Daarnaast kan er geen centrale regeneratie worden toegepast zoals TEO of restwarmte uit datacentra (tabel 6.3).

Tariefstelling

Indien de bronnen en kleine distributienetten van scenario B of C in eigendom komen van een vereniging van eigenaren (VVE) kan een potentiële winst direct aan de eindgebruiker worden uitgekeerd in de vorm van lagere energietarieven. Het is echter niet zeker dat een VVE lagere tarieven zal kunnen rekenen. Dit is zeker het geval voor scenario C vanwege de hogere investeringskosten. Daarnaast zal de VVE risicodragend zijn voor de installatie. Eventuele kosten voor bronverstopping of andere problemen zullen dus ook direct naar de eindgebruiker moeten worden doorberekend.

Ten aanzien van tariefstelling door ESCO's geldt er thans een maximaal tarief vanuit de autoriteit consument en markt (ACM). Projectontwikkelaars of de gemeente kunnen in hun uitvraag ook strengere eisen stellen aan het tarief. In de huidige markt is een percentage van 90% ACM gebruikelijk. Aandachtspunt hierbij is wel dat een lager ACM percentage zal resulteren in een hogere bijdrage aansluitkosten (BAK) die gerekend wordt richting de projectontwikkelaars, hetgeen zich weer zal uiten in de huisprijs dan wel huurprijs. Ten slotte is bekend dat de aankomende Wet collectieve warmtevoorziening ("Warmtewet 2.0") extra bescherming zal bieden voor eindgebruikers. Hoe deze bescherming zich in de praktijk naar tarieven zal vertalen is nog niet bekend.

Tabel 6.3 Voor- en nadelen van de verschillende scenario's

Potentieel voordeel	Scenario A	Scenario B	Scenario C
Verlaging kosten van realisatie door schaalgrootte (bijv. minder bronnen of centraal regenereren).	+	±	-
Benutting van goedkopere regeneratie en lager stroomverbruik middels TEO indien een TEO vergunbaar is, of middels het warmteoverschot van datacentra.	+	± (alleen Erven?)	-
Uitruil van warmte en koude tussen verschillende deelgebieden en redundantie (het kunnen blijven leveren van energie bij uitval doordat er meerdere dubletten/ monobronnen op een net zijn aangesloten).	+	-	-
Uitruil van warmte en koude tussen verschillende gebouwen.	+	+	±
Flexibele lokale regeneratie van een groot deel van, maar niet het gehele koudeoverschot middels PVT, mogelijkheid tot verlaging van stroomnetcongestie bij slimme aanpak (wel significant hogere totale kosten dan 1 centrale TEO). Toepasbaarheid (+ of -) gebaseerd op kostenefficiëntie voor eigenaar energielevering ten opzichte van overige beschikbare technieken.	-	±	+
Voldoende dakoppervlak voor regeneratie van het volledige koudeoverschot middels PVT (wel significant hogere kosten dan 1 centrale TEO).	+	-	-
Directe benutting van winst t.o.v. tarief ESCo door eindgebruiker (indien deze winst te realiseren valt, hetgeen onder andere afhankelijk is van de nog vast te stellen prijsregulering in de aankomende Wet collectieve warmtevoorziening (Wcw)).	-	+	+
Het gemak voor de eindgebruiker indien het gehele energieconcept van opwekking tot levering en tariefstelling door een ESCo geregeld wordt, het ontbreken van risico's in de investering voor het systeem.	+	-	-
Flexibiliteit in timing en opzet van het energieconcept.	-	±	+
Efficiënte benutting bodemcapaciteit, ook zonder toepassing bodemenergieplan.	+	±	-
Geen noodzaak voor gemeente om nutsbedrijf te vormen of een tender voor de energievoorziening van het hele Lincolnpark in de markt te zetten.	-	+	+

Tabel 6.4 Globale kostenraming van een bronnet (scenario A) versus een oplossing per deelgebied (scenario B) of een oplossing per klein cluster van gebouwen (scenario C)

Variabele	Scenario A	Scenario B	Scenario C
Aantal doubletten	4	4	-
Kosten à € 400.000 per doublet (€)	1.600.000	1.600.000	-
Aantal monobronnen	0	1	11
Kosten à € 280.000 per monobron (€)	-	280.000	3.080.000
Horizontaal leidingwerk voor backbone (m)	480	-	-
Kosten à € 500 per meter (€)	240.000	-	-
Totale kosten (€)	1.840.000	1.880.000	3.080.000

* De berekende kosten zijn indicatief en kennen een foutmarge van ca. 40%. De kosten zijn exclusief aanleg van technische ruimtes en regeneratiemiddelen. Gezien de foutmarge zijn de kosten voor scenario A en B ongeveer gelijk.

6.5 Relatie tussen energievraag en bodempotentie voor GBES

Naast de mogelijkheden voor OBES is er ook gekeken naar de relatie tussen de energievraag en de bodempotentie voor GBES. De resultaten hiervan zijn samengevat in tabel 6.3. Hierbij is gekeken naar twee verschillende scenario's, namelijk mét een diepterrestrictie en zonder. In een bodemenergieplan kan namelijk eventueel een diepterrestrictie tot de basis van WVP1/2 (~60 m – mv) worden opgelegd aan GBES om negatieve interferentie met OBES in het 3^e watervoerende pakket te voorkomen. In het scenario zonder diepterrestrictie wordt uitgegaan van een gemiddelde boordiepte van 200 m. Om aan de totale energievraag te voldoen is er ongeacht de toegepaste boordiepte ca. 400 km aan lus benodigd.

Het aantal benodigde boringen ligt significant lager indien geen diepterrestrictie wordt toegepast (tabel 6.4). Een diepterrestrictie heeft ook gevolgen voor de inpasbaarheid van de lussen onderpands. De gemeente gaf te kennen dat zij de voorkeur heeft om lussen onderpands, of tenminste binnen de uit te geven percelen te boren, omdat de ruimte daarbuiten gemeentelijk bezit wordt. Zonder diepterrestrictie kan naar verwachting het grootste deel van de lussen onderpands of binnen de percelen worden geboord. Met diepterrestrictie moet juist een groot deel van de lussen buiten de bouwpercelen worden geboord (tabel 6.3).

De boorkosten van GBES vormen de bodemzijdige investeringskosten voor dit energieconcept. Dit deel van de kosten ligt substantieel hoger dan dat voor de OBES scenario's (vergelijk tabel 6.4 en 6.5).

Tabel 6.5 Absolute en relatieve bodempotentie per deelgebied. Groen: onderpands inpasbaar. Oranje: inpasbaar op uitgegeven grond. Rood: alleen inpasbaar indien gemeentegrond wordt gebruikt

Deelgebied	Benodigd vermogen (kW)	Onderpands inpasbaar aantal lussen	Inpasbaar aantal lussen op uitgegeven grond	Benodigd aantal lussen zonder diepterrestrictie	Benodigd aantal lussen met diepterrestrictie	Totale lengte van de lussen (km)	Schatting boorkosten (€)
Centrum	982	511	250	164	546	65	1.047.000
Parkbos	1.680	549	269	280	934	112	1.793.000
Erven	1.465	835	409	244	814	98	1.562.000
Elzenrijk	1.095	599	294	182	608	73	1.168.000
Rietlanden	691	401	197	115	384	46	737.000
Totaal	5.913	2.896	1.419	985	3.285	394	6.307.000

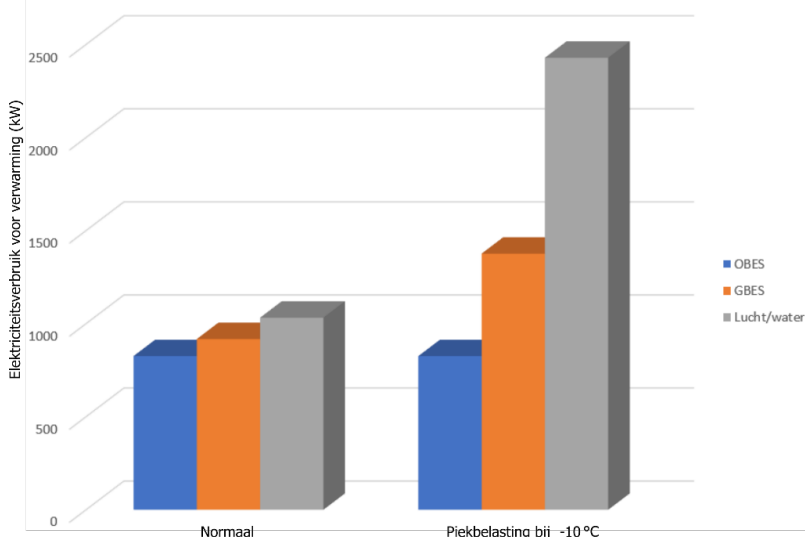
6.6 Energetisch rendement en elektriciteitsnetbelasting van verschillende duurzame oplossingen

Energetische efficiëntie en netcongestie

De energetische efficiëntie van *het bodemenergiesysteem* van scenario A tot en met C ligt dicht bij elkaar. Geredeneerd per systeem is er in scenario A meer gelijktijdigheid en dus minder piekbelasting dan in scenario B en C omdat er simpelweg meer gebouwen op één systeem worden aangelegd. Echter, geredeneerd vanuit het gehele gebied is de gelijktijdigheid hetzelfde voor scenario A tot en met C. De grootste verschillen tussen deze drie scenario's met OBES komen dus voort uit de manier van regenereren. In scenario A kan centraal worden geregenereerd middels een TEO, hetgeen energetisch veel efficiënter is dan de voor de hand liggende alternatieven zoals lucht-water warmtepompen en droge koelers. In scenario B is TEO nog steeds een optie voor een deel van de gebieden, maar in optie C niet. Let wel, een TEO heeft op basis van de fysieke eigenschappen van de waterlichamen voldoende potentie voor het gebied. Het is echter niet op voorhand zeker welke eisen het Hoogheemraadschap van Rijnland binnen de vergunningsprocedure zal stellen. Deze eisen kunnen de potentie voor TEO verminderen.

Er zijn nog veel sterkere contrasten in energetische efficiëntie en netcongestie wanneer OBES wordt vergeleken met GBES en lucht-water warmtepompen. Figuur 6.1 toont het verschil in elektriciteitsverbruik tussen OBES, GBES en lucht-water warmtepompen. Tijdens nominale bedrijfsvoering is er een klein verschil tussen de oplossingen. Tijdens piekproductie op koude winterdagen zijn GBES en met name lucht-water warmtepompen echter veel minder efficiënt vanwege de lage aanvoertemperatuur. Dit zorgt voor een hogere belasting van het elektriciteitsnet en bij gebruik van grijze stroom ook voor een hogere CO₂-uitstoot.

Figuur 6.1 Normaal en piek-elektriciteitsverbruik van OBES, GBES en lucht-water warmtepompen



* Nota bene: in de prijs per strekkende meter horizontaal leidingwerk is ervan uitgegaan dat het terrein ten tijde van het graven volledig braakliggend is.

6.7 Combinatie gesloten en open systemen

De combinatie van open en gesloten bodemenergiesystemen in één gebied kan vele problemen met zich meebrengen omtrent interferentie en landjepik middels vergunningen (bijlage 1, H 6.3). Het is mogelijk om bij Lincolnpark zowel GBES als OBES te plaatsen. Indien wordt voorzien dat deze systemen op een korte afstand van elkaar geplaatst zullen worden, dient er een horizontale of verticale scheiding vastgelegd te worden in een bodemenergieplan om interferentie tussen de verschillende systemen te voorkomen. Aangezien de verschillende deelgebieden van Lincolnpark gefaseerd opgeleverd zullen worden, is een horizontale scheiding niet ideaal: het is immers nog onbekend voor welk energieconcept de ontwikkelaars zullen kiezen. Ten aanzien van een verticale scheiding zouden GBES op de projectlocatie in WVP1/2 geplaatst kunnen worden tot een diepte van maximaal 60 m -mv. Dit houdt echter in dat een significant groter aantal boringen nodig is dan zonder verticale scheiding, hetgeen GBES financieel minder aantrekkelijk maakt en tevens implicaties heeft voor het risico op artesisch water en het ontstaan van wellen (H 4.3 en 6.5).

7. Conclusie en aanbevelingen

7.1 Afweging risico's, verhouding vraag en aanbod en potentiële maatregelen

In dit onderzoek is de potentie van de bodem voor levering en opslag van energie bestudeerd. Daarnaast zijn de risico's van de grootschalige toepassing van bodemenergie onderzocht.

Voor open bodemenergiesystemen geldt dat het 3^e watervoerende pakket het meest geschikt is. Dit pakket heeft ruimschoots voldoende capaciteit. Echter, bij inzet van monobronnen kan de capaciteit in het gedrang komen door het onvoldoende onderling afstemmen van de diepte van warme- en koude bellen. Hiervoor kunnen aanvullende regels worden opgesteld in een bodemenergieplan. In het 3^e watervoerende pakket dient daarnaast rekening gehouden te worden met de verhoogde kans op artesisch water en het hieraan gerelateerde risico op het ontstaan van wellen tijdens de aanleg van de systemen. In een bodemenergieplan kunnen regels worden afgekondigd die dit risico minimaliseren.

