Gemeente Amsterdam

Opmerkingen voor publicatie:

Te publiceren in:	Gemeenteblad
Uiterlijk bekendmaken op:	zo snel mogelijk
Niet eerder bekendmaken dan op:	n.v.t
Consolideren op overheid.nl	nee
Gevolgen voor de werking van een andere regeling:	n.v.t.
Externe informatieve bijlage voor de leesbaarheid:	n.v.t.
Andere bijzonderheden:	geen

Besluit van het college van burgemeester en wethouders van de gemeente Amsterdam tot vaststelling van het Bodemenergieplan Strandeiland

Gezien de voordracht van burgemeester en wethouders van 16 april 2024

Gelet op:
artikel 22.260, eerste lid, Invoeringsbesluit Omgevingswet, in samenhang met artikel 5.8 Omgevingswet,

besluit de volgende regeling vast te stellen:

Het Bodemenergieplan Strandeiland

Artikel 1 Begrippen in deze beleidsregel wordt verstaan onder:

a. College: het college van burgemeester en wethouders van de gemeente Amsterdam;
b. Bodemenergiesysteem: bodemenergiesysteem als bedoeld in bijlage I, bij artikel 1.1. van het Besluit activiteiten leefomgeving;
c. Gesloten bodemenergiesysteem: gesloten bodemenergiesysteem als bedoeld in bijlage I, bij artikel 1.1, van het Besluit activiteiten leefomgeving;
d. Interferentie: onderlinge thermische beïnvloeding van open en gesloten bodemenergiesystemen onderling, die kan leiden tot een hoger of later rendement van een bodemenergiesysteem;
e. Interferentiegebied Strandeiland: het door het college op 1 december 2020 aangewezen gebied ter voorkoming van negatieve interferentie tussen gesloten of bodemenergiesystemen onderling of anderszins ter bevordering van doelmatig gebruik van bodemenergie zoals bedoeld in artikel 22.260, derde lid, Invoeringsbesluit Omgevingswet;
f. Omgevingsvergunning: omgevingsvergunning voor de omgevingsplanactiviteit aan leggen en gebruiken van een gesloten bodemenergiesysteem of omgevingsvergunning voor de milieubelastende activiteit.

Artikel 2 Reikwijdte
Het bodemenergieplan Strandeiland, zoals opgenomen in de bijlage, vormt het toetsingskader voor het verlenen van omgevingsvergunningen.

Artikel 3 Inwerkingtreding
Deze beleidsregel treedt in werking op de dag na bekendmaking.

Artikel 4 Citeertitel
Deze beleidsregel wordt aangehaald als Bodemenergieplan Strandeiland

Aldus vastgesteld in de vergadering van 16 april 2024

De voorzitter

Femke Halsema

De raadsgriffier
Jolien Houtman

Bodemenergieplan

Strandeiland - Amsterdam

Dit rapport is opgesteld in opdracht van
Gemeente Amsterdam

KENMERK | **DATUM** 18 december 2023 | **STATUS**

Documentbeheer

Concept

	Naam	Datum	Paraaf
Opgesteld door	Maroushka Boers	10 oktober 2023	
Goedgekeurd door	Hans van Hateren	17 oktober 2023	

Ontwerp

	Naam	Datum	Paraaf
Opmerkingen verwerkt door	Hans van Hateren	4 december 2023	
Goedgekeurd door	Ineke van den Oever	5 december 2023	

Ontwerp V2

	Naam	Datum	Paraaf
Opmerkingen verwerkt door	Maroushka Boers	18 december 2023	
Goedgekeurd door	Hans van Hateren	18 december 2023	

De volgende partijen zijn betrokken bij het tot stand komen van dit rapport

Opdrachtgever

Naam	Gemeente Amsterdam
Bezoekadres	Weesperplein 8 1018 XA Amsterdam
Contactpersoon	Dhr. S. Roerink
Telefoonnummer	14 020
E-mailadres	s.roerink@amsterdam.nl

Adviseur bodemenergie

Naam	VHGM B.V.
Adres	Leidsevaart 580 2014 HT Haarlem
Contactpersoon	Dhr. Hans van Hateren
Telefoonnummer	(023) 584 11 22
E-mailadres	hansvanhateren@vhgm.nl

INHOUDSOPGAVE

1 INLEIDING 5
1.1 Aanleiding 5
1.2 Inhoud van het plan 6

2 SAMENVATTING VOORONDERZOEK 7
2.1 Energetische uitgangspunten 7
2.2 Geohydrologie en geohydrologische risico's 7
2.3 Omgevingsbelangen 10
2.4 Keuze voor beleid per deelgebied 10

3 BELEIDSREGELS 11
3.1 Inleiding 11
3.2 Regels voor bodemenergiesystemen in de zone Muidenbuurt 13
3.2.1 Regels voor open bodemenergiesystemen in de zone Muidenbuurt 13
3.2.2 Regels voor gesloten bodemenergiesystemen in de zone Muidenbuurt 16
3.3 Regels voor bodemenergiesystemen in de zone Pampusbuurten 19
3.3.1 Regels voor open bodemenergiesystemen in de zone Pampusbuurten 19
3.3.2 Regels voor gesloten bodemenergiesystemen in de zone Pampusbuurten 21
3.4 Regels voor bronnen en leidingwerk in de openbare ruimte 21
3.5 Regels voor bodemenergiesystemen in (de beschermingszone van) waterkeringen 22

4 WETGEVING 24
4.1 Bronnen op openbaar terrein 24
4.2 Lozingen voor bodemenergiesystemen binnen de gemeente Amsterdam 24
4.3 Algemene wetgeving open en gesloten bodemenergiesystemen 24

5 EFFECTEN VAN HET PLAN 26
5.1 Pampusbuurten en Havenkom 26
5.2 Muidenbuurt 27

6 BIJLAGEN

Bijlage 1 Vooronderzoek

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Aan de oostzijde van Amsterdam, in het IJmeer, is een kunstmatig eiland aangelegd en verbonden met het Centrumeiland (figuur 1.1). Nu wordt het nog gedeeltelijk gebruikt als een stadsstrand, maar de komende jaren zullen er ca. 8.000 nieuwe woningen komen, verdeeld over enkele buurten.
Figuur 1.2 toont de huidige situatie met daaroverheen de verschillende te ontwikkelen buurten, de daarbinnen gelegen ontwikkelvelden ('tranches') en de daarbinnen gelegen bouwblokken. Het centrale binnenwater, ook wel 'Het Oog' genoemd, blijft behouden.

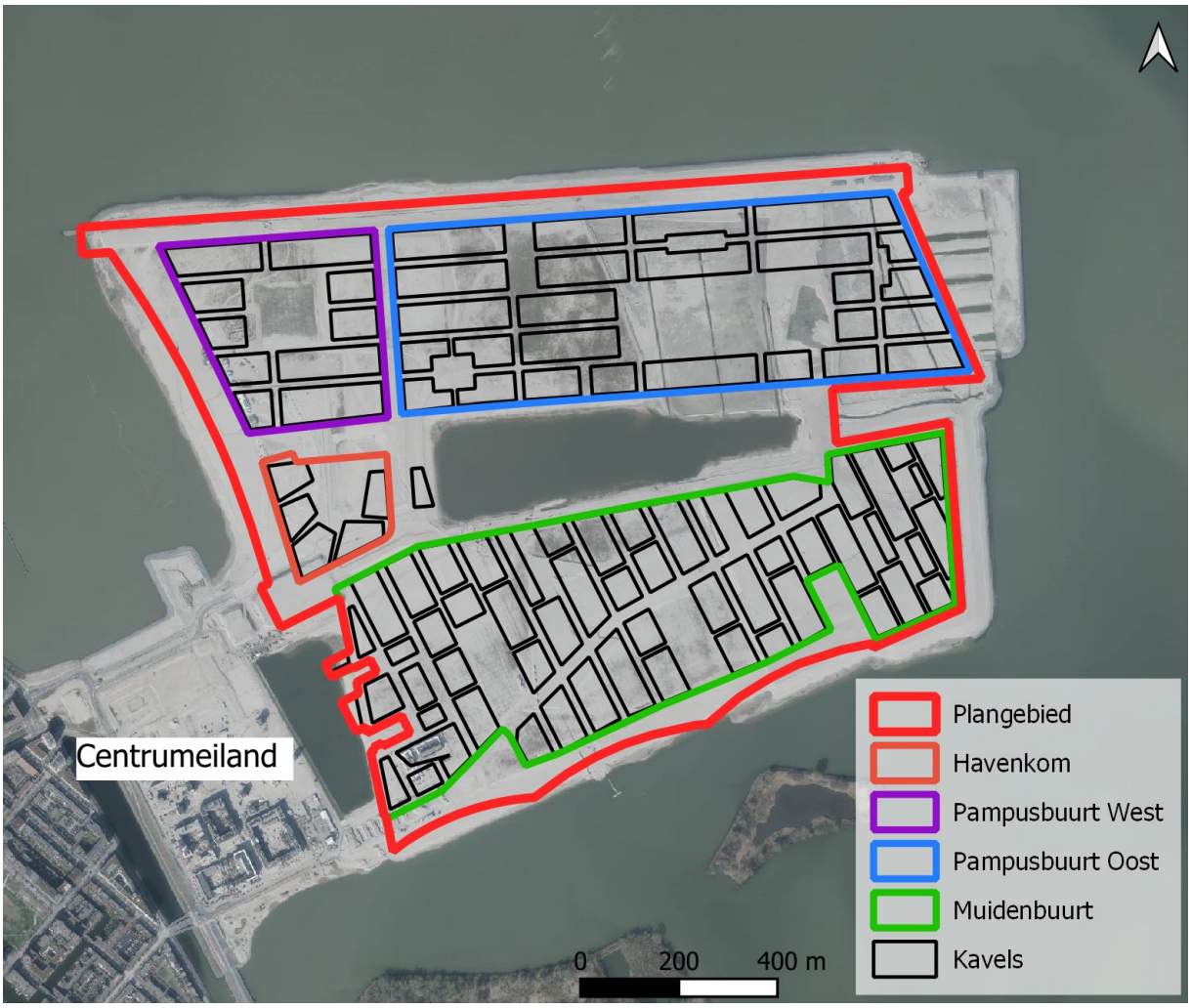
De Green Deal tussen de gemeente Amsterdam en de Rijksoverheid heeft als doelstelling dat alle nieuwbouw vanaf 2015 klimaatneutraal wordt. Bodemenergie is bij uitstek geschikt voor klimaatneutrale bouw door de hoge efficiëntie van de methode. Derhalve wordt verwacht dat de ontwikkelingen op Strandeiland zullen zorgen voor een sterke groei van het aantal bodemenergiesystemen in het gebied. Door de mix van grondgebonden en gestapelde bouw wordt verwacht dat zowel individuele en klein-collectieve gesloten bodemenergiesystemen worden ingezet, als open bodemenergiesystemen voor de hogere gestapelde bouw. De verschillende bodemenergiesysteemtypes kunnen minder dicht op elkaar worden geplaatst dan gelijke bodemenergiesysteemtypes. Daardoor is er een groot risico op inefficiënte benutting van de ondergrond, waardoor onvoldoende bodempotentie overblijft voor de later gefaseerde ontwikkelingen.

De gemeente Amsterdam heeft VHGM daarom opdracht gegeven een bodemenergieplan voor het gebied op te stellen. Dit bodemenergieplan bevat beleidsregels voor het op 1 december 2020 bij verordening aangewezen interferentiegebied "Strandeiland". De beleidsregels voorzien in een toetsingskader voor het beoordelen van vergunningaanvragen voor bodemenergiesystemen. Ze dienen ter bewerkstelliging van een efficiënte benutting van de ondergrond voor huidige en toekomstige gebruikers en daarnaast om het risico op bronverstopping te verkleinen.