Voor gesloten systemen geldt dat de bodemopbouw geschikt is en voldoende capaciteit biedt. Om het risico omtrent artesisch water en wellen te beperken, alsmede om inefficiënte bodembenutting ten gevolge van de combinatie van OBES en GBES te voorkomen, kan in een bodemenergieplan worden opgenomen dat GBES niet dieper dan de basis van het gecombineerde 1^e en 2^e watervoerende pakket mogen worden geboord. Hierdoor wordt de potentie voor GBES per eenheid oppervlak wel sterk beperkt, wordt het financieel minder rendabel om GBES te boren en kan in de meeste deelgebieden niet de *gehele* energievraag worden geleverd vanuit de uit te geven percelen. In principe wordt niet verwacht dat GBES veel zullen worden ingezet in het gebied vanwege het grote aantal lussen dat benodigd is bij gestapelde bouw, hetgeen zich vertaalt in relatief hoge investeringskosten. Dit is zeker het geval indien een diepterestrictie wordt toegepast.

De gemeente dient een afweging te maken tussen enerzijds een grote schaalgrootte, hetgeen zich vertaalt in lagere totale investeringskosten, (energetische) efficiëntie, een lagere CO₂-uitstoot, efficiëntere bodembenutting en minder congestie op het elektriciteitsnet, en anderzijds om dit volledig aan de markt te laten, hetgeen zich vertaalt in meer flexibiliteit ten koste van efficiëntie. Vanwege de schaalgrootte van de deelgebieden is de kans groot dat projectontwikkelaars zullen kiezen voor een doublet per deelgebied (scenario B), waarbij de kans bestaat dat Rietlanden voor een monobron kiest. Hierbij is de kans groot dat ESCo's deze kleinere netten zullen beheren, en mogelijk enkele deelgebieden op elkaar aansluiten waardoor toch ten dele scenario A gerealiseerd wordt. Indien de gemeente juist het in eigendom hebben van de systemen door VVE's wil stimuleren, zullen hierover ook in een vroeg stadium afspraken moeten worden gemaakt met de projectontwikkelaars. Aangeraden wordt om ofwel sturend op te treden, ofwel een open gesprek aan te gaan waarbij zowel projectontwikkelaars als ESCo's om de tafel zitten, met tot doel om tot een toekomstgericht en voor de eindgebruiker financieel aantrekkelijk energetisch concept te komen.

7.2 Advies bodemenergieplan

Vanuit de bevindingen van dit onderzoek wordt geconcludeerd dat een bodemenergieplan wel degelijk meerwaarde heeft voor de ontwikkeling van dit gebied, omdat niet op voorhand is vast te stellen welk bodemzijdig energieconcept zal worden gekozen voor de verschillende deelgebieden (doublet, monobron of GBES). Bij een mix van energieconcepten zijn er aanvullende maatregelen nodig om te voorkomen dat partijen die later ontwikkelen geen gebruik kunnen maken van bodemenergie.

Middels een bodemenergieplan kan daarnaast het risico op het ontstaan van wellen tijdens de aanleg van bodemenergiesystemen worden verkleind. Wij stellen voor om allereerst de bevindingen in dit rapport middels een presentatie te verduidelijken. Hierna kan in onderlinge afstemming worden bepaald of het wenselijk is een bodemenergieplan op te stellen, en zo ja, welke maatregelen hierin naar voren zullen komen.

8. Begrippenlijst

- *Bodemenergiesysteem*: alle onderdelen tezamen (het systeem) die benodigd zijn om energie te onttrekken aan en op te slaan in de bodem.
- *Bodemlus*: een afgesloten lus die over het algemeen verticaal in de bodem wordt gebracht en waar water doorheen wordt gepompt ten behoeve van een gesloten bodemenergiesysteem.
- *Bron*: een boorgat waaruit water wordt onttrokken dan wel geïnfiltreerd ten behoeve van een open bodemenergiesysteem.
- *Filter(traject)*: een geperforeerde buis waardoor bij een open bodemenergiesysteem water in de bodem kan worden gebracht (infiltratie) of juist uit de bodem kan worden gehaald (onttrekking)
- *Geologische formatie*: een kenmerkende laag in de ondergrond die op een bepaalde manier (bijvoorbeeld door rivieren, de zee, gletsjers of de wind) is afgezet. De manier waarop een dergelijke laag is afgezet, bepaalt de eigenschappen van de laag, hetgeen van belang is voor bodemenergie.
- *Gesloten bodemenergiesysteem*: een bodemenergiesysteem dat warmte en koude uit de bodem haalt door het rondpompen van een vloeistof (water aangevuld met glycol) door bodemlussen.
- *Infiltratie*: het weer de bodem inpompen van uit een andere bron onttrokken grondwater (open bodemenergiesysteem).
- *Inzijing*: het intrekken van regenwater in de bodem. Tegenovergestelde van kwel.
- *Interferentie*: het elkaar beïnvloeden van bodemenergiesystemen. Hieronder wordt zowel positieve beïnvloeding (warme bellen beïnvloeden elkaar) als negatieve beïnvloeding (koude bel beïnvloed warme bel) verstaan.
- *Interferentiegebied*: wettelijke constructie om in een bepaald gebied aanvullende eisen te stellen aan bijvoorbeeld de uitvoering van een bron voor een open bodemenergiesysteem of de energiebalans in de bodem.
- *Kwel*: het omhoog stromen van grondwater naar maaiveld of naar sloten
- *Onttrekking*: het uit de bodem halen van grondwater ten behoeve van een open bodemenergiesysteem.
- *Opbarsting*: het door artesische druk scheuren van scheidende lagen waardoor een wel ontstaat.
- *Open bodemenergiesysteem*: een bodemenergiesysteem dat warmte en koude uit de bodem haalt door middel van infiltratie en onttrekking van grondwater uit bronnen.
- *Regievoering*: sturing door het bevoegde gezag. Dergelijke sturing kan bestaan uit aanbevelingen, aanvullende beleidsregels en het afkondigen van interferentiegebieden.
- *Scheidende laag*: een laag die het boven- en onderliggende watervoerende pakket (zie: watervoerend pakket) van elkaar scheidt door zijn hoge weerstand tegen grondwaterstroming. Een scheidende laag bestaat over het algemeen uit klei en/of veen.
- *Thermische straal*: de afstand tot de bron dan wel bodemlus waarbinnen de temperatuur van de bodem tenminste met een halve graad Celsius wordt beïnvloed.
- *Watervoerend pakket*: een laag die water goed doorlaat en daarom mogelijk te gebruiken is voor open bodemenergiesystemen. Een watervoerend pakket bestaat uit zand en/of grind.
- *Wel*: een vorm van zeer lokale kwel waarbij grondwater met hoge snelheid omhoog stroomt door gaten in de afdichtende lagen.

9. Bijlagen

Bijlage 1 **Geohydrologisch onderzoek**

Bijlage 2 **Berekening energievraag**

Bijlage 1

Geohydrologisch onderzoek

1 Inleiding

Deze bijlage bevat alle achtergrondinformatie, berekeningen en details op basis waarvan de hoofdreportage tot stand is gekomen.

2 Wetgeving en beperking lozingshoeveelheid

2.1 Wetgeving gesloten bodemenergie

2.1.1 Abm

Vanuit de AMvB Bodemenergie is de aanleg van gesloten BES gereguleerd. Hierdoor moeten systemen, ongeacht het bodemzijdig vermogen, gemeld worden bij het bevoegd gezag. Dit is opgenomen in het Activiteitenbesluit milieubeheer (Abm). Het Abm bevat algemene regels met betrekking tot de aanleg en het in werking hebben van gesloten systemen. De gemeente treedt op als bevoegd gezag voor een gesloten BES. Gemeenten kunnen ten opzichte van elkaar afwijkende verordeningen hebben. Voor dit project gelden onderstaande regels.

2.1.2 Obm

Voor een gesloten BES met een bodemzijdig vermogen van ≥ 70 kW is naast de melding ook een Omgevingsvergunning Beperkte milieutoets (Obm) benodigd. Indien per gebouw een collectief systeem wordt aangelegd, zal het merendeel van de gebouwen een bodemzijdig vermogen ≥ 70 kW hebben. Daarnaast geldt dat voor een GBES in een interferentiegebied altijd een Obm nodig is, ongeacht het bodemzijdige vermogen. Het Obm bestaat uit een toets of een gesloten BES op de beoogde locatie mogelijk is. Een aanvraag kan geweigerd worden indien er sprake is van interferentie of ondoelmatig gebruik van de bodem (SPF). Indien er voor het project al een omgevingsvergunning benodigd is (bv. voor het gebouw), kan de aanvraag gecombineerd worden, zodat er één omgevingsvergunning wordt verleend.

2.1.3 Bijzondere omstandigheden

Binnen het beleid van gesloten bodemenergiesystemen bestaan twee bijzondere omstandigheden die kunnen worden aangevraagd door de initiatiefnummer indien kan worden aangetoond dat er geen negatieve invloed is op omgevingsbelangen. Het betreft:

- Het beperken van een koudeoverschot of toestaan van een warmteoverschot
- Het verhogen van de temperatuur van de circulatievloeistof > 30 °C

2.2 Wetgeving open bodemenergie

2.2.1 Waterwet

Bodemenergie is gereguleerd via de Algemene Maatregel van Bestuur (AMvB) Bodemenergie. Naast de regels uit de AMvB Bodemenergie van het Rijk hebben provincies aanvullende regels opgesteld in de Provinciale Milieuverordening. Voor dit project gelden onderstaande regels.

Voor het infiltreren en onttrekken van grondwater is een vergunning in het kader van de Waterwet benodigd. In het vergunningtraject wordt onderscheid gemaakt in een open BES met een debiet < 50 m³/h en een open BES met een debiet ≥ 50 m³/h. Voor Lincolnpark zullen OBES over het algemeen een debiet > 50 m³/h hebben. Hierdoor moet er een uitgebreide effectenstudie worden opgesteld. In een dergelijke effectenstudie moeten de hydrologische en hydrothermische effecten modelmatig worden berekend met een beschouwing van de mogelijke effecten op belangen in de omgeving.

Koudeoverschot

Met ingang van de AMvB is een koudeoverschot toegestaan. Dit betekent dat het open BES niet energetisch in balans hoeft te zijn. Wel dient er rekening mee te worden gehouden dat er geen thermische kortsluiting optreedt tussen de warme en koude bel. Ook moet er rekening gehouden worden met de belangen van andere bodemenergiesystemen in de directe omgeving en met het beleid van de provincie, waardoor de mate van onbalans in de bodem beperkt kan worden.

Warmteoverschot

Voor het toestaan van een warmteoverschot geldt dat het niet in het strijd mag zijn met het belang van de bescherming van de bodem en het doelmatigheids criterium. Een warmteoverschot is ook toegestaan als het niet leidt tot een netto opwarming op gebiedsniveau, met als voorwaarde dat het toegestane warmteoverschot een positief effect heeft op het energierendement van andere, individuele betrokken systemen.

Rendement en productiviteit

Voor de vergunningaanvraag dient ook een Seasonal Performance Factor (SPF) te worden uitgerekend. Dit moet in de ontwerpfase van het project worden vastgesteld. De SPF is een mate van het rendement en efficiëntie van het open BES. Indien het systeem niet aan de vastgestelde SPF voldoet, kan het bevoegd gezag eisen dat er maatregelen worden genomen om de SPF te verbeteren.

Naast de SPF wordt ook een minimale productiviteit van het grondwater geëist. Met deze eis wil het bevoegde gezag ervoor zorgen dat het verpompte grondwater niet nutteloos wordt gebruikt. Over het algemeen wordt een minimale energiehoeveelheid van 4,65 kWh per m³ vereist met een dT van minimaal 4K.

Registraties

In de vergunning van het BES worden voorschriften opgenomen ten behoeve van bepaalde jaarlijkse verplichtingen na realisatie van het BES. Het gaat hierbij om het registreren van o.a. verpompte waterhoeveelheden, temperatuurmetingen, geladen energie en grondwateranalyses. Dergelijke registraties moeten periodiek samengevat worden in een evaluatierapportage en ingediend worden bij het bevoegd gezag.

M.e.r.-beoordeling

Naast de aanvraag van de vergunning Waterwet moet door de initiatiefnemer middels een notitie worden aangetoond of er voor het beoogde systeem al dan niet een milieu-effecten-rapportage (m.e.r.) benodigd is. De provincie zal op basis hiervan parallel met de vergunning Waterwet in een m.e.r.-beoordeling aangeven of een m.e.r. al dan niet vereist is.

2.2.2 Lozing

Tijdens het ontwikkelen van bodemenergiesystemen en bij het periodiek onderhoud van een open bodemenergiesysteem komt grondwater vrij dat geloosd moet worden.

Ontwikkelen

Het ontwikkelen vindt plaats om de bron na het boren schoon te pompen totdat deze bron voldoet aan de gestelde eisen met betrekking tot het slibgehalte en de hoeveelheid zand. Tijdens het ontwikkelen van de bronnen van een open bodemenergiesysteem komt relatief veel grondwater vrij. Voor een gesloten bodemenergiesysteem komt alleen tijdens het boren een beperkte hoeveelheid water vrij.

Onderhoud

Bij open bodemenergiesystemen komt ook grondwater vrij tijdens het onderhoud van de bronnen. Deze lozing vindt plaats om ervoor te zorgen dat er geen opeenhoping ontstaat van fijne stofdeeltjes, welke zich van nature in het pakket bevinden. Bij het onderhoud komt een relatief kleine hoeveelheid grondwater vrij, maar de lozing wordt wel over de gehele levensduur van het systeem tweemaal per jaar uitgevoerd.

Lozingsroutes en bijbehorende aandachtspunten

Er zijn meerdere manieren waarop het water dat vrijkomt tijdens het ontwikkelen en het onderhoud geloosd kan worden. Mogelijke lozingsroutes zijn op het riool, op het oppervlaktewater of het terugbrengen van het water in de bodem. Afhankelijk van de lozingsroute moet een lozingsvergunning worden aangevraagd of een melding worden gedaan.

Voor het riool is het bevoegd gezag de gemeente, maar de Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied behandelt de meldingen namens de gemeente. Voor het oppervlaktewater is het bevoegd gezag het waterschap. Als het water middels een spuifilter wordt teruggebracht in de bodem moet dit vastgelegd worden in de vergunning Waterwet die wordt aangevraagd bij de provincie.

Een belangrijk punt in de afweging is het zoutgehalte van het grondwater. Hierdoor is lozen op oppervlaktewater naar verwachting niet toegestaan voor het project. Daarnaast heeft de Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied een memo opgesteld voor de regio Amsterdam die ook wordt toegepast in de gemeente Haarlemmermeer. De regels zijn niet officieel vastgesteld voor de Haarlemmermeer, maar vormen wel de huidige werkwijze. De genoemde uitgangspunten zijn niet van toepassing bij het retourneren van grondwater in de bodem, hetgeen onder de Waterwet valt. Kort samengevat zijn de uitgangspunten in de memo:

- 1) Het zorgplichtartikel 2.1 lid 1 van het Besluit lozen buiten inrichtingen geldt. Hierbij dient elke bronneerder de best beschikbare technieken toe te passen met als doel om zo weinig mogelijk grondwater te moeten lozen op het rioolstelsel.
- 2) Er is een melding in het kader van het Besluit lozen buiten inrichtingen (Blbi) benodigd. Bij de melding is de volgende informatie vereist:
 - a. Ontwikkelen van de bronnen: Bij de melding dient een lozingsnotitie te zijn gevoegd waarin o.a. is aangegeven welke best beschikbare techniek wordt toegepast met als doel om zo weinig als mogelijk chloride houdend grondwater te moeten lozen op het rioolstelsel.
 - b. Onderhoud van de bronnen:
 - i. nieuwe installaties: in principe wordt lozing op het riool bij onderhoud niet meer toegestaan, houd hiermee rekening bij maken van het ontwerp;
 - ii. er moet worden nagegaan of een definitieve retouroptie in de bodem gerealiseerd kan worden, zodat bij het onderhoud helemaal niet geloosd hoeft te worden op het riool.
- 3) De best beschikbare technieken moeten worden toegepast,
- 4) Er moet zo weinig als mogelijk (chloridehoudend) grondwater op het riool geloosd worden.
- 5) Het debiet zal maximaal < 1,4 l/sec (5 m³/uur) bedragen.
- 6) Het debiet moet per seconde worden gemeten en per 15 minuten worden geregistreerd (het toepassen van een gecertificeerde debietmeter is verplicht).
- 7) Het te lozen grondwater dient door een daartoe gecertificeerd bedrijf te worden bemonsterd, na het doorlopen van de toe te passen bezinkinstallatie/zandvang en eventueel aanvullend filter.
- 8) Het grondwatermonster dient door een erkend laboratorium te worden geanalyseerd op minimaal de volgende parameters:
 - Chemisch zuurstofverbruik
 - Chloride
 - Ammonium
 - totaal fosfor
 - Sulfaat
 - onopgeloste bestanddelen

De bovenstaande verplichtingen (+ aanwijzing riool en toegestane termijn) zullen door de ODNZKG worden vastgelegd in een maatwerkvoorschrift op basis van het Besluit lozen buiten inrichtingen of Activiteitenbesluit. De doorlooptijd (proceduretijd) hiervoor is 8 weken.

2.3 Wet collectieve warmtevoorziening (Wcw)

De huidige Warmtewet, daterend uit 2013, is momenteel nog leidend voor de regulatie van warmte aan verbruikers via een warmtenet. Deze wet beschermt consumenten die aangesloten zijn op een warmtenet niet tegen de monopoliepositie van de warmteleveranciers.

Momenteel liggen er plannen voor een nieuwe Warmtewet, officieel de Wet collectieve warmtevoorziening en officieus de Warmtewet 2.0 genoemd. De Wet collectieve warmtevoorziening wordt begin 2023 aan de Tweede Kamer voorgebracht en moet de ontwikkeling van duurzame warmtesystemen gaan voorzien in een juridisch kader met daarin vier specifieke doelen:

- 1) De groei van collectieve warmtesystemen
- 2) Meer transparantie in de tariefstelling
- 3) Vereisten voor de leveringszekerheid voor warmte aanscherpen
- 4) Het zeker stellen van verduurzaming

De nieuwe Warmtewet zou consumenten beter moeten beschermen tegen overmatig hoge energietarieven. De prijs zal losgekoppeld worden van de olie en gasprijs en er zal een maximum tarief gaan gelden. Dit energietarief wordt door de Autoriteit Consument & Markt (ACM) vastgesteld en zal onder andere gebaseerd worden op de effectieve kosten die warmtebedrijven moeten maken in de uitvoering van hun taak, inclusief een redelijk rendement. Hierdoor wordt ook de leveringszekerheid van het systeem gewaarborgd. Het ACM krijgt tevens bevoegdheden om de rendementen van de energieleveranciers te onderzoeken en te corrigeren, indien het behaalde rendement hoger is dan door het ACM als redelijk is vastgesteld. Het is nog niet duidelijk welke tarieven gaan gelden, maar indien de doelstellingen worden behaald, zullen huishoudens niet onredelijke tarieven hoeven te betalen. Overigens geldt ook nu al dat niet alle warmtebedrijven die aangesloten zijn bij de ACM ook daadwerkelijk hun prijzen laten meestijgen met de stijging van de gasprijzen.

Voorlopig lijken naast de prijsafspraken de volgende veranderingen te worden doorgevoerd ten opzichte van de huidige Warmtewet, waarbij onder een publieke partij een gemeentelijk warmtebedrijf, een warmtebedrijf voor meerdere gemeenten of een volledig zelfstandig opererend warmtebedrijf (bijv. Eindhoven) wordt verstaan:

- 1) Publiek eigendom tenzij: commerciële warmtebedrijven mogen geen infrastructuur meer bezitten, behalve als de infrastructuur dient voor minder dan 1500 aansluitingen. Daarmee wordt concurrentie tussen de bedrijven vergemakkelijkt.
- 2) Een rechtspersoon voor zowel het netbeheer als de warmtelevering: hiermee wordt voorkomen dat bij wanprestaties de netbeheerder en warmteleverancier elkaar tot zondebok aanwijzen. De twee vormen één rechtspersoon.
- 3) Private partijen kunnen na inwerkingtreding alleen A) deelnemen aan een joint venture samen met een publieke partij, B) als dienstverlener optreden voor een publiek warmtebedrijf, waarbij het publieke bedrijf eindverantwoordelijk blijft, C) als warmteproducent optreden, waarbij een publieke partij de warmte afneemt en levert richting eindgebruiker of D) kleine warmtenetten volledig exploiteren (<1500 aansluitingen). Er is dus altijd een publieke partij vertegenwoordigd, behalve bij kleine warmtenetten.

2.4 Inleiding bodemenergieplannen en interferentiegebieden

Wanneer toekomstbestendige inzet van bodemenergie in het gedrang komt, kan het raadzaam zijn gebiedsspecifieke maatregelen te treffen door een gebied als interferentiegebied aan te wijzen en eventueel een bodemenergieplan op te stellen. Interferentiegebieden zijn gebieden waar extra richtlijnen juridisch verankerd zijn met betrekking tot het ontwerp en uitvoering van bodemenergiesystemen. Deze richtlijnen hebben met name tot doel de bodem efficiënt te benutten door interferentie te voorkomen/beperken bij grootschalige inzet van bodemenergie. Doordat rekening gehouden wordt met toekomstige systemen, draagt een interferentiegebied bij aan een "eerlijke" verdeling van de ondergrond over (toekomstige) partijen. Het beperken van risico's is een andere reden waarom een interferentiegebied kan worden ingezet. Individuele vergunningaanvragen kunnen namelijk niet worden gebruikt om te sturen op toekomstige cumulatieve effecten van een cluster bodemenergiesystemen. Dit kan wel middels een interferentiegebied, waardoor het cumulatieve hydrologische invloedsgebied en de verticale effecten worden gelimiteerd.

Zoals eerder opgebracht worden, met name in binnenstedelijk gebied, de kavels bij nieuwe ontwikkelingen vrijwel volledig volgebouwd. Dat betekent dat partijen, in geval de keuze op open bodemenergie valt, moeten uitwijken naar gemeentegrond. De gemeente kan in een bodemenergieplan aanvullende regels opstellen voor het verlenen van toestemming. Hierbij kan bijvoorbeeld op collectiviteit worden gestuurd, hetgeen resulteert in minder bronnen op gemeentegrond, een efficiëntere bodembenutting en de mogelijkheid voor een collectieve externe warmtebron zoals aquathermie.

3 Geohydrologie

3.1 Bodemopbouw

Voor een goede werking van een bodemenergiesysteem is de bodemopbouw van belang. Voor open bodemenergiesystemen zijn voldoende zandlagen benodigd waaruit grondwater onttrokken kan worden. Onder grondwater wordt al het water verstaan dat zich in de ondergrond bevindt. Meestal is dit water via neerslag of uit rivieren en meren geïnfiltreerd in de bodem. Het water is opgeslagen in watervoerende pakketten. Met watervoerend wordt bedoeld dat de laag water bevat en dat het water (enigszins) kan stromen. In Nederland worden de watervoerende pakketten gevormd door zandlagen die vaak zijn afgezet door rivieren en de zee. Doordat zandlagen poreus zijn, kan hier veel water in opgeslagen zijn.

In Nederland worden zandlagen vaak afgewisseld met kleilagen. Klei laat nauwelijks water door en vormt daarom een scheidende laag. Op deze manier zijn er in de ondergrond verschillende van elkaar afgesloten watervoerende pakketten gevormd. In de ondergrond in de Haarlemmermeer kunnen globaal 3 watervoerende pakketten worden aangewezen. Ter hoogte van Lincolnpark valt er echter geen onderscheid te maken tussen de eerste twee watervoerende pakketten, omdat er geen scheidende laag tussen de pakketten aanwezig is. Derhalve spreken we in het vervolg van dit document over WVP1/2 (tabel 3.1; figuur 3.1).

Een open bodemenergiesysteem moet dus in een watervoerend pakket worden aangelegd. Een gesloten bodemenergiesysteem kan zowel in klei- als in zandlagen worden aangelegd, maar het is van belang om te weten welk aandeel van de bodemopbouw uit klei bestaat, omdat klei een minder goede warmtegeleider is dan zand.

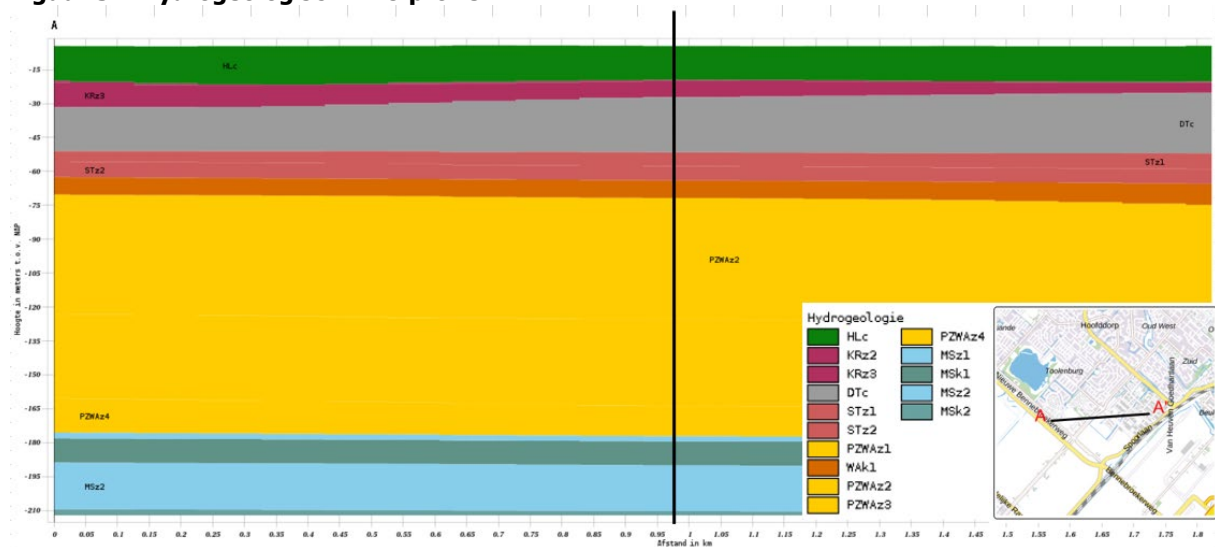
Op basis van de volgende gegevens is de bodemopbouw op de locatie bepaald:

- Grondwaterkaart van Nederland
- Het geohydrologisch bodemprofiel uit het Regionaal Geohydrologisch Informatiesysteem (REGIS)
- Boorbeschrijvingen van TNO-DINOloket
- Boorstaten van nabijgelegen projecten, waaronder het Cultuurgebouw Hoofddorp en de Joannes de Doper Parochie