Figuur 1.1 Regionale ligging plangebied



Figuur 1.2 Indeling plangebied



1.2 Inhoud van het plan

In hoofdstuk 2 wordt een samenvatting gegeven van de meest relevante conclusies uit het vooronderzoek dat is opgesteld ter voorbereiding van dit bodemenergieplan (bijlage 1). In hoofdstuk 3 worden de beleidsregels voor open en gesloten bodemenergiesystemen vastgelegd. Daarnaast wordt elke regel afzonderlijk onderbouwd. Bij deze regels hoort een plankaart die de ruimtelijke indeling voor bodemenergiesystemen in het plangebied toont. Opvolgend wordt beschreven hoe het bodemenergieplan juridisch verankerd wordt (hoofdstuk 4). Hoofdstuk 5 toont de effecten die optreden in de bodem en het grondwater en de daaraan gerelateerde effecten op omgevingsbelangen.

2 Samenvatting vooronderzoek

Het vooronderzoek (bijlage 1) dient ter onderbouwing van het bodemenergieplan. In het onderzoek zijn omgevingsbelangen en risico's gerelateerd aan de bodemopbouw, grondwatersamenstelling en grondwaterdruk onderzocht. Daarnaast is de te verwachten energievraag globaal in kaart gebracht. Dit is afgewogen tegen de potentie die de bodem heeft voor bodemenergie.

2.1 Energetische uitgangspunten

De bodemzijdige energievraag voor open en gesloten bodemenergiesystemen staan weergegeven in tabel 2.1 en 2.2. De bodemzijdige energievraag is niet gelijk aan de energievraag van de bebouwing: de warmtepomp voegt bij het verwarmen elektrische energie toe (dus niet uit de bodem) en bij het koelen is er enig verlies in de horizontale leidingen. De getallen voor gesloten bodemenergiesystemen verschillen van die van open bodemenergiesystemen, omdat de gesloten systemen een andere efficiëntie hebben en daarmee een ander aandeel elektrische energie. De warmtevraag (tapwater + verwarmen) is hoger dan de koudevraag in het onderzoeksgebied en daarmee leidend voor de dimensionering van bodemenergiesystemen. In dit gebied worden geen externe bronnen voor directe warmtelevering verwacht zoals geothermie of restwarmte. Derhalve wordt voor de dimensionering van open bodemenergiesystemen (OBES) worstcase gerekend met de totale hoeveelheid benodigde warmte (tapwater + verwarmen). Verder wordt aangenomen dat de onbalans volledig geregenereerd wordt. Voor gesloten bodemenergiesystemen (GBES) wordt worstcase (maar realistisch) aangenomen dat er niet geregenereerd wordt. Details betreffende de energievraag staan in het vooronderzoek vermeld (bijlage 1).

Tabel 2.1 *Bodemzijdige* energie- en vermogensvraag *inclusief gelijktijdigheid* voor OBES per jaar

Deelgebied	Verwarmen + tap [kW]	Koelen [kW]	Warmtevraag [MWh]	Koudevraag [MWh]	Koudeoverschot [MWh]
Havenkom	1.004	1.067	1.120	616	504
Pampusbuurt West	3.743	4.276	4.102	2.454	1.648
Pampusbuurt Oost	7.881	8.086	8.651	4.954	3.697
Muidenbuurt	8.430	6.129	10.362	4.531	5.831

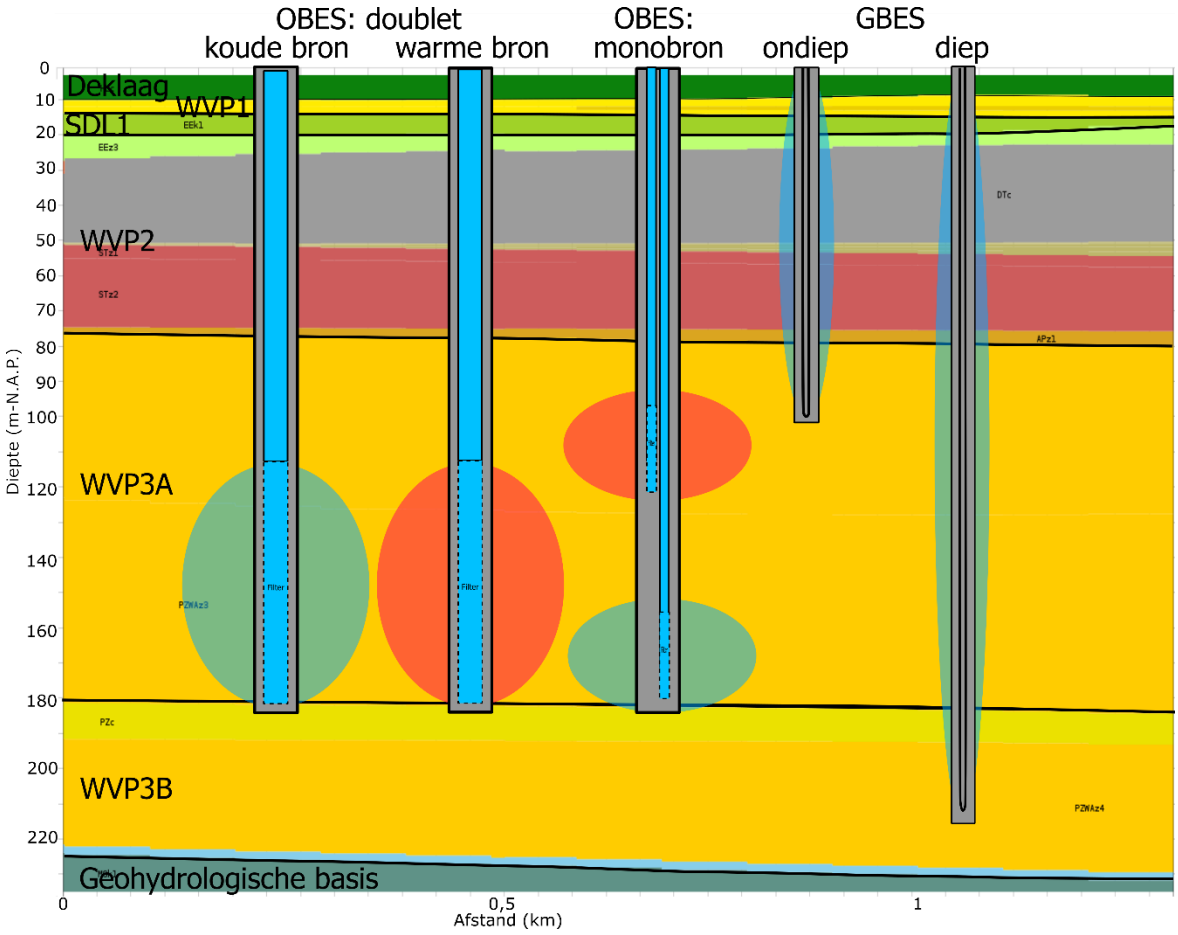
Tabel 2.2 *Bodemzijdige* energie- en vermogensvraag *inclusief gelijktijdigheid* voor GBES per jaar

Deelgebied	Verwarmen + tap [kW]	Koelen [kW]	Warmtevraag [MWh]	Koudevraag [MWh]	Koudeoverschot [MWh]
Havenkom	1.204	1.070	1.073	616	457
Pampusbuurt West	4.499	3.859	3.938	2.454	1.484
Pampusbuurt Oost	9.471	8.108	8.304	4.954	3.350
Muidenbuurt	10.127	6.146	9.956	4.531	5.425

2.2 Geohydrologie en geohydrologische risico's

In figuur 2.1 is een schets opgenomen van de bodemopbouw en verschillende typen bodemenergiesystemen. De bodemopbouw omvat waterdoorlatende zandlagen (watervoerende pakketten, WVP's) en waterremmende kleilagen (scheidende lagen, SDL's). De geohydrologische basis geeft de diepte weer waaronder in dit gebied over het algemeen geen open bodemenergiesystemen (OBES) worden gerealiseerd. Voor gesloten bodemenergiesystemen (GBES) geldt deze basis niet. Daarnaast geeft de schets de verschillende typen systemen en hun temperatuureffecten (koude en warme grondwaterbellen) weer. Hierbij zijn globaal de diepten aangehouden die in de beleidsregels worden voorgeschreven (hoofdstuk 3). In hoofdstuk 1 van het vooronderzoek (bijlage 1) wordt dieper ingegaan op de werking van de verschillende typen bodemenergiesystemen.

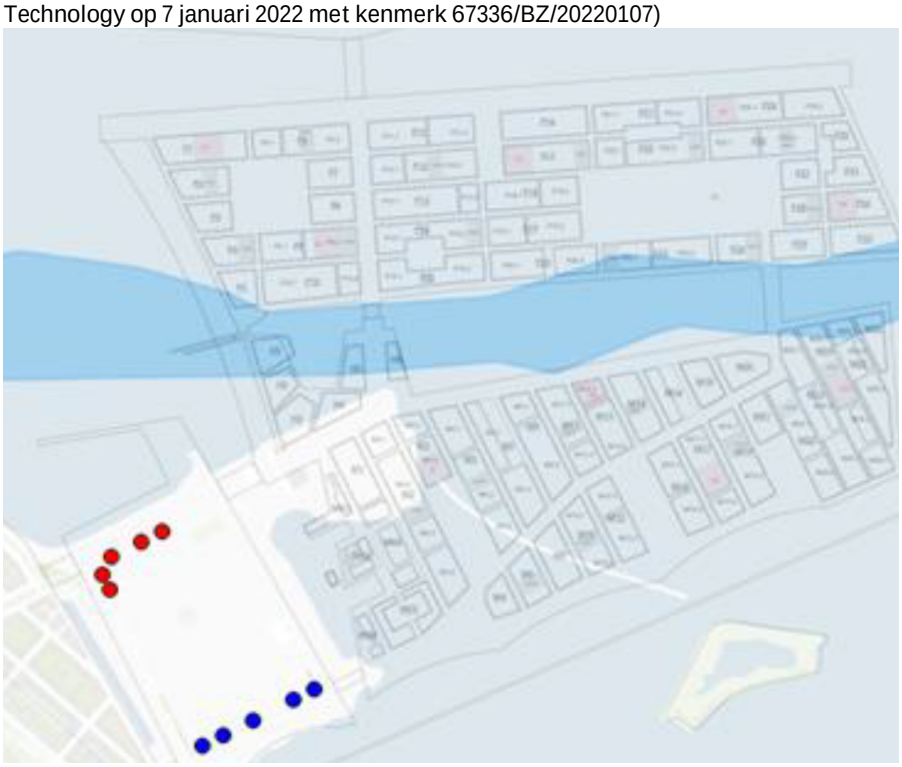
Figuur 2.1 De globale bodemopbouw (zuid-noord doorsnede over het midden van Strandeiland in ondergrondmodel REGIS II v2.2) en verschillende typen bodemenergiesystemen



De belangrijkste conclusies uit het vooronderzoek zijn:

- Voor open bodemenergiesystemen geldt dat het 3e watervoerende pakket (figuur 2.1) het meest geschikt is. Dit pakket heeft ruimschoots voldoende capaciteit indien bodemenergiesystemen (enigszins) efficiënt worden ingedeeld.
- Het biochemische proces van sulfaatreductie heeft in Amsterdam al geresulteerd in veel verstopte open bodemenergiesystemen, hetgeen leidt tot hoge onvoorziene kosten en onzekerheid in de energievoorziening van de gebouwde omgeving. In het onderhavige bodemenergieplan worden regels opgenomen die dit risico zoveel mogelijk wegnemen.
- Voor gesloten bodemenergiesystemen is de gemiddelde grondwaterstroomsnelheid over de volledige luslengte middelhoog, hetgeen zorgt voor enige mate van natuurlijke regeneratie. Hierdoor is de afname van de lustemperatuur tijdens piekbelasting kleiner. Het zorgt tevens voor afstromen van het bodemzijdige koudeoverschot van de gesloten bodemenergiesystemen naar het westzuidwesten. In het 3e watervoerende pakket, waar in Amsterdam de meeste open systemen worden gerealiseerd, is de grondwaterstroomsnelheid laag, globaal 5 m/j. In H5 wordt het effect hiervan beschreven.
- Van west naar oost, onder Havenkom en door de as van 'het Oog' ligt een voormalige getijdengeul. Het is bekend dat de afzettingen in deze geul, die tot ca. 11 m –N.A.P. reikt, slapper zijn. Door overdruk op de boorgatwand tijdens het boren kunnen de slappe lagen opbarsten of kan het boorgat klappen (Masterplan Strandeiland door IF technology op 7 januari 2022 met kenmerk 67336/BZ/20220107). Het risico wordt niet als groot gezien. Booraannemers kunnen besluiten met een casing door de geul te boren om het risico weg te nemen. Dit is aan individuele partijen om te besluiten.