Tabel 3.1 Geohydrologische schematisering

Diepte t.o.v. N.A.P. [in m] mv: 4,6 m -N.A.P.			Samenstelling	Geohydrologische eenheid	Doorlaatvermogen/ weerstand
-4,6	Tot	-10 à -15	Fijn zand en klei	Deklaag	50 – 200 d
-15 à -20	Tot	-60 a -65	Zand, matig fijn tot zeer grof afgewisseld met klei- en veenlagen	Watervoerend pakket 1/2	500 – 1.200 m ² /d
-60 a -65	Tot	-68 à -70	klei	Slecht doorlatende laag 1	250 d
-68 à -70	Tot	-170 à -180	Zand, matig fijn tot uiterst grof	Watervoerend pakket 3	2.000 – 5.000 m ² /d
Vanaf ca. 180			Fijn zand en kleilagen	Geohydrologische basis	

Figuur 3.1 Hydrogeologisch W-O profiel



De opbouw van de ondergrond in de bovenste 50 à 90 meter varieert sterk in de gemeente Haarlemmermeer. In overeenkomst met de conventie zoals door de provincie Noord-Holland gehanteerd, onderscheiden we drie watervoerende pakketten waardoor we tot de volgende schematische opbouw komen:

- **De Holocene deklaag**, vernoemd naar het tijdperk waarin het is afgezet, is ca. 15 meter dik. Deze laag omvat zowel zandige als kleiige en venige eenheden en heeft daardoor een sterk wisselende doorlatendheid. De weerstand van deze laag tegen grondwaterstroming is van groot belang voor het tegengaan van zoute kwel.
- **WVP1 en WVP2** (tussen ca. 15 en 60 meter t.o.v. N.A.P.) bestaan uit tal van zandige eenheden, onderbroken door verspreid voorkomende scheidende lagen. Het onderscheid tussen de twee watervoerende pakketten is in een zeer groot deel van de Haarlemmermeer niet te maken door het ontbreken van een eenduidige scheidende laag. Dit is ook het geval op de projectlocatie van Lincolnpark. Om deze reden spreken we in het vervolg van dit rapport over WVP1/2. Het feit dat WVP1/2 meerdere geologische formaties omvat, brengt enkele risico's met zich mee. De afwisselende geologie kan er namelijk voor zorgen dat het grondwater in deze pakketten van variërende kwaliteit is, hetgeen een verhoogde kans op bronverstoppingen geeft. Zo zijn sommige formaties kalkhoudend of bevatten ze plantenresten, terwijl andere juist kalkloos zijn of geen plantenresten bevatten.

Verder is een deel van de in WVP1/2 voorkomende formaties gekenmerkt door bijmenging van silt (kleinere korrels dan zand, maar groter dan klei), hetgeen ook bronverstopping in de hand kan werken. Naast de hierboven beschreven risico's met betrekking tot bronverstopping, kan het relatief veelvuldig voorkomen van kleilagen in WVP1/2 ervoor zorgen dat er in deze watervoerende pakketten geen lange filtertrajecten kunnen worden geplaatst. Hierdoor worden grote onttrekkingen uit en infiltraties in deze pakketten bemoeilijkt. Tevens zal grootschalige toepassing in deze pakketten leiden tot ongewenste risico's aan de oppervlakte. In veel gevallen zullen grote open systemen in dit pakket niet vergund worden.

- **De Waalre klei** (SDL1, tussen ca. 60 en 70 m – N.A.P.) Deze laag kan belangrijk zijn ter voorkoming van het mengen van grondwater van verschillende kwaliteiten tussen WVP1/2 en WVP3. Daarbij is de omvang van effecten in verticale richting sterk afhankelijk van de dikte van deze scheidende laag. Indien deze laag voldoende dikte heeft, zullen effecten van grootschalige bodemenergie richting het oppervlak nagenoeg nihil zijn.
- **WVP3** (tussen ca. 70 en 175 m – N.A.P.), te weten de Formatie van Peize-Waalre. Deze formatie is voor het grootste deel zandig. De kans op bronverstoppingen is in WVP3 lager dan in WVP1/2 door de homogener samenstelling. Dit pakket is zeer goed geschikt voor de grootschalige toepassing van open bodemenergiesystemen.

De hydrogeologische basis wordt gevormd door de Formatie van Maassluis. Deze formatie wordt over het algemeen gekenmerkt door een hogere weerstand vanwege het voorkomen van kleipakketten en een grotere bijmenging van silt in de zandige pakketten. Vanwege de sterk contrasterende samenstelling van dit pakket ten opzichte van de Formatie van Peize-Waalre, is het mengen van grondwater uit WVP3 en de geohydrologische basis af te raden.

3.2 Grondwaterstand, stijghoogte en grondwaterstroming

Op basis van de gegevens van TNO-DINOloket en de Grondwaterkaart van Nederland zijn de grondwaterstand, stijghoogte en grondwaterstroming in de verschillende pakketten onderzocht. In tabel 3.2 en 3.3 worden deze gegevens opgesomd. Bij de aanleg van bodemenergiesystemen in WVP3 dient rekening gehouden te worden met spanningswater, ook wel artesisch water genoemd. De stijghoogte kan afhankelijk van de locatie en het seizoen extra beïnvloeding ondervinden van reeds aangelegde bodemenergiesystemen.

Tabel 3.2 Gegevens natuurlijke grondwaterstanden en stijghoogten

	Gemiddelde grondwaterstand/stijghoogte		Fluctuatie	Bron
Freatisch	5,6 m -N.A.P.	1,0 m - mv	± 0,5 m	Grondwatertools, peilbuis B25C0449
WVP1/2	5,7 m -N.A.P.	1,1 m – mv	± 0,3 m	Grondwatertools, peilbuis B25C0371
WVP3	4,0 m -N.A.P.	0,6 m +mv	± 0,3 m	Grondwatertools, peilbuis B25C0340

Tabel 3.3 Gegevens grondwaterstroming en stromingsrichting

	Grondwaterstroming	Stromingsrichting
WVP1/2	<5 m/jaar	OZO tot WNW
WVP3	<5 m/jaar	WNW

3.3 Grondwaterkwaliteit

Grootschalige inzet van bodemenergiesystemen leidt tot menging van het grondwater in het desbetreffende watervoerende pakket. Menging van verschillende waterkwaliteiten kan leiden tot chemische reacties, welke kunnen leiden tot putverstopping. Wanneer water van dezelfde kwaliteit vermengd wordt, zijn de risico's beperkt. De keuze voor het derde watervoerende pakket voor het plaatsen van de bronnen is deels gebaseerd op het feit dat water in dit pakket homogeen zout en ijzerhoudend is (tabel 3.4).

Deze samenstelling biedt goede omstandigheden om van dit pakket gebruik te maken voor de inzet van bodemenergiesystemen. Vermenging met watervoerende pakketten 1 en 2 kan leiden tot putverstopping, onder andere door sulfaatreductie. Door water met verschillende redox toestanden met elkaar te mengen kan sulfaat (SO_4^{2-}) omgezet worden in waterstofsulfide (H_2S), wat vervolgens neerslaat in de vorm van ijzersulfide (FeS). Er zullen geen risico's met betrekking tot de grondkwaliteit optreden bij grootschalig gebruik van bodemenergie in watervoerend pakket 3. Daarnaast is het gehele derde watervoerende pakket zout. Er is dus geen risico op vermenging van zout met zoet of brak grondwater, hetgeen wettelijk niet toegestaan is.

Tabel 3.4 Grondwaterkwaliteitsparameters

Parameter	Waarde
Zoet/brakgrens (chloridegehalte 150 mg/l)	10 m –N.A.P.
Brak/zoutgrens (chloridegehalte 1000 mg/l)	30 – 40 m –N.A.P.
Redoxgrens	Deklaag
Chloridegehalte WVP3	Ca. 5.000 mg/l
Ijzerconcentratie WVP3	Ca. 4,4 mg/l

4 Geohydrologische risico's en geschiktheid bodem

4.1 Meest geschikte bodemlagen voor open bodemenergiesystemen

Voor de aanleg van een open BES moet een keuze gemaakt worden uit de beschikbare watervoerende pakketten. De juridische en technische haalbaarheid van de watervoerende pakketten spelen hierbij een rol. Vanuit tabel 3.1 is onderscheid gemaakt in 3 verschillende pakketten.

Watervoerend pakket 1/2 van globaal 15 à 20 m tot 60 à 65 m –N.A.P.

Het watervoerende pakket 1/2 bestaat uit matig fijn tot zeer grof zand. Het pakket bestaat uit meerdere formaties, met verschillende afzettingssmilieus. Hierdoor kan de grondwaterkwaliteit per laag verschillen. Het mengen van verschillende waterkwaliteiten kan tot verstoppingen leiden, waardoor WVP 2 minder geschikt is om de bronnen in te plaatsen.

Watervoerend pakket 3 van globaal 68 à 70 m tot 170 à 180 m –N.A.P.

Bodem

Watervoerend pakket 3 bestaat uit matig grof tot uiterst grof zand. In het pakket worden weinig kleilagen verwacht. Het pakket is relatief dik, wat gunstig is voor de realisatie van open bodemenergiesystemen met een hoger debiet. Tevens bestaat WVP3 uit een formatie, namelijk Formatie van Peize en Waalre, waardoor de kans op het verstoppingen van de bron wordt verkleind.

Waterstroming en kwaliteit

De grondwaterstroming in dit pakket is richting het westnoordwesten. De grondwaterstroomsnelheid is minder dan 5 m per jaar. Deze lage grondwaterstroming zal ervoor zorgen dat de bellen weinig naar het westnoordwesten zullen afdrijven.

De grens tussen zoet/brak grondwater ligt in de deklaag en de grens tussen brak/zout grondwater ligt onderin WVP1. Door de afstand tussen de grens en een mogelijke filterstelling in WVP3 zal er geen zoet of brak grondwater aangetrokken worden.

Concluderend is WVP3 het meest geschikt voor het plaatsen van open bodemenergiesystemen op de projectlocatie.

4.2 Geschiktheid van de bodem voor gesloten bodemenergiesystemen

Watervoerend pakket 1/2 van globaal 15 à 20 m tot 60 à 65 m –N.A.P.

WVP1/2 bestaat voornamelijk zeer fijn tot matig grof zand. Echter, dit pakket bevat ook gestuwde afzettingen, waarin vanaf ca. 29 m -mv lokaal verschillende kleilagen aanwezig kunnen zijn. Met name tussen 29 – 32 en 40 – 43 m -mv zijn deze kleilagen aanwezig. Vanaf ca. 50 m -mv is het zand voornamelijk grof tot middel grof, met weinig klei.

Scheidende laag 1 van globaal 60 à 65 m tot -68 à -70 m –N.A.P.

Deze kleilaag is ca. 7-10 m dik en onderdeel behoort tot de Formatie van Waalre.

Watervoerend pakket 3 van globaal 68 à 70 m tot 170 à 180 m –N.A.P.

Dit pakket bestaat voornamelijk uit grof tot uiterst grof zand. In het pakket worden weinig kleilagen verwacht, hetgeen gunstig is voor zowel OBES als GBES.

De grondwaterstroming is richting het westnoordwesten. De grondwaterstroomsnelheid is minder dan 5 m per jaar. Deze lage grondwaterstroming zal ervoor zorgen dat de thermische bellen weinig zullen afdrijven, hetgeen gunstig is voor het thermische rendement van open systemen. Voor gesloten systemen heeft het echter tot gevolg dat er geleidelijk een steeds groter koudeoverschot zal ontstaan in de bodem. Er zal voldoende afstand tussen individuele GBES-lussen aangehouden moeten worden om deze gevolgen te beperken.

4.3 Risicoanalyse

De aanleg van BES in de Haarlemmermeer brengt verschillende risico's met zich mee. De verschillende mogelijke risico's voor de aanleg van verschillende open en gesloten bodemenergiesystemen in Lincolnpark worden hieronder nader beschreven en toegelicht. Aangezien WVP3 het meest geschikte pakket is voor de realisatie van open bodemenergiesystemen, zijn de aan OBES gelieerde risico's gebaseerd op WVP3. Gesloten systemen worden door alle tussenliggende lagen heen aangelegd. In tabel 4.1 worden de bevindingen samengevat.