Figuur 2.2 De globale ligging van de oergeul (blauw; bron: Masterplan Strandeiland door IF Technology op 7 januari 2022 met kenmerk 67336/BZ/20220107)



2.3 Omgevingsbelangen

De omgevingsbelangen staan in detail beschreven in het vooronderzoek (bijlage 1).

Er moet rekening gehouden worden met enkele juridische aandachtsgebieden. Dit zorgt echter niet voor een verbod op bodemenergiesystemen:

- Voor de aanleg van een bodemenergiesysteem in de door Strandeiland lopende waterkering en bijbehorende beschermingszones, is een vergunning nodig. Het plangebied valt momenteel binnen het beheersgebied van Rijkswaterstaat, maar wordt na de aanleg overgedragen aan het Waterschap Amstel, Gooi en Vecht (AGV). De vergunning moet worden aangevraagd bij Waterschap AGV.
- In Strandeiland zijn potentieel onderzoeken nodig naar niet-gesprongen explosieven voordat een systeem mag worden aangelegd. Normaliter wordt dit onderzoek ook voor de bouw van panden uitgevoerd.
- Rondom Strandeiland liggen meerdere gebieden van Natuurnetwerk Nederland en één Natura 2000-gebied. De effecten hierop worden inzichtelijk gemaakt in hoofdstuk 5 van het bodemenergieplan.

2.4 Keuze voor beleid per deelgebied

In het vooronderzoek zijn verschillende scenario's voor het bodemenergieplan onderzocht (bijlage 1). Hieruit kwam naar voren dat Muidenbuurt en de Pampusbuurten (Pampusbuurt West, Pampusbuurt Oost, Havenkom) gebaat zijn bij een verschillende aanpak:

- Voor Muidenbuurt wordt de focus gelegd op gesloten bodemenergiesystemen (zie figuur 2.1). Deze passen goed bij de grondgebonden woningen en lage gestapelde bouw in het gebied. Er wordt nadrukkelijk ook rekening gehouden met de inpassing van monobronnen (zie figuur 2.1) voor de hogere gestapelde bouw en/ of de grotere eigendomsclusters zoals corporatiebezit.

- Voor de Pampusbuurten wordt de focus gelegd op monobronnen (zie figuur 2.1). Deze passen goed bij de gemiddelde schaalgrootte van de ontwikkelingen in het gebied. Daarnaast wordt onder specifieke voorwaarden ruimte gelaten voor doubletten (zie figuur 2.1). Tenslotte zijn gesloten bodemenergiesystemen mogelijk, maar alleen ondiep zodat er geen interferentie is met de gewenste monobronnen.

3 Beleidsregels

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk staan de beleidsregels voor open en gesloten bodemenergiesystemen. De regels horen bij het op 1 december 2020 bij verordening aangewezen interferentiegebied “Strandeiland”. De regels zijn een aanvulling op de bestaande wetgeving zoals beschreven in hoofdstuk 4 van dit plan. Alle partijen die voornemens zijn bodemenergie toe te passen binnen het plangebied, moeten zich houden aan de beleidsregels in dit bodemenergieplan. De regels voor Muidenbuurt zijn toegespitst op het gebruik van gesloten bodemenergiesystemen en monobronnen. Als partijen samenwerken of een grote energievraag kennen, zijn doubletten met bepaalde restricties ook mogelijk. De regels voor de Pampusbuurten zijn toegespitst op het gebruik van monobronnen. Voor gesloten bodemenergiesystemen geldt een boordiepterestrictie. Net als bij Muidenbuurt zijn doubletten met bepaalde restricties ook mogelijk indien partijen samenwerken of een grote energievraag kennen.

Hieronder worden eerst de in de beleidsregels genoemde begrippen uitgelegd:

Begrippenlijst

- 3e watervoerende pakket: de Formatie van Peize-Waalre. Deze formatie ligt in het projectgebied tussen een diepte van ca. 80 m –N.A.P. en 230 m –N.A.P. De formatie bestaat naar verwachting hoofdzakelijk uit zandlagen.
- Bodemenergiesysteem: het volledige systeem dat benodigd is voor het leveren van warmte en koude vanuit de bodem.
- Boordiepte per lus: De boordiepte van elk individueel boorgat. Als bijvoorbeeld als eis wordt gesteld “de minimale boordiepte per lus bedraagt 150 m –mv” en een initiatiefnemer vraagt een vergunning aan voor drie lussen, dan bedraagt de boordiepte per lus minimaal 150 m –mv en bedraagt de totale boordiepte 450 m.
- Bron: combinatie van het boorgat, het filter en de stijgbuis (dichte buis) waarmee grondwater kan worden opgepompt (onttrokken) of in zand-/grindlagen gepompt (geïnfiltreerd). Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen:
    - Een koude bron waaruit grondwater wordt onttrokken ten behoeve van koeling (monobron/doublet). Bij het koelbedrijf wordt geïnfiltreerd in de warme bron.
    - Een warme bron waaruit grondwater wordt onttrokken ten behoeve van verwarming (monobron/ doublet). Bij het verwarmingsbedrijf wordt geïnfiltreerd in de koude bron.
- Bronfilter: het gedeelte van de bron waar ter hoogte van een geschikt zand- of grindpakket door perforaties in de buis grondwater het zandpakket ingepompt (geïnfiltreerd) of eruit onttrokken wordt.
- Doublet: een systeem met een koude en warme bron in afzonderlijke boorgaten.
- Energiebalans: de door het bodemenergiesysteem aan de bodem toegevoegde hoeveelheden warmte en koude zijn aan elkaar gelijk.
- Gebruiksoppervlakte: de vloeroppervlakte van een ruimte of van een groep van ruimten, gemeten op vloerniveau, tussen de opgaande scheidingsconstructies, die de desbetreffende ruimte of groep van ruimten omhullen.
- Gesloten bodemenergiesysteem (GBES): een bodemenergiesysteem bestaande uit één of meerdere ondergrondse kunststof lus(sen). De lus wisselt via geleiding warmte of koude uit met de bodem.
    - Individuele GBES: een gesloten bodemenergiesysteem bestaande uit een of meerdere lussen ten behoeve van de energielevering aan één eigenaar/huurder.
    - (Klein-)collectieve GBES: een gesloten bodemenergiesysteem bestaande uit een of meerdere lussen ten behoeve van de energielevering aan meerdere eigenaars/ huurders.
- Hydrologische balans: de door het bodemenergiesysteem in de warme bron(nen) geïnfiltreerde waterhoeveelheid is gelijk aan de door het bodemenergiesysteem in de koude bron(nen) geïnfiltreerde waterhoeveelheid.
- Leidingwerk: alle transportleidingen tussen bron en technische ruimte.
- Monobron: een open bodemenergiesysteem bestaande uit een koude en een warme bron in één boorgat.
- Muidenbuurt: het in de in de plankaart als “Muidenbuurt” aangeduide gebied.
- N.A.P.: Normaal Amsterdams Peil.

- Ondoelmatig gebruik van bodemenergie is toepassing van bodemenergie waarbij:
    - Meer dan noodzakelijk ruimte wordt ingenomen in de bodem, bijvoorbeeld door het verder dan thermisch gezien noodzakelijk uit elkaar plaatsen van bronnen of het aanvragen van een vergunning met grotere waterhoeveelheden dan er in de praktijk nodig is.
    - Meer dan noodzakelijk interferentie optreedt tussen warme en koude grondwaterbellen hetgeen resulteert in vernietiging van energie.
- Open bodemenergiesysteem (OBES): een bodemenergiesysteem dat grondwater uit zandlagen onttrekt om de erin opgeslagen energie aan gebouwen te leveren. Dit grondwater wordt vervolgens weer in zandlagen geïnfiltreerd.
- Pampusbuurten: het in de in de plankaart als “Pampusbuurten” aangeduide gebied, bestaande uit de gebieden Pampusbuurt-West, Pampusbuurt-Oost en Havenkom.
- Plankaart: de aan dit bodemenergieplan als figuur 3.1 toegevoegde kaart die de ruimtelijke indeling voor bodemenergiesystemen weergeeft.
- Plangebied: het gebied waarvoor het plan geldt, zoals weergegeven op de plankaart.
- Recirculatiesysteem: een open bodemenergiesysteem bestaande uit een onttrekkings- en infiltratiebron.
- Regenereren: het toevoegen van warmte aan de bodem uit een externe warmtebron om het bodemzijdig koudeoverschot (ten dele) teniet te doen.
- Totale boordiepte: de volledige ‘hoeveelheid’ die geboord zal worden in het kader van de vergunningaanvraag van de initiatiefnemer. Wanneer de initiatiefnemer drie lussen van 150 m boordiepte per lus aanvraagt, bedraagt de totale boordiepte 450 m.
- Tranche: de op de plankaart als ‘tranche’ aangegeven gebieden. Deze gebieden zijn ontwikkelgebieden die enige mate van gelijktijdigheid kennen in de fasering van de ontwikkeling.
- Vergunning: de voor het bodemenergiesysteem benodigde vergunningen. De voor gesloten en open bodemenergiesystemen benodigde vergunningen worden beschreven in hoofdstuk 4 van dit plan.
- Zone: een gebied in de plankaart waaraan specifieke beleidsregels zijn verbonden voor bodemenergiesystemen.

3.2 Regels voor bodemenergiesystemen in de zone Muidenbuurt

3.2.1 Regels voor open bodemenergiesystemen in de zone Muidenbuurt

1. Alle initiatiefnemers van open bodemenergiesystemen moeten een vergunningaanvraag doen.
    a. Middels effectenberekeningen moet worden onderbouwd dat er doelmatig gebruik van de bodem wordt gemaakt en dat er geen negatieve interferentie plaatsvindt.
    b. De onder 1a genoemde berekeningen worden ter goedkeuring aan het bevoegd gezag voorgelegd.
    c. Uit de vergunningsaanvraag voor het open bodemenergiesysteem moet blijken of het te vergunnen systeem voldoet aan de beleidsregels voor open bodemenergie-systemen, zoals beschreven in dit bodemenergieplan.