Tabel 4.1 Samenvatting van de mogelijke risico's voor de aanleg van bodemenergiesystemen op de projectlocatie

	Risico's	Kwaliteit informatie	Kans van optreden	Gevolg	Risico (kans maal gevolg)	Beheersmaatregel
1	Vermengen van zoet, brak en zout grondwater	Goed	Klein in WVP3	Aantasting zoetwatervoorraad	Laag	Open systemen alleen in WVP3
2 A	De aanwezigheid van artesisch water en het ontstaan van een wel tijdens het boorproces	Goed	Gering risico in WVP1/2, stijghoogte net onder maaiveld. Gematigd risico in WVP3. Verhoogd opstellen is noodzakelijk maar er is geen grote overdruk.	Kans op het creëren van een wel die zeer moeilijk te stoppen is. Mogelijk ernstige gevolgen.	Aan te merken als hoog risico vanwege de ernstige gevolgen	Boren met voldoende overdruk (verhoogd opstellen/ boorspoeling gebruiken), boren met een casing en deze in het boorgat achterlaten en het boorgat op de juiste manier afdichten.
2 B	Het ontstaan van wellen door hydrologische effecten van OBES	Goed	Klein. Op de projectlocatie is de scheidende laag tussen WVP3 en maaiveld dik waardoor hydrologische effecten sterk gedempt worden.	Verzilting	Matig	Open systemen in WVP3, ordening van systemen
3	Het optreden van putverstopping (redox, gas, deeltjes)	Matig	Bij plaatsing van systemen in WVP3 is de kans klein	Bronverstopping	Laag	Open systemen in WVP3. Chemische analyses bij aanleg.
4	Grondwaterstroming	Goed	Aanwezig voor GBES	Kans op een koudeoverschot bij GBES.	Laag	Eventuele regeneratie van GBES, wat mogelijk is door de lage grondwaterstroming
5	Het aantrekken van verontreiniging	Redelijk	Klein, de gegevens laten geen verontreinigingen in het 3 ^e watervoerende pakket zien.	Verplaatsen van verontreiniging/ aantasting bronbuis	Laag	Saneren van verontreinigingen, gebuisd boren, lagere debieten
6	Verergeren kwelproblematiek	Goed	Zeer klein, doordat OBES in WVP3 worden afgesteld en afwisselend infiltreren en onttrekken op een bron, is het totale effect zeer klein.	Verzilting	Laag	Open systemen in WVP3

Legenda:

Klein risico	Aandachtspunt/matig risico	Groot risico
--------------	----------------------------	--------------

4.3.1 Risico op het vermengen van zoet, brak en zout grondwater

Het mengen van zoet, brak en zout grondwater is onwenselijk, omdat het een netto verplaatsing van zout naar ondiepere lagen tot gevolg heeft. Dit is dan ook niet toegestaan vanuit de provincie Noord-Holland (het bevoegd gezag). Tevens zal vermenging leiden tot een afname in de zoetwatervoorraad, hetgeen gevolgen heeft voor de landbouw en natuur. Voor de Waterwet ligt de grens tussen zoet en brak water op een chloridegehalte van 150 mg/l en de grens tussen brak en zout water op 1000 mg/l. Gesloten bodemenergiesystemen kunnen geen vermenging van grondwater tot gevolg hebben indien deze goed zijn afgedicht. Open bodemenergiesystemen verpompen grondwater en kunnen daarom een menging van grondwater met verschillende zoutgehalten tot gevolg hebben.

Omdat de grenzen tussen brak/zout en brak/zoet beide in WVP1/2 dan wel in de deklaag liggen, is de kans op vermenging van grondwater met verschillende zoutgehalten klein wanneer open bodemenergie wordt toegepast in WVP3. Deze kans is juist zeer groot wanneer open bodemenergiesystemen worden toegepast in WVP1/2. Wellen zorgen voor een grote lokale variatie in chloridegehalten die niet kan worden weergegeven met het beperkte aantal grondwateranalyses dat beschikbaar is in de gemeente Haarlemmermeer. Deze onzekerheid over de exacte diepteligging van de zoet/brak en brak/zout grens draagt bij aan het risico voor WVP1/2.

In deze paragraaf beschouwen we daarom alleen de grootschalige inzet van OBES in WVP3. Bij grootschalige inzet van open bodemenergie kan de stijghoogteverandering door cumulatieve effecten behoorlijk toenemen. In dat geval zal vermenging van verschillende grondwaterkwaliteiten eerder optreden dan wanneer open bodemenergiesystemen een grote onderlinge afstand hebben.

4.3.2 Risico op het ontstaan van wellen

Artesisch water en het ontstaan van wellen

Artesisch water is grondwater in een watervoerend pakket dat onder druk staat. Door deze overdruk zijn er extra risico's op het ontstaan van wellen bij de aanleg en tijdens de levensduur van bodemenergiesystemen.

Het ontstaan van wellen door hydrologische effecten van OBES

Ten eerste kunnen wellen ontstaan doordat infiltrerende OBES de druk in het pakket dusdanig verhogen dat de van nature aanwezige kleilagen 'barsten'. De kans hierop wordt voor Lincolnpark klein geacht, met name doordat de dikke kleilaag tussen WVP3 en WVP1/2 (7 à 10 meter) de schommelingen nabij maaiveld sterk dempt. Daarnaast heeft de kleilaag aan maaiveld slechts een geringe dikte, waardoor deze naar verwachting reeds door de aanwezige kanalen en sloten is doorsneden.

Het ontstaan van wellen tijdens het boorproces

Ten tweede kunnen, vanwege artesisch water, wellen ontstaan tijdens de aanleg van zowel open als gesloten bodemenergiesystemen. In het 3^e watervoerende pakket is de kans op artesisch water hoog, maar is de overdruk niet extreem (tabel 3.2). In WVP1/2 is de kans op artesisch water laag tot gemiddeld (tabel 3.2). In de risicoanalyse dient verder rekening gehouden te worden met bestaande OBES of andere infiltrerende systemen nabij het project. Bij infiltratie wordt de stijghoogte (druk) in het 3^e watervoerende pakket ter hoogte van de bron namelijk met ongeveer 1 à 2 m verhoogd.

Om het risico op wellen ten gevolge van artesisch water te verkleinen kunnen tijdens de aanleg van het systeem verschillende maatregelen genomen worden: boren met voldoende overdruk (verhoogd opstellen/ boorspoeling gebruiken), boren met een casing en deze in het boorgat achterlaten en het boorgat op de juiste manier afdichten. Een boorbedrijf is volgens de BRL 11000 verplicht in een vooronderzoek uit te zoeken of er een risico is op artesisch water, en indien dit het geval is, de juiste maatregelen te nemen. In een bodemenergieplan kunnen eventueel aanvullende eisen worden gesteld om de kans op het ontstaan van een artesische wel verder te verkleinen. Het meest voor de hand liggend is om verplicht te stellen om de boorwagen verhoogd op te stellen (beperkt het risico tijdens de aanleg) en om een casing achter te laten in het boorgat (beperkt het risico zowel tijdens de aanleg als tijdens de levensduur van het systeem). Veel boringen voor GBES worden tegenwoordig met grout (een soort cement) opgevuld. Desondanks blijft een casing voordeel bieden, omdat een wel ook kan ontstaan langs het contactoppervlak tussen grout en de bodem.

Bij GBES is het aantal doorboringen van de scheidende lagen een aandachtspunt. Bij een diepterestrictie tot de basis van WVP1/2 (60 m – mv) wordt het risico enerzijds beperkt: de artesische druk is het hoogst in WVP3 en de scheidende laag tussen WVP1/2 en WVP3 wordt in dit scenario niet doorboord. Anderzijds is het aantal doorboringen van de deklaag wel significant hoger, er zijn namelijk circa 3700 boringen nodig, versus circa 1100 indien geen diepterestrictie wordt toegepast (H 6.4 van het hoofddocument).

4.3.3 Risico op bronverstoppingen

Bronverstopping heeft betrekking op open bodemenergiesystemen. Dit proces kan de rendabiliteit van een open bodemenergiesysteem sterk verminderen en leidt in een deel van de gevallen tot een onbruikbaar systeem. Bronverstopping komt vaak voort uit (bio)chemische reacties die optreden bij vermenging van grondwater van verschillende kwaliteiten, hetgeen kan leiden tot het neerslaan van verschillende stoffen welke direct in de bron kunnen komen en deze daardoor kan verstoppen. Een andere oorzaak, bekend als mechanische verstopping, is het aantrekken en infiltreren van kleine gronddeeltjes (silt) tijdens onttrekking. Een juist ontwerp en aanleg in combinatie met jaarlijks onderhoud van de bronnen waarbij deze worden schoongespoeld, voorkomen gedeeltelijk verstopping door silt.

Het risico op bronverstopping van OBES is met name een aandachtspunt voor de investeerders, ontwerp- en boorpartijen. In dit rapport wordt alleen het 3^e watervoerende pakket aangewezen voor OBES. In dit pakket is het risico op bronverstopping gering.

4.3.4 Grondwaterstroming

Een hoge grondwaterstroomsnelheid kan tot gevolg hebben dat de in de bodem opgeslagen koude en warme bel van een bodemenergiesysteem afdrijven. Dit kan voornamelijk bij OBES het rendement verminderen. Bij GBES is het afhankelijk van de balans in hoeverre de stroming gunstig is. Indien de gesloten systemen voornamelijk gebruikt worden om te verwarmen, zal de bodem afkoelen. Grondwaterstroming zorgt ervoor dat de bodem minder lage temperaturen bereikt en dat is gunstig voor het rendement. Indien de GBES wel in balans zijn, geldt hetzelfde als voor OBES en zal de stroming resulteren in een afname in rendement. Stroming vergroot tevens de kans op interferentie met stroomafwaarts gelegen systemen of met de tegengestelde bron.

Stroomsnelheden kleiner dan 20 meter per jaar (m/a) zijn over het algemeen niet problematisch met betrekking tot het verlies in rendement. Stroomsnelheden tussen de 20 en 40 meter per jaar veroorzaken een significante verplaatsing van koude en warme bellen. De negatieve effecten hiervan kunnen worden verminderd door systemen in een strokenpatroon te plaatsen, waardoor warme bellen alleen met warme bellen interfereren en koude bellen alleen met koude bellen. Bij stroomsnelheden groter dan circa 40 m/a wordt het moeilijker om een systeem rendabel te laten draaien.

De stroomsnelheden op de projectlocatie zijn in elk watervoerende pakket minder dan 5 m/jaar en zal dus geen belemmering vormen de aanleg van een OBES. De lage grondwaterstroomsnelheid kan wel als gevolg hebben dat er bij meerdere GBES een koudeoverschot ontstaat. Hier moet rekening mee gehouden worden in het ontwerp door voldoende afstand tussen de verschillende systemen te houden.

4.3.5 Risico's met betrekking tot nieuwe verontreinigingen of het verspreiden van bestaande verontreinigingen

Het rondpompen van grondwater door een OBES kan tot gevolg hebben dat verontreinigingen versneld verspreid worden. De grondwaterverontreinigingen in Hoofddorp zijn opgevraagd bij de gemeente. Deze verontreinigingen bevinden zich allemaal in de deklaag en zijn niet aanwezig op de projectlocatie. De kans dat deze verontreinigingen aangetrokken en verspreid worden door OBES op de projectlocatie is dus nihil. Bij gesloten bodemenergiesystemen is het gebruik van glycol toegestaan om bevriezing van het systeem te voorkomen. In de praktijk wordt glycol in ongeveer de helft van de lussen toegepast. De kans dat een lekkage optreedt wordt ingeschat op 1 op 1400 lussen of minder. Indien geheel Lincolnpark middels GBES van energie wordt voorzien betekent dit dat er statistisch gezien slechts maximaal 1 lek optreedt.

Daarnaast is een lekkage van glycol vanuit een GBES niet ernstig van aard: glycol breekt snel af in de bodem, heeft een lage mobiliteit (en verspreidt zich dus niet ver vanaf de lus) en het lek wordt vanwege drukafname snel gedetecteerd waarna de lus kan worden leeggepompt en uit gebruik wordt genomen.

4.3.6 Risico op vergroting van het probleem van zoute kwel

Kwel is het omhoog stromen van grondwater naar maaiveld of naar sloten of tussen watervoerende pakketten. Met name zoute en brakke kwel zijn een probleem in de Haarlemmermeerpolder door de negatieve effecten op natuur en akkerbouw. Kwel is een proces waarbij grondwater door druk (positieve stijghoogte van WVP1/2 ten opzichte van de stijghoogte van het freatische pakket) via zandige lagen in de deklaag naar het oppervlak stroomt. De hoeveelheid kwel is afhankelijk van het verschil in stijghoogte tussen WVP1/2 en het freatisch pakket en de weerstand van de deklaag. De hoeveelheid kwel is hoog wanneer de deklaag voornamelijk uit zand bestaat, hetgeen met name voorkomt op plekken waar rivieren in het verleden de klei- en veenpakketten hebben doorsneden.

Gesloten bodemenergiesystemen (GBES) hebben geen invloed op kwel, omdat er geen water in en uit de bodemlagen wordt gepompt. Daardoor wordt de kwelstroom niet beïnvloed.

Open bodemenergiesystemen (OBES) hebben wel invloed op kwel. Hoewel de gevolgen van een toename in zoute kwel ernstig zijn in de gemeente Haarlemmermeer is het risico op een toename van het huidige probleem als gevolg van de inzet van OBES gering. Vanwege de relatief dikke scheidende laag, van ca. 7 – 10 m dik (SLD1), tussen de OBES en maaiveld, is er nabij maaiveld slechts een gering hydrologisch effect.

4.3.7 Risico op het ontstaan van wellen tijdens het boorproces

Zowel bij boringen voor GBES als voor OBES dient voldoende overdruk te worden aangehouden in het boorgat om het ontstaan van wellen tijdens het boorproces te voorkomen. Dit kan worden gerealiseerd door verhoogd op te stellen. Daarnaast kan de kans op opbarsting van de deklaag verder worden verkleind door met een casing te boren en deze in het boorgat achter te laten.

Wellen kunnen ook ontstaan door het onjuist afdichten van de natuurlijk scheidende lagen in het boorgat. De kans hierop is klein, omdat boorgaten voor gesloten bodemenergiesystemen veelal volledig met grout (een soort cement) worden afdicht. Voor zowel open als gesloten bodemenergiesystemen wordt de afdichting van scheidende lagen geborgd in protocol 2101 "mechanisch boren".

Er is een risico tijdens het gebruik van een open bodemenergiesysteem: indien het systeem de stijghoogte onder een dunne kleilaag overmatig verhoogt, kan deze kleilaag barsten waardoor een wel ontstaat. Echter, het cumulatief gegenereerde drukverschil zal in dit gebied relatief laag zijn.