    Toelichting: In de geldende regelgeving kunnen initiatiefnemers van systemen met een debiet < 50 m^3/h een melding/vergunning aanvragen zonder daarvoor effectenberekeningen te hoeven aanleveren. Met deze aanvullende regel wordt voorkomen dat systemen kunnen worden aangelegd zonder dat het bevoegd gezag inzicht heeft in de effecten van ieder systeem en de cumulatieve effecten. Daarnaast heeft deze regel tot gevolg dat alle open systemen getoetst kunnen worden aan de regels in het bodemenergieplan.

2. Recirculatiesystemen zijn niet toegestaan.
    Toelichting: Door niet voor het recirculatieprincipe te kiezen is grootschalig gebruik van bodemenergie beter beheersbaar. Daarnaast werken opslagsystemen zonder recirculatie met hogere rendementen, hetgeen leidt tot een betere benutting van de ondergrond.

3. Doubletsystemen zijn uitsluitend toegestaan als:
    a. De initiatiefnemer aantoont dat het benodigd bodemzijdig vermogen, rekening houdende met een gelijktijdigheidsfactor passend bij het aantal aansluitingen, groter is dan 1.114 kW.
    b. De initiatiefnemer het aantal m^2 gebruiksoppervlak en de gebruiksfunctie aanlevert van de bebouwing die dient te worden verwarmd/gekoeld. Dit ter controle van het voor regel 3a opgegeven vermogen.
    c. De initiatiefnemer middels effectberekeningen aantoont dat monobronnen en gesloten bodemenergiesystemen nog mogelijk zijn op elk kadastraal perceel dat niet onderdeel is van de vergunningaanvraag.
    d. De bronfilters in het derde watervoerende pakket worden gerealiseerd.
    e. De bronfilters worden geplaatst tussen een diepte van 120 m –N.A.P. en de onderzijde van het derde watervoerende pakket, hier gelegen op ca. 230 m –N.A.P.
    f. Per bron een minimale filterlengte van 50 m wordt aangehouden, tenzij de initiatiefnemer aan de hand van de boorstaat van het project kan aantonen dat deze filterlengte niet kan worden gerealiseerd binnen het opgegeven traject (zie regel 3e). Hierbij wordt ervan uitgegaan dat tot de einddiepte van het pakket wordt geboord indien niet voldoende filter kan worden gesteld.
    g. Het systeem uiterlijk vijf jaar na de datum van ingebruikname een moment bereikt waarop sprake is van energiebalans.
    h. Het systeem telkens opnieuw een moment van energiebalans bereikt uiterlijk vijf jaar na het laatste moment waarop die status bereikt is.
    i. Het systeem uiterlijk vijf jaar na de datum van ingebruikname een moment bereikt waarop sprake is van hydrologische balans.
    j. Het systeem telkens opnieuw een moment van hydrologische balans bereikt uiterlijk vijf jaar na het laatste moment waarop die status bereikt is.

Toelichting: Het derde watervoerende pakket leent zich het beste voor grootschalige toepassing van open bodemenergiesystemen. Er is gekozen voor een minimale diepte van 120 m –N.A.P. en een hydrologische balans om vermenging van verschillende waterkwaliteiten te voorkomen en daarmee het risico op bronverstoppingen te beheersen. Daarnaast is gekozen voor een hydrothermische balans om de horizontale verspreiding van thermische effecten zoveel mogelijk te beperken. De focus wordt in het gebied vanwege de verwachte schaalgrootte gelegd op gesloten bodemenergiesystemen en monobronnen. Daarom worden doubletten alleen toegestaan bij een bepaalde minimale schaalgrootte en indien monobronnen en gesloten bodemenergiesystemen op naastgelegen percelen mogelijk blijven. De minimale schaalgrootte is bepaald als groter dan het vermogen dat kan worden geleverd met twee monobronnen van 80 m^3/h en een minimale ΔT van 6 kelvin.

4. Monobronnen zijn uitsluitend toegestaan als:
    a. De bronfilters in het derde watervoerende pakket worden gerealiseerd.
    b. De warme bron wordt geplaatst tussen een diepte van 120 en 145 m –N.A.P.
    c. De koude bron wordt geplaatst tussen een diepte van 170 m –N.A.P. en de onderzijde van het derde watervoerende pakket, in Strandeiland op ca. 230 m –N.A.P.
    d. Voor de warme én koude bron een filterlengte van minimaal 15 m per bron wordt toegepast, tenzij de initiatiefnemer aan de hand van de boorstaat van het project kan aantonen dat deze filterlengte niet kan worden gerealiseerd binnen de opgegeven trajecten (regels 4b en 4c). Bij het niet behalen van de filterlengte van de koude bron, wordt ervan uitgegaan dat de boring is uitgevoerd tot de einddiepte van het pakket, op ca. 230 m –N.A.P.
    e. Het systeem uiterlijk vijf jaar na de datum van ingebruikname een moment bereikt waarop sprake is van energiebalans.
    f. Het systeem telkens opnieuw een moment van energiebalans bereikt uiterlijk vijf jaar na het laatste moment waarop die status bereikt is.
    g. Het systeem uiterlijk vijf jaar na de datum van ingebruikname een moment bereikt waarop sprake is van hydrologische balans.
    h. Het systeem telkens opnieuw een moment van hydrologische balans bereikt uiterlijk vijf jaar na het laatste moment waarop die status bereikt is.
    i. Indien er voor een naastliggend perceel nog geen vergunning is voor een bodemenergiesysteem, of indien er een vergunning is voor GBES, moet de initiatiefnemer van de monobron aantonen dat er, cumulatief met omliggende bodemenergiesystemen, maximaal 1,5K interferentie is op de grens van het betreffende naastliggende perceel.

Toelichting: Het derde watervoerende pakket leent zich het beste voor grootschalige toepassing van open bodemenergiesystemen. De filtertrajecten van monobronnen zijn vastgelegd om mogelijk te maken dat monobronnen op korte onderlinge *horizontale* afstand worden geplaatst. Er is gekozen voor een minimale diepte van 120 m –N.A.P. en een hydrologische balans om vermenging van verschillende waterkwaliteiten te voorkomen en daarmee het risico op bronverstoppingen te beheersen. De regels voor hydrothermische en hydrologische balans zorgen ervoor dat de filters op relatief korte *verticale* afstand kunnen worden geplaatst. De mogelijkheid om GBES aan te leggen op een naastgelegen perceel moet blijven bestaan. Derhalve moet de mate van interferentie binnen de ontwerpmarge van de toekomstige GBES vallen. Deze ontwerpmarge is standaard 1,5K.

5. Een open bodemenergiesysteem en toebehoren dienen in beginsel binnen de grenzen van het eigen perceel te worden geïnstalleerd. De initiatiefnemer dient hier bij de plaatsing van gebouwen op het perceel rekening mee te houden. De gemeente is alleen bereid om toestemming voor gebruik van de openbare ruimte – of ruimte die na vervolmaking van het project openbare ruimte wordt – te overwegen (maar kan deze toestemming niet op voorhand garanderen) indien:
    a. De initiatiefnemer de vergunning aanvraagt voor de energievoorziening van een gehele tranche, of delen van aangrenzende tranches, of meerdere gehele tranches, en:
    b. Er zwaarwegende redenen zijn dat de bron(nen) niet op eigen terrein kan/ kunnen worden geplaatst. Perceel vullende bouw en meerkosten bieden hiervoor niet zonder meer voldoende onderbouwing, en:
    c. Er afstemming is met, en goedkeuring wordt verkregen van de gemeente, en:
    d. De richtlijnen worden aangehouden zoals omschreven in hoofdstuk 3.4.

    Toelichting: de ondergrond in de openbare ruimte is drukbezet met kabels en leidingen. De gemeente heeft daarom het uitgangspunt dat zoveel mogelijk van de infrastructuur voor warmte- en koudelevering op eigen terrein wordt ingepast. Daarnaast wil de gemeente collectiviteit stimuleren. Daarom wordt gebruik van de openbare ruimte voor collectieven op grotere schaal onder bepaalde condities wel toegestaan.

6. Bij afwijking van een gebruiksregel dient vooraf door de initiatiefnemer aangetoond te worden dat:
    a. Het systeem geen zodanige interferentie kan veroorzaken met een ander bestaand of toekomstig bodemenergiesysteem dat het doelmatig functioneren van het andere systeem wordt geschaad.
    b. Dat er niet ondoelmatig gebruik wordt gemaakt van de bodem.
    c. Dat er door de afwijking geen grotere risico's ontstaan ten aanzien van het milieu en de leefomgeving dan indien de beleidsregels van dit bodemenergieplan waren gevolgd.
    d. De onderbouwing voor deze gebruiksregel dient bij de vergunningaanvraag ter beoordeling aangeboden te worden aan het bevoegd gezag.

    Toelichting: Indien aangetoond kan worden dat een afwijking op de regels alsnog kan leiden tot doelmatig gebruik van de bodem en geen negatieve gevolgen heeft voor bestaande of toekomstige systemen, het milieu en de leefomgeving (e.g. de mate van zetting en de hydrologische invloeden aan maaiveld), is het mogelijk om af te wijken. Op deze manier blijft er meer vrijheid over voor eventuele gebruikers van bodemenergie. Uiteraard is het niet bekend waar in de toekomst systemen zullen worden aangelegd. Wel zal erop gelet worden dat het nieuwe systeem van de initiatiefnemer niet onnodig meer ruimte in de bodem in beslag neemt dan wanneer de regels in het BEP waren gevolgd en dat overige percelen ruimte houden om een bron te ontwikkelen.

3.2.2 Regels voor gesloten bodemenergiesystemen in de zone Muidenbuurt

1. Alle initiatiefnemers van gesloten bodemenergiesystemen moeten naast een melding een vergunningaanvraag doen.
    a. Uit de vergunningaanvraag voor het gesloten bodemenergiesysteem dient te blijken of het te vergunnen systeem voldoet aan de beleidsregels voor gesloten bodemenergiesystemen zoals beschreven in dit bodemenergieplan.
    b. In de vergunningaanvraag staan het totale gebruiksoppervlak, het aantal woningen/ gebouwen en de gebruiksfunctie beschreven van de panden waar de energie aan wordt geleverd.

    Toelichting: In de geldende regelgeving is er voor gesloten bodemenergiesystemen met een kleinere capaciteit dan 70 kW alleen een meldingsplicht. Door alle systemen vergunningsplichtig te maken, wordt voorkomen dat systemen kunnen worden aangelegd zonder dat het bevoegd gezag inzicht heeft in de effecten van elk afzonderlijk systeem en de cumulatieve effecten. Daarnaast bewerkstelligt deze regel dat alle gesloten systemen getoetst kunnen worden aan de regels in het bodemenergieplan.

2. Initiatiefnemers dienen het systeem te ontwerpen volgens regel 2a *of* regel 2b. De keuze heeft gevolgen voor de boordiepte waaraan men zich moet houden (regel 3).
    a. De vergunning wordt aangevraagd met een energiebalans.
        i. Het systeem bereikt uiterlijk vijf jaar na de datum van ingebruikname een moment waarop sprake is van energiebalans.
        ii. Het systeem bereikt telkens opnieuw een moment van energiebalans uiterlijk vijf jaar na het laatste moment waarop die status bereikt is.
        iii. De initiatiefnemer geeft in de vergunning aan welke regeneratievoorziening wordt ingezet om de thermische balans te bereiken.
        iv. De initiatiefnemer toont aan dat het systeem is ontworpen op thermische balans.
        v. Jaarlijks worden monitoringsgegevens aan het bevoegd gezag verstrekt waaruit blijkt of aan 2.a.i. en 2.a.ii. wordt voldaan.
    b. De vergunning wordt aangevraagd zonder energiebalans.
        i. In de vergunningaanvraag wordt aangetoond dat rekening is gehouden met het eenvoudig kunnen aansluiten van een regeneratievoorziening op een later moment.

    Toelichting: Er kan worden gekozen om het systeem in energetische balans te ontwerpen. Initiatiefnemers kunnen door dit te doen afwijken van de boordiepteregels onder regel 3. Om te kunnen monitoren of de systemen daadwerkelijk in energetische balans draaien, moeten jaarlijks monitoringsgegevens worden verstrekt aan het bevoegd gezag. In het kader van dit plan is een notitie geschreven met een opzet voor betaalbare regeneratie bij gesloten bodemenergiesystemen. Deze notitie kan bij de gemeente worden opgevraagd.

    Anderzijds kunnen initiatiefnemers ervoor opteren om *niet* in balans te ontwerpen. Dan moet worden voldaan aan de boordiepteregels onder regel 3, zodat het koudeoverschot niet teveel ophoopt. Bij zeer grootschalige toepassing van gesloten bodemenergiesystemen, zoals voor de Muidenbuurt wordt verwacht, kan de bodemtemperatuur op langere termijn teveel dalen, waardoor a) het rendement van de systemen daalt, en/ of b) er overmatige interferentie is op nabijgelegen systemen en/ of c) de systemen noodgedwongen moeten worden stilgelegd. Dit kan voorkomen als de systemen in de praktijk met andere energiehoeveelheden of energiebalans draaien dan hetgeen waarop de boordiepte (regel 3) is aangevraagd. Om toekomstige problemen het hoofd te kunnen bieden dient de initiatiefnemer in het ontwerp en de vergunningaanvraag een opzet mee te geven voor hoe op een later moment eenvoudig en met beperkte kosten een regeneratievoorziening kan worden toegevoegd.

3. In deze regels zijn eisen opgenomen voor de boordiepte. Deze eisen gelden voor alle systemen, behalve de systemen die met een energiebalans worden ontworpen (zie regel 2). In de boordiepte wordt onderscheid gemaakt tussen boordiepte per lus en totale boordiepte. Deze begrippen zijn opgenomen in de begrippenlijst.
    a. Voor individuele gesloten bodemenergiesystemen geldt dat de initiatiefnemer de *minimale* totale boordiepte voor de lussen bepaalt aan de hand van de onderstaande rekenregels:
        i. De bodemzijdige onbalans (bodemzijdige warmtevraag minus bodemzijdige koudevraag) mag per meter totale boordiepte maximaal 0,020 MWh/j bedragen, en:
        ii. De bodemzijdige warmtevraag (verwarmen plus tapwater) mag per meter totale boordiepte maximaal 0,025 MWh/j bedragen, en:
        iii. De minimale boordiepte per lus bedraagt 150 m –mv.
        iv. De minimaal toe te passen boordiepte volgt uit de grootste van de op basis van regel 3a.i, 3a.ii en 3a.iii berekende boordiepten.
    b. Voor (klein-)collectieve gesloten bodemenergiesystemen geldt dat de initiatiefnemer de *minimale* boordiepte voor de lussen bepaalt aan de hand van de onderstaande rekenregels:
        i. De bodemzijdige onbalans (bodemzijdige warmtevraag minus bodemzijdige koudevraag) mag per meter totale boordiepte maximaal 0,027 MWh/j bedragen, en:
        ii. De bodemzijdige warmtevraag (verwarmen plus tapwater) mag per meter totale boordiepte maximaal 0,034 MWh/j bedragen, en:
        iii. De minimale boordiepte per lus bedraagt 150 m –mv.
        iv. De minimaal toe te passen boordiepte volgt uit de grootste van de op basis van regel 3b.i, 3b.ii en 3b.iii berekende boordiepten.
    c. Afwijken van de minimale boordiepte per lus (150 m –mv) is niet mogelijk voor systemen zonder energiebalans. Overige afwijkingen van de boordiepteregels zijn alleen toegestaan indien kan worden aangetoond dat aanvullende ruimte voor interferentie en opbouw van een koudeoverschot ontstaat, omdat nabijgelegen reeds voltooide ontwikkelingen *geen* gebruik maken van gesloten bodemenergiesystemen. De aanvrager dient hierbij aan te tonen dat het beoogde systeem geen nadelige effecten heeft op toekomstige GBES *zonder antivriesmiddel* op *alle* andere percelen, inclusief verder gelegen percelen en rekening houdende met een levensduur van 50 jaar en verplaatsing van het koudeoverschot met de grondwaterstroming over 50 jaar.

Toelichting: in de rekenregels heeft 1 systeem bestaande uit twee boorgaten van elk 100 m diep, een totale boordiepte van 200 m. Het gaat in de rekenregels om deze *totale* boordiepte ten opzichte van de op het systeem aangesloten *bodemzijdige* energievraag en onbalans. De grootschalige toepassing van gesloten bodemenergiesystemen voor woningen is inherent verbonden met een groot koudeoverschot in de bodem. Dit koudeoverschot kan op twee manieren worden beheerst: 1) door te regenereren. 2) door het koudeoverschot over een voldoende groot bodemvolume te spreiden, of in andere woorden, door voldoende boordiepte te realiseren. De bovenstaande regels dienen hiervoor. Wanneer de initiatiefnemer wil afwijken, moet worden aangetoond dat toekomstige GBES niet worden belemmerd. Dit moet worden aangetoond voor systemen zonder antivriesmiddel, omdat deze het eerst negatief beïnvloed zullen worden.

4. Voor het aantal te boren lussen geldt dat:
    a. Er voor (klein-)collectieve systemen, over het aan te leggen cluster gerekend, *maximaal* 1 lus per 200 m^2 gebruiksoppervlak mag worden aangelegd. Als het aantal te boren lussen dat uit deze berekening volgt niet een geheel getal is, mag het aantal lussen naar het eerstvolgende gehele getal naar boven worden afgerond.
    b. Er voor individuele systemen voor woningen < 200 m^2 gebruiksoppervlak *maximaal* 1 lus per woning mag worden aangelegd. Voor woningen > 200 m^2 gebruiksoppervlak mogen maximaal 2 lussen per woning worden aangelegd.
    c. Voor panden die een andere functie dan 'wonen' hebben, mag *maximaal* 1 lus per 200 m^2 gebruiksoppervlak worden aangelegd. Als het maximale aantal te boren lussen dat uit deze berekening volgt niet een geheel getal is, mag dit getal naar boven worden afgerond.

    Toelichting: de onder regel 3 opgenomen restricties ten aanzien van boordiepte zijn op zichzelf niet voldoende om te garanderen dat het koudeoverschot over voldoende bodemvolume wordt gespreid. Men kan namelijk meer ondiepe lussen boren in plaats van minder diepe lussen. Daarmee zou het koudeoverschot in de bovenste bodemlagen worden geconcentreerd. Om dit te voorkomen wordt het aantal lussen dat kan worden geboord gelimiteerd.

5. Een gesloten bodemenergiesysteem en haar toebehoren dienen binnen de grenzen van het eigen perceel te worden geïnstalleerd.

    Toelichting: de ondergrond in de openbare ruimte is drukbezet met kabels en leidingen. Het is daarom niet toegestaan om GBES in de openbare ruimte aan te leggen. Het is aan de initiatiefnemer om zorg te dragen voor voldoende ruimte op het perceel (hetzij onderpands, niet-onderpands of beiden). Als GBES niet passend te krijgen zijn op het perceel zal moeten worden uitgeweken naar een andere energievoorziening zoals OBES.

3.3 Regels voor bodemenergiesystemen in de zone Pampusbuurten

3.3.1 Regels voor open bodemenergiesystemen in de zone Pampusbuurten

1. Alle initiatiefnemers van open bodemenergiesystemen moeten een vergunningaanvraag doen.
    a. Middels effectenberekeningen moet worden onderbouwd dat er doelmatig gebruik van de bodem wordt gemaakt en dat er geen negatieve interferentie plaatsvindt.
    b. De onder 1a genoemde berekeningen worden ter goedkeuring aan het bevoegd gezag voorgelegd.
    c. Uit de vergunningaanvraag voor het open bodemenergiesysteem moet blijken of het te vergunnen systeem voldoet aan de beleidsregels voor open bodemenergiesystemen, zoals beschreven in dit bodemenergieplan.

    Toelichting: zie gebruiksregel 1 voor open bodemenergiesystemen in Muidenbuurt.

2. Recirculatiesystemen zijn niet toegestaan.

    Toelichting: zie toelichting bij gebruiksregel 2 voor open bodemenergiesystemen in Muidenbuurt.

3. Doubletsystemen zijn uitsluitend toegestaan als:
    a. De initiatiefnemer aantoont dat het benodigd bodemzijdig vermogen, rekening houdende met een gelijktijdigheidsfactor passend bij het aantal aansluitingen, groter is dan 1.114 kW.
    b. De initiatiefnemer het aantal m^2 gebruiksoppervlak en de gebruiksfunctie aanlevert van de bebouwing die dient te worden verwarmd/ gekoeld. Dit ter controle van het voor regel 3a opgegeven vermogen.
    c. De initiatiefnemer middels effectberekeningen aantoont dat monobronnen nog mogelijk zijn op elk kadastraal perceel dat niet onderdeel is van de vergunningaanvraag.
    d. De bronfilters in het derde watervoerende pakket worden gerealiseerd.
    e. De bronfilters worden geplaatst tussen een diepte van 120 m –N.A.P. en de onderzijde van het derde watervoerende pakket, hier gelegen op ca. 230 m –N.A.P.
    f. Per bron wordt een minimale filterlengte van 50 m aangehouden, tenzij de initiatiefnemer aan de hand van de boorstaat van het project kan aantonen dat deze filterlengte niet kon worden gerealiseerd binnen het opgegeven traject (3e). Hierbij wordt ervan uitgegaan dat tot de einddiepte van het pakket wordt geboord indien niet voldoende filter kan worden gesteld.
    g. Het systeem uiterlijk vijf jaar na de datum van ingebruikname een moment bereikt waarop sprake is van energiebalans.
    h. Het systeem telkens opnieuw een moment van energiebalans bereikt uiterlijk vijf jaar na het laatste moment waarop die status bereikt is.
    i. Het systeem uiterlijk vijf jaar na de datum van ingebruikname een moment bereikt waarop sprake is van hydrologische balans.
    j. Het systeem telkens opnieuw een moment van hydrologische balans bereikt uiterlijk vijf jaar na het laatste moment waarop die status bereikt is.

    Toelichting: zie toelichting bij gebruiksregel 3 voor open bodemenergiesystemen in Muidenbuurt.

4. Monobronnen zijn uitsluitend toegestaan als:
    a. De bronfilters in het 3e watervoerende pakket worden gerealiseerd.
    b. De warme bron wordt geplaatst tussen een diepte van 120 en 145 m –N.A.P.
    c. De koude bron wordt geplaatst tussen een diepte van 170 m –N.A.P. en de onderzijde van het 3e watervoerende pakket, in Strandeiland gelegen op ca. 230 m –N.A.P.
    d. Voor de warme én koude bron wordt een filterlengte van minimaal 15 m per bron toegepast, tenzij de initiatiefnemer aan de hand van de boorstaat van het project kan aantonen dat deze filterlengte niet kon worden gerealiseerd binnen de opgegeven trajecten (4b en 4c). Bij het niet behalen van de filterlengte van de koude bron, wordt ervan uitgegaan dat de boring is uitgevoerd tot de einddiepte van het pakket, op ca. 230 m –N.A.P.
    e. Het systeem uiterlijk vijf jaar na de datum van ingebruikname een moment bereikt waarop sprake is van energiebalans.
    f. Het systeem telkens opnieuw een moment van energiebalans bereikt uiterlijk vijf jaar na het laatste moment waarop die status bereikt is.
    g. Het systeem uiterlijk vijf jaar na de datum van ingebruikname een moment bereikt waarop sprake is van hydrologische balans.
    h. Het systeem telkens opnieuw een moment van hydrologische balans bereikt uiterlijk vijf jaar na het laatste moment waarop die status bereikt is.