Daarnaast is de kleilaag op de projectlocatie relatief dik, met tussen de 7 en 10 meter klei. Hierdoor kan ervan uitgegaan worden dat bestaande wellen voortkomen uit piekgrondwaterstanden, veroorzaakt door van nature aanwezige schommelingen in de grondwaterstand/stijghoogte in het verleden. Een nieuwe wel kan alleen ontstaan wanneer de nieuwe grondwaterstand hoger is dan de pieken die in het verleden zijn voorgekomen. Omdat de schommeling in grondwaterstand door OBES zeer klein is ten opzichte van de natuurlijke schommeling, kan dit alleen geschieden wanneer een piek door OBES-infiltratie precies samenvalt met een piek in de natuurlijke grondwaterstand en dan nog is het waarschijnlijk dat opbarsting ook al zonder de extra druk van enkele cm stijghoogte was geschied. Hieruit kan worden geconcludeerd dat er tijdens het gebruik van de OBES geen significante verhoging van het risico op wellen richting maaiveld is.

Kortom, de kans op wellen door de inzet van bodemenergie is gering voor de projectlocatie Lincolnpark.

4.3.8 Overige risico's

Op de projectlocatie is er geen sprake van een risico op versnelling van veenoxidatie. Ter hoogte van Hoofddorp is de dikte van het veenpakket nabij maaiveld nul of zeer gering (tabel 3.1). Tot slot worden de effecten op bodemleven en biodiversiteit klein geschat, omdat de aanleg van bodemenergiesystemen vooral plaatsvindt in stedelijke en industriegebieden. De effecten op de biodiversiteit hangen echter wel af van de periode waarin de werkzaamheden uitgevoerd zullen worden.

5 Omgevingsbelangen

5.1 Overige bodemenergiesystemen en onttrekkingen

Overige bodemenergiesystemen kunnen negatieve interferentie hebben met beoogde bodemenergiesystemen op de projectlocatie en vice versa. Binnen een straal van circa 2 km van de projectlocatie staan meerdere open en gesloten bodemenergiesystemen geregistreerd. De betreffende open en gesloten bodemenergiesystemen worden vermeld in tabel 5.1 en 5.2 en weergegeven in figuur 5.1. Met de systemen die dichtbij de projectlocatie liggen moet rekening worden gehouden in het ontwerp en de vergunningaanvraag.

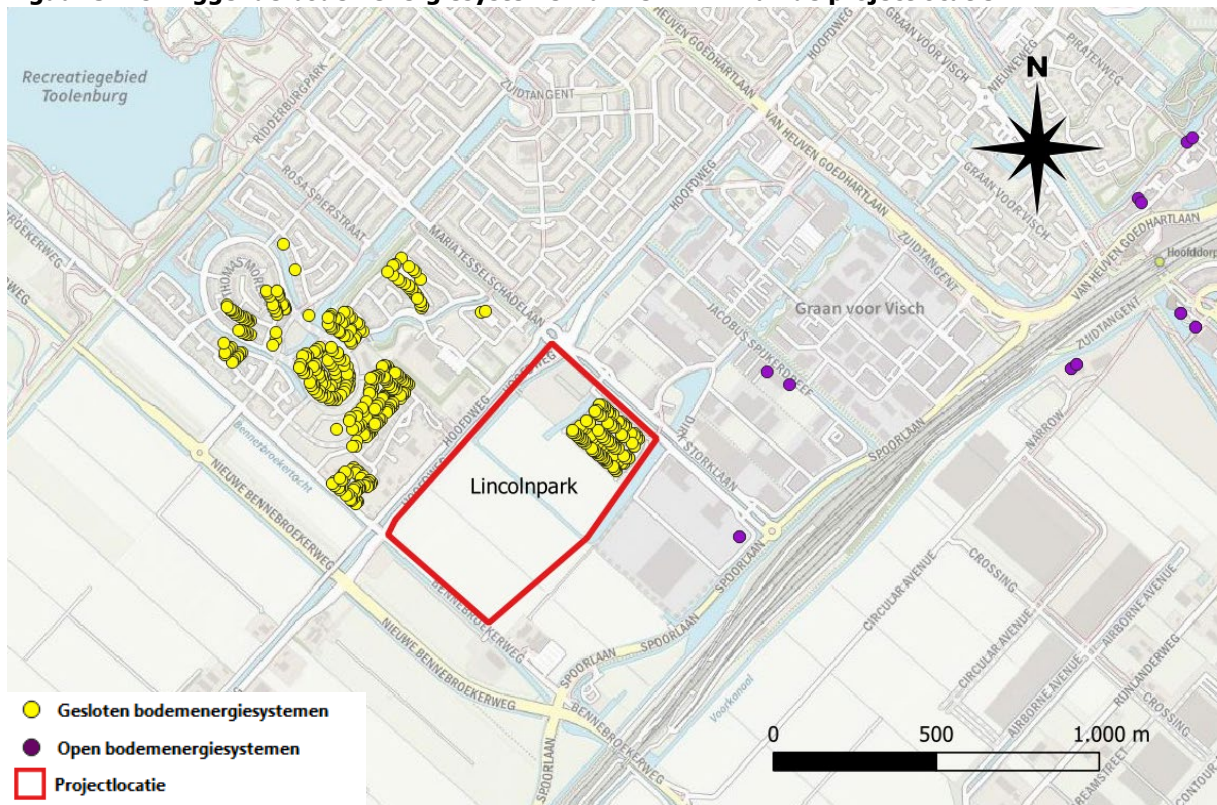
Tabel 5.1 Gegevens open bodemenergiesystemen

X	Y	Naam	Debiet [m ³ /h]	Waterhoeveelheid [m ³ /j]	WVP	Afstand [m]
106.734	477.688	OBES Hotel De President Jacobus Ahrendlaan 5 Hoofddorp (Monobron)	60	268.400	3	389
106.886	478.156	BES Jacobus Spijkerdreef 198 Hoofddorp (Recirculatie, injectie)	10	50.000	3	395
106.818	478.195	BES Jacobus Spijkerdreef 198 Hoofddorp ((Recirculatie, onttrekking)	10	50.000	3	440
107.750	478.206	OBES Intercity Hotel Spark Avenue Hoofddorp (Monobron)	85	242.000	3	1.290
107.768	478.219	OBES Intercity Hotel Spark Avenue Hoofddorp (Monobron)	85	242.000	3	1.298
107.955	478.726	OBES Hyde Park Beukenhorst-West Hoofddorp (Doublet 1, warm)	1.620	6.400.000	3	1.617
107.968	478.713	OBES Hyde Park Beukenhorst-West Hoofddorp (Doublet 2, warm)	1.620	6.400.000	3	1.625
108.087	478.373	BES Hoofdkantoor Irdeto Taurusavenue 105 Hoofddorp (Monobron)	100	230.000	3	1.666
108.133	478.333	BES Hoofdkantoor Irdeto Taurusavenue 105 Hoofddorp (monobron)	100	230.000	3	1.696
108.241	478.142	BES TNT Green Office Taurusavenue 111 Hoofddorp (doublet, koud)	110	300.000	3	1.775
108.316	478.198	BES TNT Green Office Taurusavenue 111 Hoofddorp (doublet, warm)	110	300.000	3	1.845
108.108	478.898	OBES Hyde Park Beukenhorst-West Hoofddorp (doublet 1, koud)	1.620	6.400.000	3	1.869
108.122	478.914	OBES Hyde Park Beukenhorst-West Hoofddorp (doublet 2, koud)	1.620	6.400.000	3	1.898

Tabel 5.2 Gegevens gesloten bodemenergiesystemen (Mozard 8606612)

X	Y	Naam	Energie-rendement [SPF]	Warmte-vraag [MWh]	Koude-vraag [MWh]	Bodemzijdig vermogen [kW]	Eind-diepte [m]	Afstand [m]
106.361	478.044	Dreesstr.2-44 Zijlstr.1-43, Hoofddorp (22 systemen)	4	5-6	2	4	110-125	Binnen projectlocatie
106.349	477.967	Jongstr.50-80, Biesh.str. 1-31, Hoofddorp (16 systemen)	4	5-6	2	4	110-126	Binnen projectlocatie
106.338	478.006	Piet de Jongstraat 2-71 Hoofddorp, mozard 8606612 (8 systemen)	4	17	8	12	138	Binnen projectlocatie
106.321	478.050	Zijlstr.2-24, Jongstr.1-23, Hoofddorp (12 systemen)	4	5-6	2	4	110-125	Binnen projectlocatie
106.313	477.969	Biesh.str. 2-50, Uijlstr. 1-49, Hoofddorp (25 systemen)	4	5-6	2	4	110-125	Binnen projectlocatie
106.284	477.957	J. den Uijlstr. 2-54, Hoofddorp (27 systemen)	4	4-5	1-2	2-3	110-125	Binnen projectlocatie
105.544	477.844	Tudor Garden (42 systemen)	5	7-9	3-4	5-6	110-127	ca. 130

Figuur 5.1 Omliggende bodemenergiesystemen binnen 2 km van de projectlocatie



5.2 Overige omgevingsbelangen

Op basis van de provinciale kaarten en informatie opgevraagd bij de gemeente en omgevingsdienst blijkt dat er enkele gebieden met richtlijnen binnen een straal van 2 km van de projectlocatie aanwezig zijn (tabel 5.1). Hierbij zijn de onderstaande gebieden inbegrepen. Onder de tabel zijn tevens figuren opgenomen die de gebieden met richtlijnen laten zien.

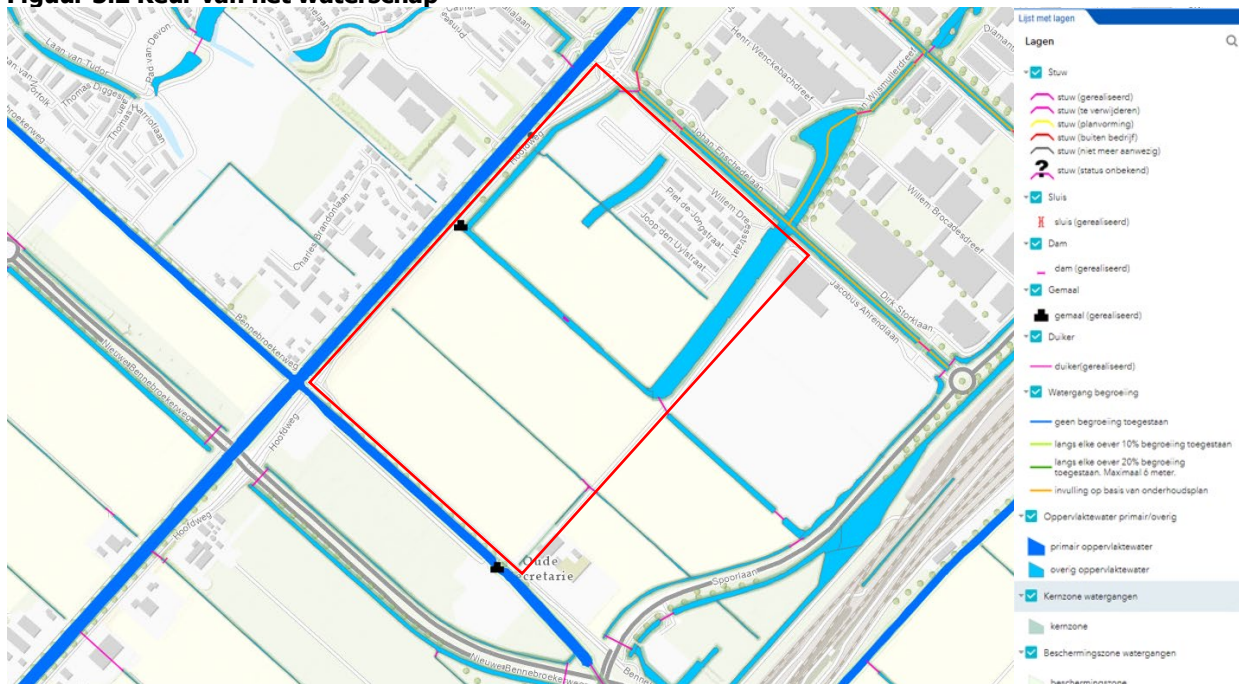
Tabel 5.1 Gebieden met richtlijnen

	Mogelijke belangen	Opmerking, attentiepunt:
1	Keur van het waterschap	De locatie ligt in een kwetsbaar kwelgebied en nabij primair oppervlaktewater. Conform de uitvoeringsregels (15.1) op grond van de Keur moet er aan een zorgplicht worden voldaan.
2	Grondwaterbeschermingsgebieden en waterwingebieden	Liggen niet binnen 1 km van de projectlocatie
3	PMV – Aardkundige waarden en specifiek provinciaal beleid	Er ligt geen aardkundige waarde op de projectlocatie
4	Archeologische waarden	In het bestemmingsplan "Hoofddorp Lincolnpark Tweede Fase" van 28-09-2021 heeft de projectlocatie geen archeologische waarde toegekend gekregen. Dit betekent dat er geen omgevingsvergunning benodigd is voor projecten in dit gebied.
5	Natuurbelangen en landbouwgebieden	Liggen niet binnen 1 km van de projectlocatie
6	Interferentiegebied/ Masterplan	Binnen een straal van 120 meter bevinden zich meerdere gesloten BES en binnen een straal van 750 meter zijn er ook meerder open BES aanwezig (figuur 5.2). Hier dient rekening mee gehouden te worden in het ontwerp.
7	Zettingsgevoelige objecten	De meeste gebouwen rondom de projectlocatie zijn aangelegd in de jaren 75 en later (figuur 5.3). Op ca. 150 m ten noordwesten van de locatie bevindt zich een gebouw dat gebouwd is tussen 1930 en 1945. Ook verder van de projectlocatie, op ca. 500 meter, bevinden zich enkele gebouwen gedateerd uit 1900-1945. Bij deze oudere gebouwen is het van belang om in het ontwerp rekening te houden met zettingen die kunnen ontstaan door het infiltreren en onttrekken van grondwater, zodat eventuele schade door zettingen voorkomen wordt. Ditzelfde geldt voor het spoorwegtalud dat zich op ca. 500 m ten oosten van de oostelijke rand van de projectlocatie bevindt.