    Toelichting: zie gebruiksregel 4 voor open bodemenergiesystemen in Muidenbuurt.

5. Een open bodemenergiesysteem en haar toebehoren dienen in beginsel binnen de grenzen van het eigen perceel te worden geïnstalleerd. De initiatiefnemer dient hier bij de plaatsing van gebouwen op het perceel rekening mee te houden. De gemeente is alleen bereid om toestemming voor gebruik van de openbare ruimte – of ruimte die na vervolmaking van het project openbare ruimte wordt – te overwegen (maar kan deze toestemming niet op voorhand garanderen) indien:
    a. De initiatiefnemer de vergunning aanvraagt voor de energievoorziening van een gehele tranche, of delen van aangrenzende tranches, of meerdere gehele tranches, en:
    b. Er zwaarwegende redenen zijn dat de bron(nen) niet op eigen terrein kan/ kunnen worden geplaatst. Perceel vullende bouw en meerkosten bieden hiervoor niet zonder meer voldoende onderbouwing, en:
    c. Er afstemming is met, en goedkeuring wordt verkregen van de gemeente, en:
    d. De richtlijnen worden aangehouden zoals omschreven in hoofdstuk 3.4.

    Toelichting: zie gebruiksregel 5 voor open bodemenergiesystemen in Muidenbuurt.

6. Bij afwijking van een gebruiksregel dient vooraf door de initiatiefnemer aangetoond te worden dat:
    a. Het systeem geen zodanige interferentie kan veroorzaken met een ander bestaand of toekomstig bodemenergiesysteem dat het doelmatig functioneren van het andere systeem wordt geschaad.
    b. Dat er niet ondoelmatig gebruik wordt gemaakt van de bodem.
    c. Dat er door de afwijking geen grotere risico's ontstaan ten aanzien van het milieu en de leefomgeving dan indien de beleidsregels van dit bodemenergieplan waren gevolgd.
    d. De onderbouwing voor gebruiksregel 6 dient bij de vergunningaanvraag ter beoordeling aangeboden te worden aan het bevoegd gezag.

    Toelichting: zie gebruiksregel 6 voor open bodemenergiesystemen in Muidenbuurt.

3.3.2 Regels voor gesloten bodemenergiesystemen in de zone Pampusbuurten

1. Alle initiatiefnemers van gesloten bodemenergiesystemen moeten naast een melding een vergunningaanvraag doen.
    a. Uit de vergunningaanvraag voor het gesloten bodemenergiesysteem dient te blijken of het te vergunnen systeem voldoet aan de beleidsregels voor gesloten bodemenergiesystemen zoals beschreven in dit bodemenergieplan.

    Toelichting: zie gebruiksregel 1 voor gesloten bodemenergiesystemen in Muidenbuurt.

2. De boordiepte van de gesloten bodemenergiesystemen bedraagt maximaal 100 m -N.A.P. ofwel grofweg 103 m -mv.

    Toelichting: het deelplan voor de Pampusbuurten dient ten eerste om de capaciteit voor monobronnen in het pakket veilig te stellen voor huidige en toekomstige gebruikers. Om dit te waarborgen en negatieve interferentie tussen GBES en OBES op de lange termijn uit te sluiten is een verticale tussenafstand van ca. 20 m benodigd. De monobronnen kunnen filter hebben op 120 m -N.A.P. Dit leidt tot een boordiepterestrictie van 100 m -N.A.P. ofwel ca. 103 m -mv voor gesloten bodemenergiesystemen.

3. Een gesloten bodemenergiesysteem en haar toebehoren dienen binnen de grenzen van het eigen perceel te worden geïnstalleerd.

    Toelichting: zie gebruiksregel 5 voor gesloten bodemenergiesystemen in Muidenbuurt.

3.4 Regels voor bronnen en leidingwerk in de openbare ruimte

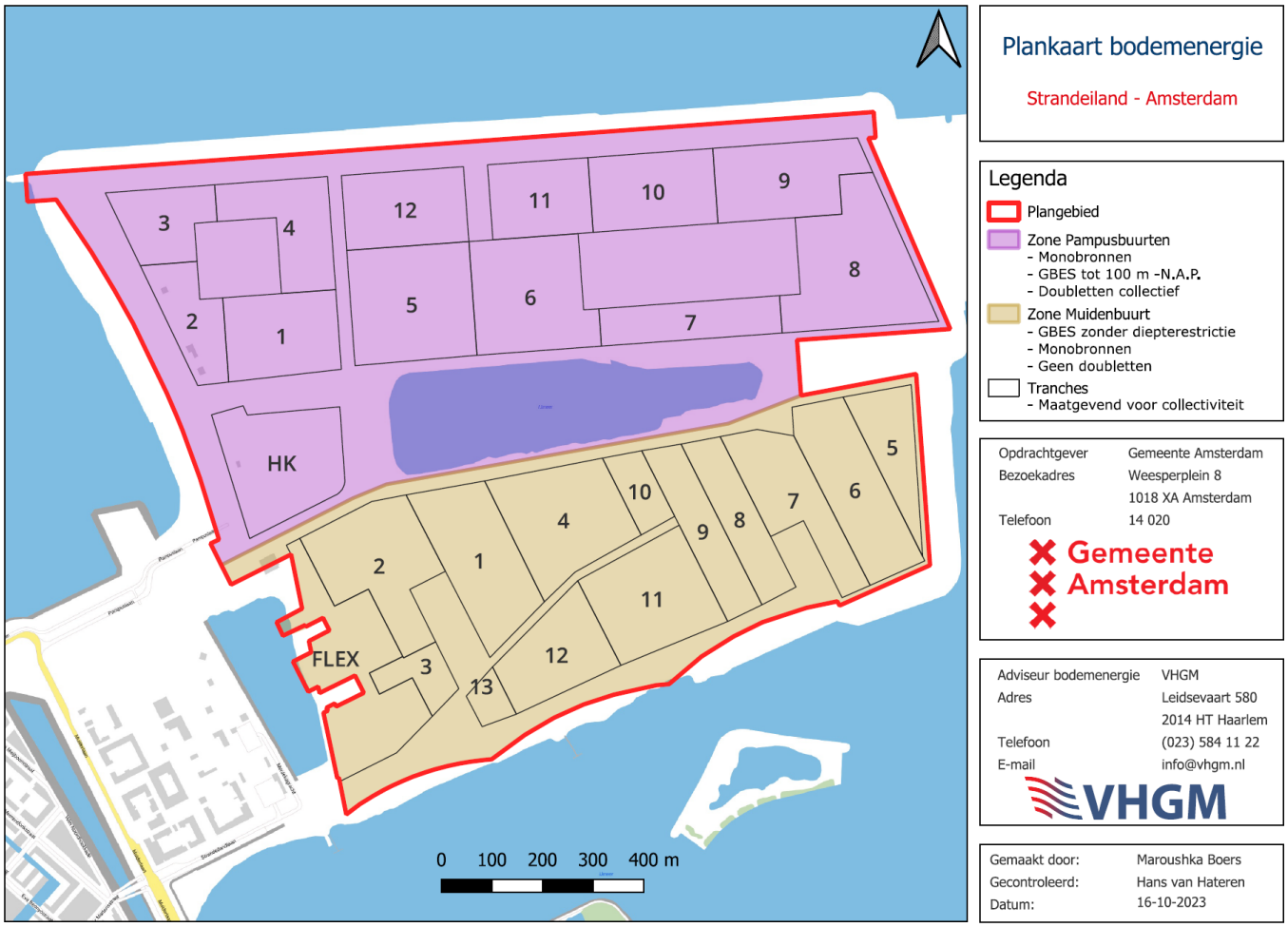
1. Horizontaal leidingwerk dient volledig ondergronds te worden afgewerkt.
2. De inpassing van het leidingwerk in de openbare ruimte dient te worden afgestemd met de gemeente.
3. Voorkeurslocaties voor putconstructies zijn A) het trottoir, parkeervlakken en pleinen, waarbij ondergrondse afwerking wordt vereist, of B) groenvakken, waarbij een bovengrondse putconstructie mogelijk is indien deze inpasbaar is (denk aan zitvlakken of andere inpasbare elementen). Dit dient te worden afgestemd met de gemeente.
4. De putten die gelijk aan maaiveld zijn afgewerkt dienen minimaal te voldoen aan verkeersbelastingsklasse EN 1433 C-250.
5. Putten die in het straatwerk worden geplaatst moeten netjes worden afgewerkt, waarbij er geen beton in het zicht mag zijn. Dit geldt ook voor andere maaiveldverhardingen.
6. De gemeente behoudt het recht om de randen van bovengrondse putconstructies te voorzien van informatie, kunst, reclame of andere grafische afbeeldingen. Dit zal geen invloed hebben op het onderhoud van de bron.
7. Het inperken van het groenareaal (met name bomen) door de putconstructie dient zoveel mogelijk voorkomen te worden.
8. Voor de locatie, de inpassing en het uiterlijk van de bronput dient te allen tijde contact met de gemeente Amsterdam plaats te vinden.

3.5 Regels voor bodemenergiesystemen in (de beschermingszone van) waterkeringen

1. Het bodemenergiesysteem, inclusief het bijbehorende leidingwerk, dient te voldoen aan de waterschapsverordening van het Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht.
2. De initiatiefnemer toont aan dat er geen aanvaardbaar alternatief is voor de beoogde locatie van het bodemenergiesysteem.
    a. De bron moet indien redelijkerwijs mogelijk buiten de waterkering worden geplaatst.
    b. Het ondergrondse leidingtracé behorende bij het bodemenergiesysteem, bronnet of warmtenet moet zoveel als redelijkerwijs mogelijk buiten de waterkering worden geplaatst.
3. Het bodemenergiesysteem werkt onder lage druk.
    a. De druk van een open bodemenergiesysteem dient lager te zijn dan 800 kPa.
    b. De druk van een gesloten bodemenergiesysteem dient lager te zijn dan 200 kPa.
4. Het bodemenergiesysteem wordt op een zo groot mogelijke afstand van de kernzone van de waterkering geplaatst. Voor open bodemenergiesystemen op Strandeiland bedraagt de minimale afstand tussen de kruin van de waterkering en het bodemenergiesysteem 10 m.
5. De mechanische boringen voor de aanleg van het ondergrondse deel worden uitgevoerd door een bedrijf dat erkend is voor de BRL SIKB 2100, ‘Mechanisch boren' en het daaraan gekoppelde protocol 2101 Mechanisch boren.

1. De initiatiefnemer toont aan dat er geen extra zettingen plaatsvinden door de aanleg en het gebruik van het bodemenergiesystemen

Figuur 3.1 Plankaart



4 Wetgeving

4.1 Bronnen op openbaar terrein

Bronnen in de openbare ruimte zijn onwenselijk, en worden alleen onder specifieke condities toegestaan (zie H3). Voor een bron in de openbare ruimte is recht van opstal benodigd van de gemeente (art. 5:101 Burgerlijk Wetboek).