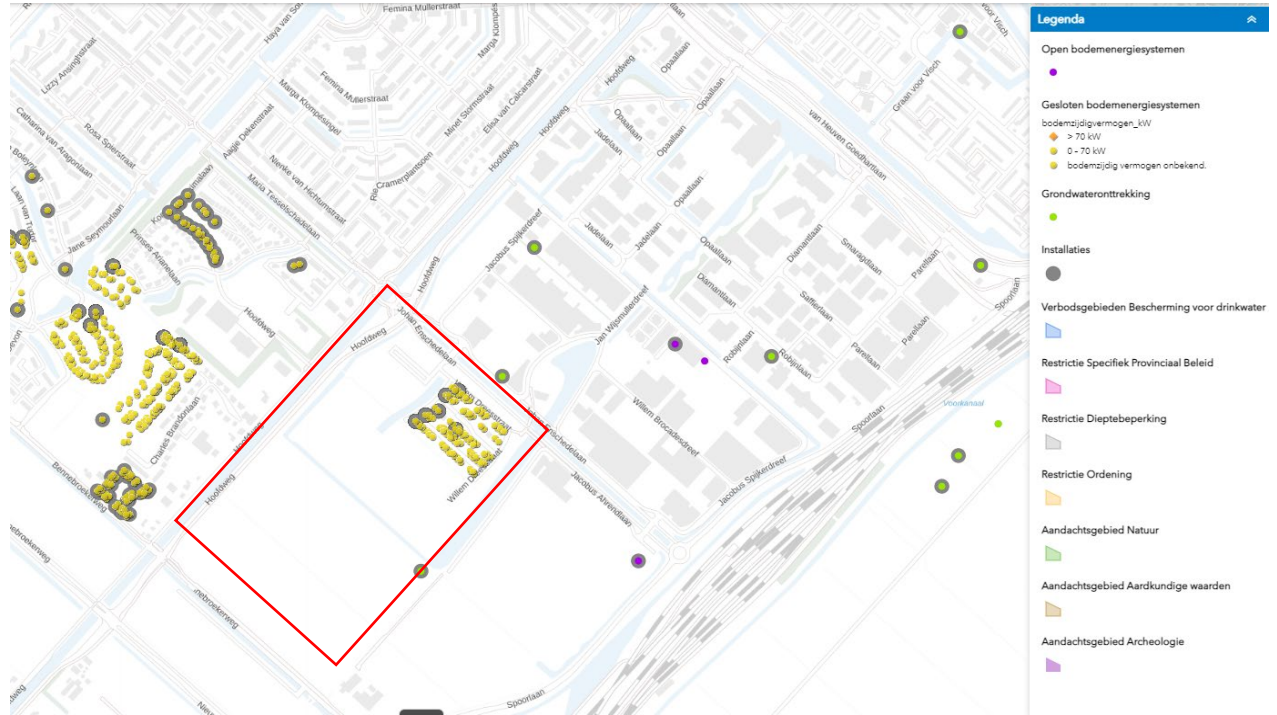
Legenda:

Geen beperkingen	Aandachtspunt	Verboden bodemenergiesysteem te realiseren.
-------------------------	----------------------	--

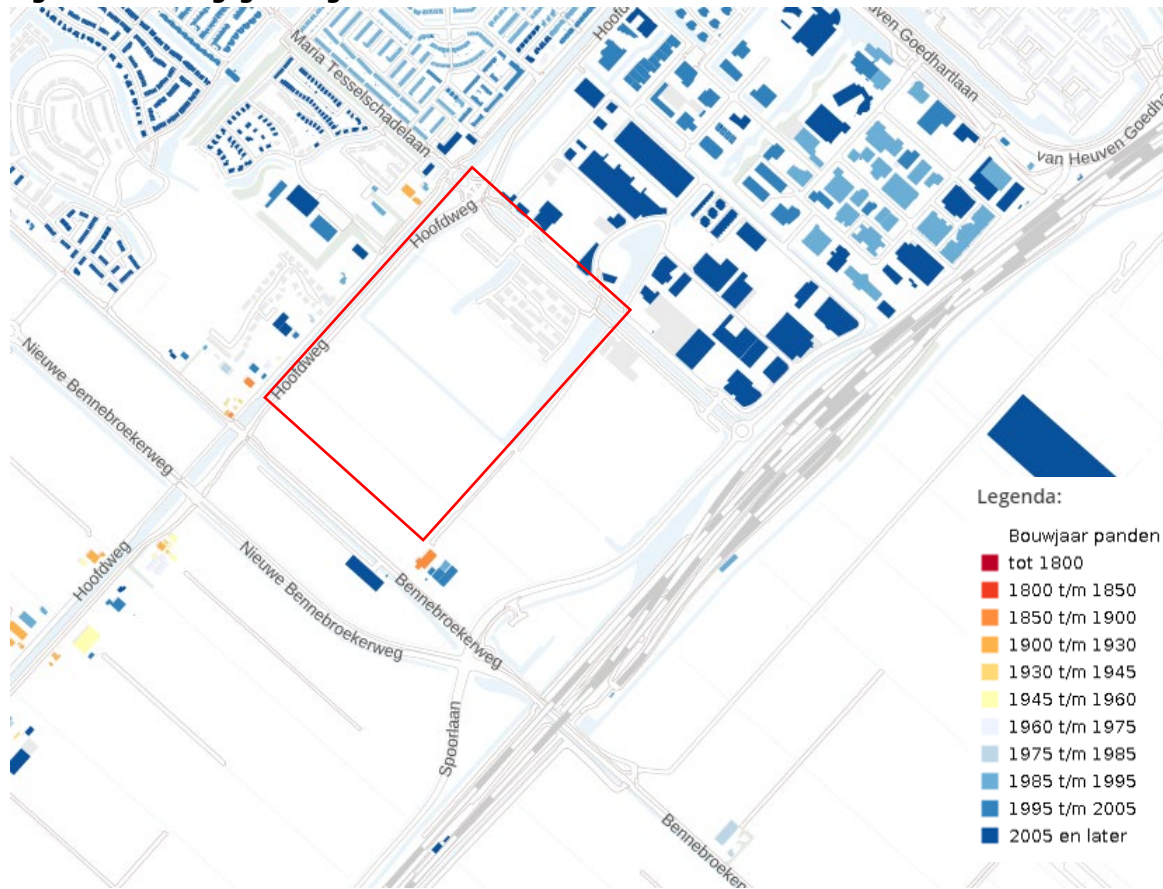
Figuur 5.2 Keur van het waterschap



Figuur 5.3 Interferentiegebied



Figuur 5.4 Zettingsgevoeligheid



6 Relatie tussen energievraag en aanbod

6.1 Kansen en aandachtspunten voor regeneratie van OBES

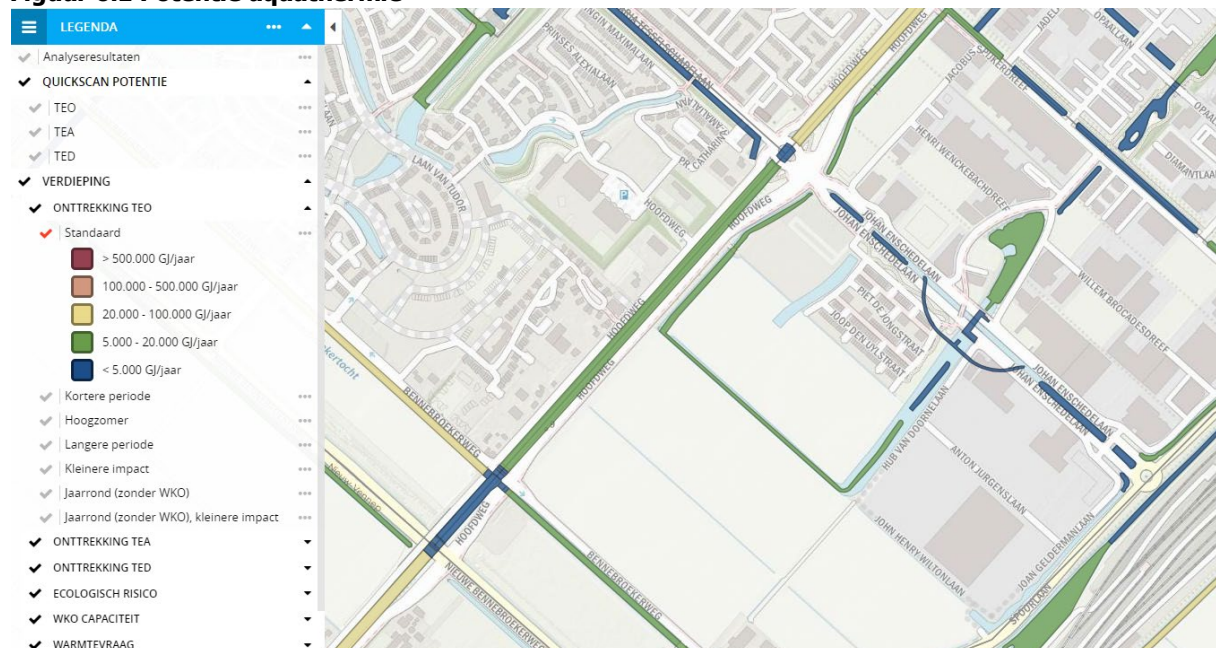
In het ideale scenario wordt er in de winter, met tussenkomst van een warmtepomp, gebruik gemaakt van warm water dat in de zomer is vrijgekomen bij het koelen van gebouwen. In de zomer wordt juist weer gekoeld met koud water dat is vrijgekomen bij het verwarmen van gebouwen in de winter. Echter, woningen worden over het algemeen gekenmerkt door een grotere warmte- dan koudevraag, waardoor de energiestromen niet in balans zijn. Ook bij Lincolnpark is dit het geval (tabel 3.1). De energievraag voor het deelgebied Centrum is meer in balans door de grote koudevraag van de 2 geplande supermarkten.

Om de energiestromen in balans te brengen is er een aanvullende warmtebron nodig. Hiervoor worden veelal lucht-water warmtepompen of droge koelers ingezet. Het gebruik van droge koelers is echter niet onbeperkt in verband met ruimte op daken. Daarnaast worden de regels omtrent de geluidsproductie van droge koelers en lucht-water warmtepompen steeds strikter en kan er geluidsoverlast worden ervaren door bewoners.

Voor het project worden zonnepanelen beoogd. Indien gekozen wordt voor PVT-panelen kan ca. 340 kWh per vierkante meter paneel per jaar worden opgebracht. Met uitzondering van deelgebied Centrum is er echter onvoldoende dakoppervlak beschikbaar om het volledige koudeoverschot te regenereren. Wel kan een groot deel van het koudeoverschot worden geregenereerd. Ook kan het zeer efficiënt zijn om PVT direct in te zetten voor de productie van tapwater in de zomer. Gebruik van PVT betekent wel allemaal decentrale warmtepompekkers.

Een andere mogelijkheid voor regeneratie is TEO (Thermische Energie uit Oppervlaktewater). Aan de westzijde van de projectlocatie ligt de Hoofdvaart. Het koudeoverschot voor alle deelgebieden tezamen betreft ca. 4.876 MWh. Uit figuur 6.1 blijkt dat er jaarlijks 5.000 tot 20.000 GJ aan warmte uit de Hoofdvaart kan worden onttrokken met TEO. Naar verwachting kan een groot deel tot het gehele koudeoverschot worden geregenereerd middels TEO. De vergunbaarheid van een TEO van deze grootte is echter afhankelijk van de voorschriften die het Hoogheemraadschap van Rijnland maakt in de vergunningsprocedure. Indien slechts enkele of één deelgebied middels TEO wordt geregenereerd, is er ruimschoots voldoende potentie.

Figuur 6.1 Potentie aquathermie



De meeste datacentra kennen een warmteoverschot. Mogelijk kan warmte van de datacentra van bedrijfspark President worden ingezet voor de regeneratie van bronnen. Dit is naar verwachting het meest rendabel indien een groot deel van, of het gehele gebied, aansluit op een warmtenet, zodat collectief geregenereerd kan worden. Dit vergt een voorinvestering die alleen potentieel door een ESCo (Energy Service Company) gedragen kan worden (zie H6.3). Het aansluiten van de datacentra voor een enkel deelgebied zou vanwege de ligging en de grootte van het koudeoverschot alleen voor deelgebied Parkbos voor de hand liggen.