4.2 Lozingen voor bodemenergiesystemen binnen de gemeente Amsterdam

Lozingen voor het ontwikkelen en onderhouden van bodemenergiesystemen dienen te voldoen aan de beleidsregels in de memo “lozen van grondwater op het (vuilwater)riool vrijkomend bij het ontwikkelen c.q. onderhouden van bronnen (al dan niet behorende bij een open bodemenergiesysteem)” geschreven door de Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied. De memo is niet toegevoegd aan dit plan, omdat de memo onderhevig kan zijn aan wijzigingen. De meest recente versie van de memo kan worden opgevraagd bij de Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied. De initiatiefnemer dient aan de meest recente versie van de memo te voldoen.

4.3 Algemene wetgeving open en gesloten bodemenergiesystemen

Met ingang van de Omgevingswet op 1 januari 2024 veranderen een aantal zaken met betrekking tot bodemenergie en bodemenergieplannen. De regels waaraan bodemenergiesystemen moeten voldoen zijn vanaf dat moment te vinden in het Besluit activiteiten leefomgeving paragraaf 4.111 en 4.112. Hierin staan de algemene rijksregels voor open en gesloten bodemenergiesystemen.

Deze algemene regels gaan over de verhouding tussen de hoeveelheden warmte en koude die aan de bodem worden toegevoegd en eventuele registratie daarvan, het voorkomen van interferentie, de minimum- en maximumtemperatuur van de circulatievloeistof, systeemeisen en het energierendement. Gesloten bodemenergiesystemen in afzonderlijke woningen zijn vrijgesteld van een deel van deze eisen. De lozingen die horen bij de aanleg en het gebruik van bodemenergiesystemen zijn ook onderdeel van dit besluit.

Open bodemenergiesystemen
Voor ingang van de Omgevingswet (voor 1 januari 2024)
Voor open bodemenergiesystemen met een debiet > 10 m^3/h dient een vergunning Waterwet aangevraagd te worden bij het bevoegd gezag, zijnde de provincie Noord-Holland. Voor open bodemenergiesystemen met een debiet < 10 m^3/h is alleen een melding nodig. Binnen het interferentiegebied behorende bij het onderhavige bodemenergieplan worden alle open bodemenergiesystemen vergunningplichtig. Voor vragen hierover kunt u contact opnemen met het bevoegd gezag. Daarnaast moet voor het installeren en het in werking hebben van open bodemenergiesystemen worden voldaan aan de eisen uit artikel 6.11a tot en met 6.11i van het Waterbesluit. Bij provinciale omgevingsverordening kan ook worden bepaald dat systemen met een debiet < 10 m^3/h zijn vrijgesteld van een vergunningplicht. Dit is in de provincie Noord-Holland het geval. Echter, in het interferentiegebied Strandeiland zijn alle systemen vergunningsplichtig ten gevolge van de in dit bodemenergieplan opgenomen regels. Eventueel kunnen waterschappen ook regels stellen voor het onttrekken van grondwater, dit komt dan in een waterschapsverordening.

Na ingang van de Omgevingswet (voor 1 januari 2024)
Voor de aanleg en het gebruik van open bodemenergiesystemen blijft een vergunning van de provincie nodig. Naast die vergunning gelden er algemene regels. Dit betekent dat de instructievoorschriften voor open systemen niet meer in de vergunning staan, maar in algemene rijksregels.

Gesloten bodemenergiesystemen
Voor ingang van de Omgevingswet (voor 1 januari 2024)
Voor gesloten bodemenergiesystemen binnen een interferentiegebied dient naast de melding (Besluit lozen buiten inrichting of Activiteitenbesluit milieubeheer) ook een omgevingsvergunning beperkte milieutoets aangevraagd te worden bij het bevoegd gezag, zijnde de gemeente Amsterdam. Voor het installeren en het in werking hebben van een gesloten bodemenergiesysteem zijn de algemene regels uit het Besluit lozen buiten inrichtingen (artikel 1.10a en 3a.1 t/m 3a.10) of het Activiteitenbesluit milieubeheer (artikel 1.21a en 3.16 g t/m q) van toepassing.

Na ingang van de Omgevingswet (voor 1 januari 2024)
Onder de Omgevingswet zijn de algemene regels voor gesloten systemen niet meer uitputtend bedoeld. Dit betekent dat de gemeente aanvullende of afwijkende regels kan stellen via maatwerk.
In tegenstelling tot het huidige Wijzigingsbesluit bodemenergiesystemen vervalt daarnaast het onderscheid tussen grote en kleine systemen met de grens van 70 kW bodemzijdig. Het is aan de gemeente om een lokale vergunningplicht in te stellen voor gesloten bodemenergiesystemen. De gemeente moet deze vergunningsplicht zelf regelen in het omgevingsplan. Indien de gemeente nog geen omgevingsplan heeft vastgesteld, gelden de oude regels omtrent de vergunningsplicht (bruidsschat). De meldingsplicht voor alle systemen blijft onder de nieuwe Omgevingswet behouden.

Maatwerk na ingang van de Omgevingswet
In het Besluit activiteiten leefomgeving is maatwerk altijd mogelijk. Dit maatwerk bestaat uit 2 vormen:

- Maatwerkregels: gebiedsgerichte regels in het omgevingsplan of de omgevingsverordening, die gelden voor alle initiatiefnemers binnen het betreffende gebied.
- Maatwerkvoorschriften: een individuele beschikking, gericht tot één initiatiefnemer.

5 Effecten van het plan

5.1 Pampusbuurten en Havenkom

Hydrologische effecten
Het in gebruik hebben van bodemenergiesystemen resulteert in hydrologische (grondwaterdruk) en hydrothermische (grondwatertemperatuur) effecten. In dit plan worden deze effecten ingeschat door een modelstudie. De gebruikte modellen en modelinvoer, alsmede de resultaten van de berekeningen, staan beschreven in bijlage 3.

Middels deeltjesberekeningen (berekeningen die het passieve transport van deeltjes laten zien ten gevolge van het verpompen van grondwater door bodemenergiesystemen) is aangetoond dat een hydrologische onbalans voor een sterke verticale aantrekking van grondwater zorgt over de levensduur van het bodemenergiesysteem. Uiteraard is de inschatting van het verstoppingsrisico een ontwerpparameter en daarmee de verantwoordelijkheid van individuele initiatiefnemers. Echter, bij grootschalige toepassing van open bodemenergiesystemen, zoals zeker de Pampusbuurten wordt verwacht, kunnen individuele systemen het grondwater 'vervuilen' voor hun buursystemen. Daarmee wordt deze ontwerpparameter er een die impact heeft op het algemeen belang. Vanwege het risico op bronverstopping binnen het plangebied ten gevolge van sulfaatreductie, is voor het onderhavige bodemenergieplan daarom, naast de minimale filterdiepte van 120 m -N.A.P., gekozen voor een eis van hydrologische balans voor open bodemenergiesystemen.

De open bodemenergiesystemen van het plan onttrekken en infiltreren grondwater in het 3^{e} watervoerende pakket. Hierdoor ontstaan drukverschillen (stijghoogteverschillen) in het grondwater, ook wel hydrologische effecten genoemd. De berekende verlagingen zijn beperkt doordat monobronnen worden ingezet in het gebied (bijlage 3). Het 5 cm-invloedsgebied blijft binnen het projectgebied. Er zijn daarmee geen significante effecten op het om het projectgebied gelegen Natuurnetwerk Nederland-gebied (NNN). Effecten op Natura 2000-gebied, het IJmeer, zijn uitgesloten, omdat het (grond)waterpeil wordt bepaald door het peil van het meer.

Door de grondwaterdrukveranderingen (stijghoogteveranderingen) ontstaan ook zettingen. Deze zettingen zijn zeer klein en zullen niet resulteren in schade aan gebouwen noch aan het dijklichaam langs het IJmeer (bijlage 3). Dit laat onverlet dat individuele initiatiefnemers van bodemenergiesystemen aan het bevoegd gezag aantonen dat zij geen negatief effect hebben op het dijklichaam en bestaande panden.

Hydrothermische effecten
Zowel open als gesloten bodemenergiesystemen hebben een effect op de bodem- en grondwatertemperatuur.

- De boordiepterestrictie voor GBES is bepaald aan de hand van modelberekeningen van de onderlinge effecten tussen monobronnen en GBES. Bij de gehanteerde boordiepterestrictie is er een positief effect van OBES op GBES. Er is geen significant effect van de GBES op de OBES.
- De filtertrajecten van de warme en koude bronfilters, zoals opgenomen in de beleidsregels, zijn tevens aan de hand van modelberekeningen bepaald. Bij de kortst mogelijke verticale afstand die de beleidsregels toestaan, is er enige *extra* interferentie tussen de warme en koude bel. De interferentie is beperkt en laat toe dat de systemen met een goed thermisch rendement kunnen draaien. Er is gekozen voor een relatief korte minimumafstand tussen de trajecten om ervoor te zorgen dat men in de praktijk systemen van voldoende capaciteit kan aanleggen.
- Er is geen netto afkoeling van het 3e watervoerende pakket, omdat in de beleidsregels een hydrothermische balans wordt geëist.
- Afhankelijk van de hoeveelheid GBES die in de praktijk wordt aangelegd, kan er sprake zijn van een opbouwend koudeoverschot tot ca. 100 à 110 m -N.A.P.

5.2 Muidenbuurt

Hydrologische effecten
Hydrologische effecten zijn niet bepaald, omdat de kleinere dichtheid aan energievraag en daarmee kleinere dichtheid aan monobronnen resulteert in significant kleinere effecten dan bij de Pampusbuurten.

Hydrothermische effecten
Indien het volledige gebied middels gesloten bodemenergiesystemen van energie wordt voorzien, hetgeen het bodemenergieplan toelaat, maar niet als realistisch wordt gezien, bouwt er een groot koudeoverschot op in de bodem. Dit koudeoverschot drijft met de tijd geleidelijk af naar het westzuidwesten maar bereikt binnen 50 jaar niet Centrumeiland en de daarop gelegen bodemenergiesystemen.

Het opbouwende koudeoverschot zorgt ervoor dat gesloten bodemenergiesystemen robuuster moeten worden ontworpen om ten minste 50 jaar in bedrijf te kunnen blijven. Uit de modelberekeningen in bijlage 3 zijn de beleidsregels ten aanzien van de boordiepte van gesloten bodemenergiesystemen gerapporteerd. Deze beleidsregels zijn zo gekozen dat het koudeoverschot over voldoende bodemvolume wordt gespreid om gesloten bodemenergiesystemen voor alle toekomstige gebruikers in de Muidenbuurt mogelijk te maken. Desalniettemin wordt verwacht dat niet alle toekomstige energiegebruikers gebruik zullen maken van gesloten bodemenergiesystemen. Daardoor zal het koudeoverschot in de praktijk kleiner zijn.

Inpassing van monobronnen blijft mogelijk doordat:
- De beleidsregels voor GBES zorgen voor diepere lussen en daardoor een minder groot horizontaal invloedsgebied van het koudeoverschot.
- Inzet van een monobron ervoor zorgt dat voor een relatief groot gebied geen GBES worden toegepast.
- Er, blijkens de modelberekeningen (bijlage 3), binnen dit ‘gat in het koudeoverschot’ over het algemeen voldoende ruimte zou moeten zijn om een monobron op voldoende afstand tot GBES te plaatsen.