6.2 Betaalbaarheid, schaalvoordelen en flexibiliteit van OBES en regeneratieopties

Bereidheid tot voorinvestering door energy service companies (ESCO's)

Om geheel Lincolnpark aan te sluiten op één warmtenet is een voorinvestering benodigd vanuit een ESCo (de gemeente heeft aangegeven niet de rol van een nutsbedrijf te willen vervullen). De bereidheid tot voorinvestering is bij twee grote marktpartijen nagegaan. Beide partijen geven grotendeels hetzelfde aan. Ze hebben interesse om te voorinvesteren in een gefaseerd project van de grootte van Lincolnpark. Om de risico's van een dergelijke voorinvestering te beperken zijn er echter enkele zaken die in een contract moeten worden vastgelegd dan wel op voorhand bekend moeten zijn:

- De totale looptijd waarover de verschillende deelgebieden worden opgeleverd moet op voorhand duidelijk zijn. Een indicatief tijdspad is een pré.
- Er dient enige zekerheid te zijn ten aanzien van de omvang (energievraag) van de aansluitingen.
- Het is handig voor de partijen om een beeld te hebben van het aandeel utiliteit binnen de deelgebieden; dit om een betere inschatting te kunnen maken van de koelvraag en daarmee de te regenereren onbalans.
- Het dient duidelijk te zijn wie eigenaar wordt van de bronnen en het warmtenet. Omdat de gemeente aangeeft geen bronnen of warmtenet in eigendom te willen hebben is dit op voorhand reeds duidelijk. Indien gekozen wordt voor een ESCo, zal dit bedrijf naar verwachting ook eigenaar worden van het warmtenet en de bronnen.

Verlaging kosten van realisatie door schaalgrootte

Het totale aantal doubletten in scenario A ligt lager dan bij een afzonderlijk warmtenet per deelgebied (scenario B). Deze kostenvermindering wordt echter teniet gedaan door de grotere hoeveelheid horizontaal leidingwerk die dient te worden aangelegd. Scenario C is significant duurder dan scenario A en B, omdat er veel meer monobronnen dan doubletten benodigd zijn. Monobronnen zijn slechts ca. een derde goedkoper in de aanleg dan doubletten. Daarnaast valt ook in de regeneratiekosten te besparen als het warmtenet groter is. Zo is een TEO voor geheel Lincolnpark slechts iets duurder dan de TEO voor een gebied als Erven.

Benutting van goedkopere regeneratie en lager stroomverbruik middels TEO of datacenters

TEO is zeer voordelig indien deze voor geheel Lincolnpark wordt ingezet (scenario A). In scenario B is TEO alleen voor deelgebied Erven een waarschijnlijke optie. Dit TEO-systeem zal slechts in geringe mate goedkoper zijn dan een TEO voor het gehele Lincolnpark. De schaalgrootte van scenario C is te gering om TEO een kostenefficiënte aanpak te maken. Ditzelfde geldt voor benutting van het warmteoverschot voor datacentra. In scenario A is dit een reële kans, in scenario B kan mogelijk alleen Parkbos worden aangekoppeld. Centrum heeft onvoldoende koudeoverschot om dit betaalbaar te maken en de overige gebieden liggen verder weg van de datacentra.

Uitruil van warmte en koude tussen deelgebieden of gebouwen

Indien het centrumgebied vanwege de grotere hoeveelheid utiliteit, winkels, sportfaciliteiten en dergelijke op een netto bodemzijdig warmteoverschot uitkomt, kan dit worden uitgeruild tegen de koudeoverschotten van de overige gebieden. Dit is het meest waarschijnlijk in scenario A. Uitruil tussen verschillende gebouwen kan in de drie de scenario's, maar de kans dat een gebouw met warmteoverschot kan worden gekoppeld aan een gebouw met koudeoverschot is in scenario C vanwege de kleinere schaalgrootte wel geringer.

Inzet van PVT

PVT kan bij slimme inzet qua stroomverbruik en netcongestie een zeer voordelige keuze zijn, maar is prijzig en derhalve vooral bij een grotere schaalgrootte niet de meest kostenefficiënte optie. In scenario A is de kans zeer klein dat PVT wordt ingezet. In scenario B en C is de kans wel aanwezig, en zal PVT worden afgezet tegen lucht-water warmtepompen en droge koelers. Let wel, in scenario B en C kan niet het volledige koudeoverschot worden weggewerkt middels PVT, omdat de beschikbare hoeveelheid dak onvoldoende is. In scenario A kan dit juist wel, maar zal de techniek naar verwachting niet worden toegepast, omdat deze relatief duur is ten opzichte van de schaalgrootte.

Redundantie

Redundantie is het kunnen blijven leveren van energie (warmte of koude) aan de eindgebruiker bij uitval van (een deel van) de installatie. In scenario A is er intrinsieke redundantie doordat er meerdere bronnen op het net aangesloten zijn. Bij uitval van een bronpaar kan er dus zowel warmte als koude geleverd blijven worden. In scenario B en C is er geen intrinsieke redundantie. Er is dus een verhoogde kans op het niet kunnen leveren van energie, behalve als de eigenaar van de energielevering de redundantie op een andere manier regelt. Dit zorgt dan weer voor een prijsstijging omdat er installaties moeten worden aangelegd die vrijwel niet of nooit gebruikt worden.

Directe benutting van winst t.o.v. tarief ESCo door eindgebruiker

Indien de energielevering en installaties in beheer van een Vereniging van Eigenaren komt, kan winst direct worden doorgerekend richting de eindgebruiker. Onder winst wordt verstaan een lagere prijs dan de prijs die een ESCo zou hebben gerekend voor het gebied. Het is echter niet zeker of een dergelijke winst te behalen valt vanwege de strengere eisen richting ESCo's in de aankomende Warmtewet. Daarnaast is met name scenario C significant duurder qua investeringskosten dan scenario A en B, hetgeen zich uiteindelijk ook zal moeten vertalen naar de energieprijzen.

Het gemak voor de eindgebruiker indien het gehele energieconcept van opwekking tot levering en tariefstelling door een ESCo geregeld wordt

Het in eigendom hebben van het systeem door een vereniging van eigenaren is relatief complex: de vereniging zal een beheer- en ontwerppartij moeten kiezen en ook allerhande andere keuzes moeten maken, bijvoorbeeld op het terrein van tariefstelling et cetera. Dit is allemaal niet nodig indien een ESCo de energielevering beheert. Let wel, beheer door een ESCo is zeker ook mogelijk in scenario B (doublet per deelgebied) en wellicht ook voor scenario C (meerdere monobronnen per deelgebied).

Flexibiliteit in timing en opzet van het energieconcept

In scenario A is het belangrijk dat allerlei zaken op voorhand reeds vaststaan of bij benadering vaststaan (zie kopje "Bereidheid tot voorinvestering door energy service companies"). In scenario B kan het energieconcept per deelgebied gelijk met het ontwikkelen worden uitgerold. Daarnaast kunnen keuzes in het energieconcept beter worden toegespitst op de specifieke eigenschappen van het deelgebied. In scenario C is de flexibiliteit nog hoger, namelijk op de schaal van 1 groot gebouw tot enkele kleinere gebouwen.

Efficiënte benutting bodemcapaciteit, ook zonder toepassing bodemenergieplan

In scenario A zal de bodem efficiënt benut worden, omdat de ESCo een integraal ontwerp laat maken voor het gehele gebied. De ondergrondse inpassing is hiermee optimaal en het thermisch rendement ook. Een bodemenergieplan is derhalve niet nodig op een aansluitplicht voor de deelgebieden na. In scenario B is de kans iets groter dat verschillende vergunningaanvragen elkaar in de weg zitten. Een bodemenergieplan is mogelijk nuttig. In scenario C is een bodemenergieplan zeer nuttig: indien de filterstelling tussen verschillende monobronnen niet onderling afgestemd wordt, is de kans groot dat er veel meer horizontale tussenafstand moet worden aangehouden, waardoor de bodem inefficiënt benut wordt en toekomstige gebruikers in het gedrang kunnen komen. Hiervoor kunnen aanvullende regels in een bodemenergieplan worden opgenomen. Indien GBES en OBES gemengd gaan worden ingezet door verschillende partijen is een bodemenergieplan zeker nodig.

Geen noodzaak voor gemeente om nutsbedrijf te vormen of een tender voor de energievoorziening van het hele Lincolnpark in de markt te zetten

De gemeente geeft op voorhand aan niet de rol van een nutsbedrijf op zich te willen nemen en het liefst een zo klein mogelijke regierol te vervullen. Om gebruik te maken van de schaalvoordelen van scenario A is het noodzakelijk dat een ESCo bereid is te investeren in het gefaseerd op te leveren Lincolnpark. Hiervoor is een hoge mate van regie vanuit de gemeente benodigd: er dient een tender te worden uitgezet voor het gehele gebied en de gemeente dient te sturen op de voorwaarden die het voor een ESCo mogelijk maken de gefaseerde oplevering toch op een warmtenet aan te sluiten.

6.3 Combinatie open en gesloten systemen

De combinatie van open en gesloten bodemenergiesystemen kan enkele problemen met zich meebrengen.

- Gesloten bodemenergie werkt veelal in onbalans (koudeoverschot). Indien een GBES in of nabij de warme bel van een OBES wordt aangelegd, zal deze warmte onttrekken uit de warme bel van het open systeem en het rendement hiervan verminderen. Deze rendementsvermindering is bij een enkele GBES over het algemeen niet bezwaarlijk, maar kan wel significant zijn wanneer meerdere GBES in de warme bel worden aangelegd.
- De plaatsing van een gesloten bodemenergiesysteem in een koude bel van een OBES heeft over het algemeen een negatief effect op het rendement van het gesloten bodemenergiesysteem. De grondwatertemperatuur in een koude bel ligt namelijk lager dan de achtergrondtemperatuur van de bodem. De door het OBES opgewekte stroming vermindert dit negatieve effect enigszins en kan voorkomen dat de bodem rond de bodemlus van de GBES bevriest. Desalniettemin zullen de bodemlussen van een GBES over het algemeen moeten worden verlengd.
- Een combinatie van open en gesloten systemen leidt veelal tot een beperking van de capaciteit in de bodem, aangezien de interferentie tussen GBES en OBES veelal bepalend is voor de plaatsing van bronnen om negatieve interferentie te voorkomen.
- Daarnaast kan de combinatie van OBES en GBES problemen opleveren in de vergunningprocedure: in gebieden waar gesloten bodemenergiesystemen reeds vergund zijn, wordt het moeilijk om OBES te plaatsen. In het ontwerp van de GBES is namelijk geen rekening gehouden met een significante verandering van de achtergrondtemperatuur in de bodem. Met name bij GBES onder de <70 kW waarvoor slechts een melding nodig is, wordt hiermee geen rekening gehouden. Ook voorkomt een interferentieberekening dit niet aangezien deze numeriek worden berekend zonder grondwaterstromingsbeïnvloeding. Dit kan onder andere worden opgelost door de systemen vergunningsplichtig te maken door middel van een interferentiegebied. GBES kunnen over het algemeen nog wel worden geplaatst wanneer OBES reeds vergund zijn, omdat de invloed van een GBES op een OBES over het algemeen gering is. Grootschalige inzet van GBES komt echter wel in het gedrang.

Bijlage 2

Berekening energievraag

Uitgangspunten algemeen

Uitgangspunten algemeen	Waarde	Eenheid
Tapvraag	per jaar	
Per persoon Jaar	2,75	GJ
Per persoon Jaar	763,9	kWh
Aantal per huishouden gemm	2	Personen

OBES

COP verwarmen	5	[-/-]
COP pieklast verwarmen	5	[-/-]
COP tapwater	3	[-/-]
COP pieklast tapwater	3	[-/-]
SPF koelen OBES	20	[-/-]
EER koelen		[-/-]

dT verwarmen bronzijdig	6	K
dT koelen bronzijdig	6	K

Uitgangspunten voor monobron	en doublet	
MFI[s/l ²]	2	s/l ²
V_verstopping [m/j]	0,1	m/j
equiv. Vollanduren [h]		h
kh (m/d)	30	m/d

Uitgangspunten doublet

boordiameter	0,8	m
filterlengte	60	m

Uitgangspunten monobron

boordiameter	0,8
filterlengte	22

GBES

COP verwarmen	4,5	[-/-]
COP pieklast verwarmen	3	[-/-]
COP tapwater	2,7	[-/-]
COP pieklast tapwater	2,3	[-/-]
SPF koelen GBES	20	[-/-]

W/m boordiepte GBES	30	w/m
benutbare fractie onderpands op	0,7	m ²
lusafstand [m]	7	m
Luslengte 1	60	m
Luslengte 2	200	m

Uitgangspunten algemeen

Uitgangspunten algemeen	Waarde	Eenheid
Bronnet		
Leidingwerk ongeïsoleerd minimaal	100	€ per meter
Leidingwerk ongeïsoleerd maximaal	1500	€ per meter
Verwachting	500	€ per meter

Lucht/water

COP verwarmen Lucht/water	4	[-/-]
COP pieklast verwarmen Lucht/water	1,7	[-/-]
COP tapwater Lucht/water	3	[-/-]
COP pieklast tapwater Lucht/water	1,5	[-/-]
SPF koelen	1,5	[-/-]

TEO

Vollanduren	3000	[h]
gemiddelde dT	5	[k]

PVT

Thermische opbrengst PVT	342	[kWh/m ² /annum]
m ² dak benodigd per m ² PVT	2,3	m ²
fractie dak benutbaar voor pvt	0,8	[-/-]

Financieel

Boringen

Monobron minimaal	250000	€
Monobron maximaal	450000	€
Verwachting	280000	€

Doublet minimaal	300000	€
Doublet maximaal	650000	€
Verwachting	400000	€

Lus gbes per meter braakliggend terrein	25	€ per meter
Lus gbes per meter braakliggend terrein	35	€ per meter
Verwachting	32	€ per meter