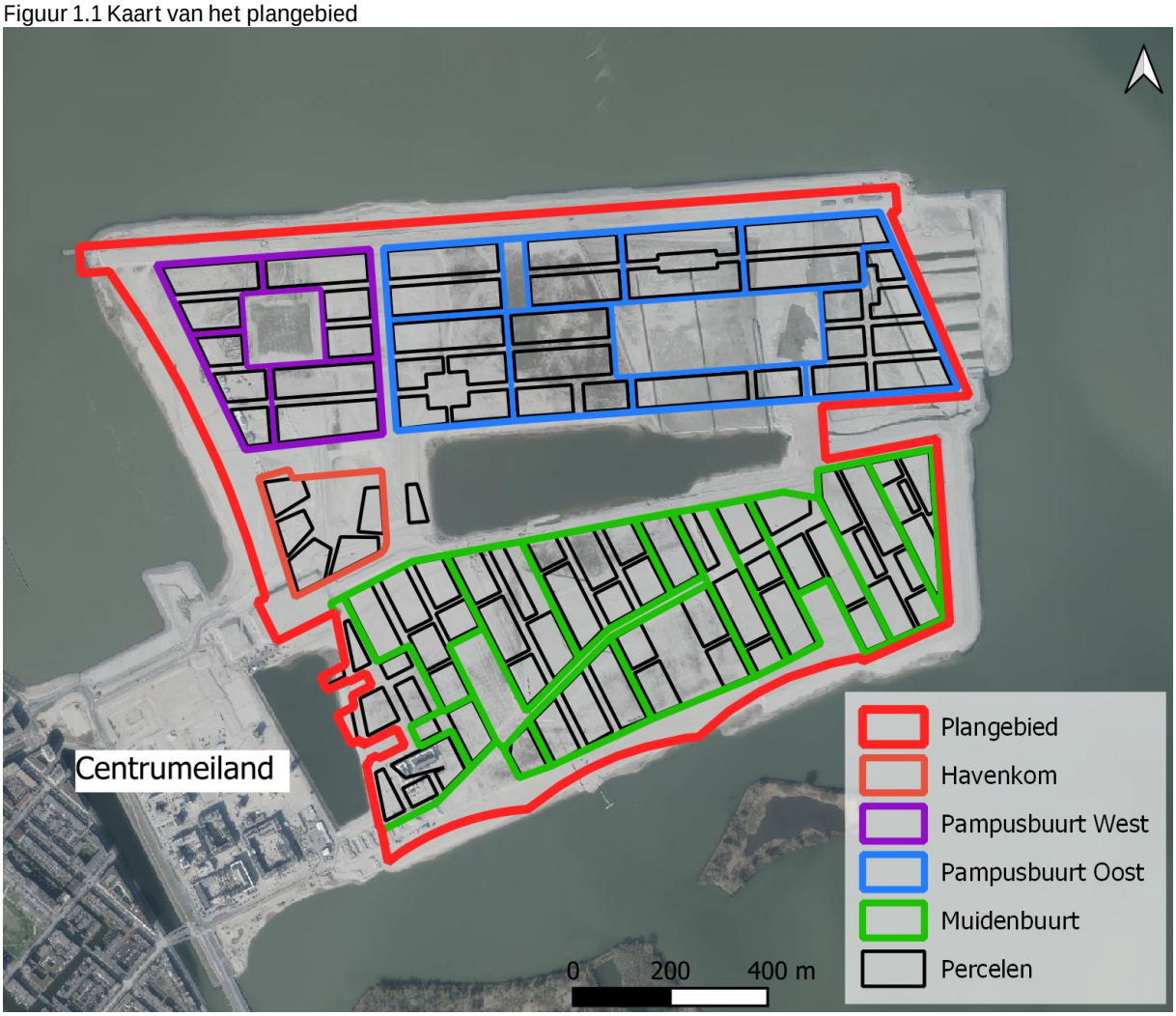
BIJLAGE 1 VOORONDERZOEK

1 Inleiding

1.1 Projectbeschrijving

Aan de oostzijde van Amsterdam, in het IJsselmeer, is een eiland opgespoten en verbonden met het Centrumeiland (figuur 1.1). Nu wordt het nog gedeeltelijk gebruikt als een stadstrand, maar de komende jaren zullen er ca. 8.000 nieuwe woningen komen verdeeld over enkele buurten. Figuur 1.1 toont de huidige situatie met daaroverheen de verschillende te ontwikkelen buurten, de daarbinnen gelegen ontwikkelvelden ('tranches', aangegeven in de kleur van de buurt) en de daarbinnen gelegen percelen. Het centrale binnenwater, ook wel 'Het Oog' genoemd, blijft behouden.

Figuur 1.1 Kaart van het plangebied



De gemeente Amsterdam wil een extra focus leggen op het ontwikkelen van duurzame woonwijken. Bodemenergie is een van de pijlers van duurzame energie en wordt veel ingezet in Amsterdam. De ontwikkeling van het gebied zal leiden tot een toename van het gebruik van de ondergrond voor bodemenergie. Met name vanwege de kleine perceelgrootte en de afwisseling tussen niet-gestapelde en gestapelde bouw kan er een mismatch ontstaan tussen de bodempotentie (de hoeveelheid energie die de bodem kan leveren) en de bovengrondse energievraag. Deze mismatch kan worden verergerd door de kans dat zowel gesloten als open bodemenergiesystemen zullen worden ontwikkeld en doordat voorlopende ontwikkelingen hun bodemenergiesystemen suboptimaal kunnen plaatsen, waardoor er voor latere ontwikkelingen onvoldoende ondergrondse ruimte overblijft.

Voor een gedeelde inzet van bodemenergie met inachtneming van toekomstige gebruikers is aan VHGM gevraagd een bodemenergieplan voor het gebied op te stellen. In het bodemenergieplan worden regels gesteld voor het gebruik van de ondergrond zodat grootschalige inzet van bodemenergie kan worden beheerst. De regels variëren in het gebied. Onderdeel van het bodemenergieplan is daarom een plankaart: een plattegrond die het ruimtelijke aspect van het ondergrondbeleid weergeeft. Het bodemenergieplan wordt opgesteld in overleg met de gemeente, de provincie Noord-Holland (bevoegd gezag Waterwet) en de Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied (uitvoerende partij voor toezicht op Waterwet).
Daarnaast wordt overleg gevoerd met de huidig bekende ontwikkelaar en corporaties om een beter beeld te krijgen van de toekomstige energievraag, de indeling van panden en de voorlopige visie van deze partijen op het gebied van energievoorziening.

De onderhavige rapportage vormt de basis van het bodemenergieplan en behandelt al het benodigde vooronderzoek waarop de regels en plankaart van het bodemenergieplan zijn gebaseerd.

1.2 Inhoud van het advies

Naast de projectbeschrijving bevat hoofdstuk 1 een beschrijving van de verschillende typen bodemenergiesystemen. Dit is nodig om de verschillende specifieke aandachtspunten en effecten op de omgeving inzichtelijk te maken. Vervolgens wordt de bodemzijdige energievraag per tranche en per perceel berekend (hoofdstuk 2). De omgevingsbelangen, geohydrologische situatie en daarmee samenhangende risico's komen aan bod in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 wordt de bodempotentie berekend op basis van de geohydrologie. Daarbij wordt rekening gehouden 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 2 berekende energievraag.

De voorgaande hoofdstukken vormen het vertrekpunt voor modelberekeningen in hoofdstuk 5. Middels deze modelberekeningen wordt uitgezocht welke regels en gebiedsindeling nodig zijn in het bodemenergieplan om bodemenergie nu en in de toekomst in goede banen te leiden. De gebiedsindeling van Strandeiland is op het moment van schrijven van dit vooronderzoek op hoofdlijnen bekend. Voor de eerste tranche (tranche 1) is reeds meer detail over de plaatsing van gebouwen bekend. Dit detail wordt meegenomen in de modelberekeningen.

In hoofdstuk 6 volgen de slotopmerkingen.

1.3 Inleiding bodemenergie

Er kunnen twee hoofdvormen van 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 kunststof lussen (bodemlussen) in een boorgat in de bodem aangebracht (figuur 1.2). De overige ruimte in het boorgat wordt vervolgens in de regel afgedicht met grout (een soort beton). Door warmtegeleiding tussen de bodem en de bodemlussen wordt warmte of koude onttrokken. Er wordt dus geen grondwater onttrokken of geïnfiltreerd (verpompt). Daardoor is een gesloten bodemenergiesysteem ook minder afhankelijk van de bodemopbouw: er zijn geen waterdoorlatende zand- of grindlagen nodig. De temperatuur in de bodemlus mag maximaal 30°C en minimaal 3°C bedragen. Geleiding is een relatief langzaam proces. GBES zijn daardoor met name geschikt voor lagere vermogens, zoals individuele woningen, kleinere appartementencomplexen en kleinere utiliteitsgebouwen. GBES worden het vaakst ingezet voor woningbouw. Woningen kennen vaak een grotere warmtevraag dan koudevraag, hetgeen resulteert in een bodemzijdig koudeoverschot. Er is dus rondom dit type systemen vaak meer koude dan warmte in de bodem aanwezig, hetgeen ook wordt toegestaan door het bevoegd gezag.

Het ontbreken van regeneratie is (over het algemeen) stedenbouwkundig gezien van belang: bij monovalente inzet van gesloten bodemenergiesystemen zullen over het algemeen geen regeneratievoorzieningen worden ingepast op de daken. Het blijft echter aan individuele ontwikkelaars of al dan niet geregenereerd wordt. Als vanuit het bodemenergieplan regeneratie wordt geëist werkt dit sterk kostenverhogend. Er zal vaker worden uitgeweken naar lucht-water warmtepompen indien hiermee aan de eisen voor duurzaamheid kan worden voldaan.

Open bodemenergiesystemen
Bij open bodemenergiesystemen (OBES) worden bronnen in de bodem geboord. Vanuit deze bronnen wordt warm en koud grondwater onttrokken (uit de bodem naar boven gehaald) en geïnfiltreerd (de bodem ingebracht) in een warme bel (maximaal 25 °C) en een koude bel (minimaal 5 °C) (figuur 1.2). De OBES verpompen grondwater en zijn daarom afhankelijk van waterdoorlatende bodemlagen (grind of zand). Daarnaast zijn ze afhankelijk van een geschikte grondwaterkwaliteit om verstopping van de bronnen te voorkomen. Het onttrekken en infiltreren van grondwater veroorzaakt drukveranderingen in de watervoerende pakketten (hydrologische effecten) naast de thermische (temperatuur) effecten die ook voor GBES gelden. OBES zijn rendabel voor relatief hoge vermogens, zoals hoogbouw, kantoren en collectieve bronnetten 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. Binnen een interferentiegebied (het gebied behorende bij een bodemenergieplan) wordt een koudeoverschot over het algemeen niet toegestaan door de provincie Noord-Holland. Op Strandeiland worden met name woningen ontwikkeld. Deze kennen een grotere warmte- dan koudevraag. Dit betekent dus dat voor OBES geregenereerd dient te worden vanuit externe warmtebronnen. 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. Op dit moment wordt ervan uitgegaan dat er met name individuele OBES zullen worden ontwikkeld voor de verschillende ontwikkelaars/ corporaties. Bij deze schaalgrootte worden voor regeneratie gewoonlijk droge koelers en/ of lucht-water warmtepompen toegepast. Hiervoor is ruimte op de daken benodigd.

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 tussen de warme en koude bel te voorkomen (figuur 1.2). Bij dit systeem wordt de capaciteit vaak gelimiteerd door de afmeting van de buizen die in het boorgat passen of door de beschikbare verticale ruimte in het watervoerende pakket. Er moeten namelijk twee bronnen in één boorgat en in één watervoerend pakket worden geplaatst. 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 1.2). Bij dit systeem wordt de capaciteit over het algemeen gelimiteerd door de bodemcapaciteit.

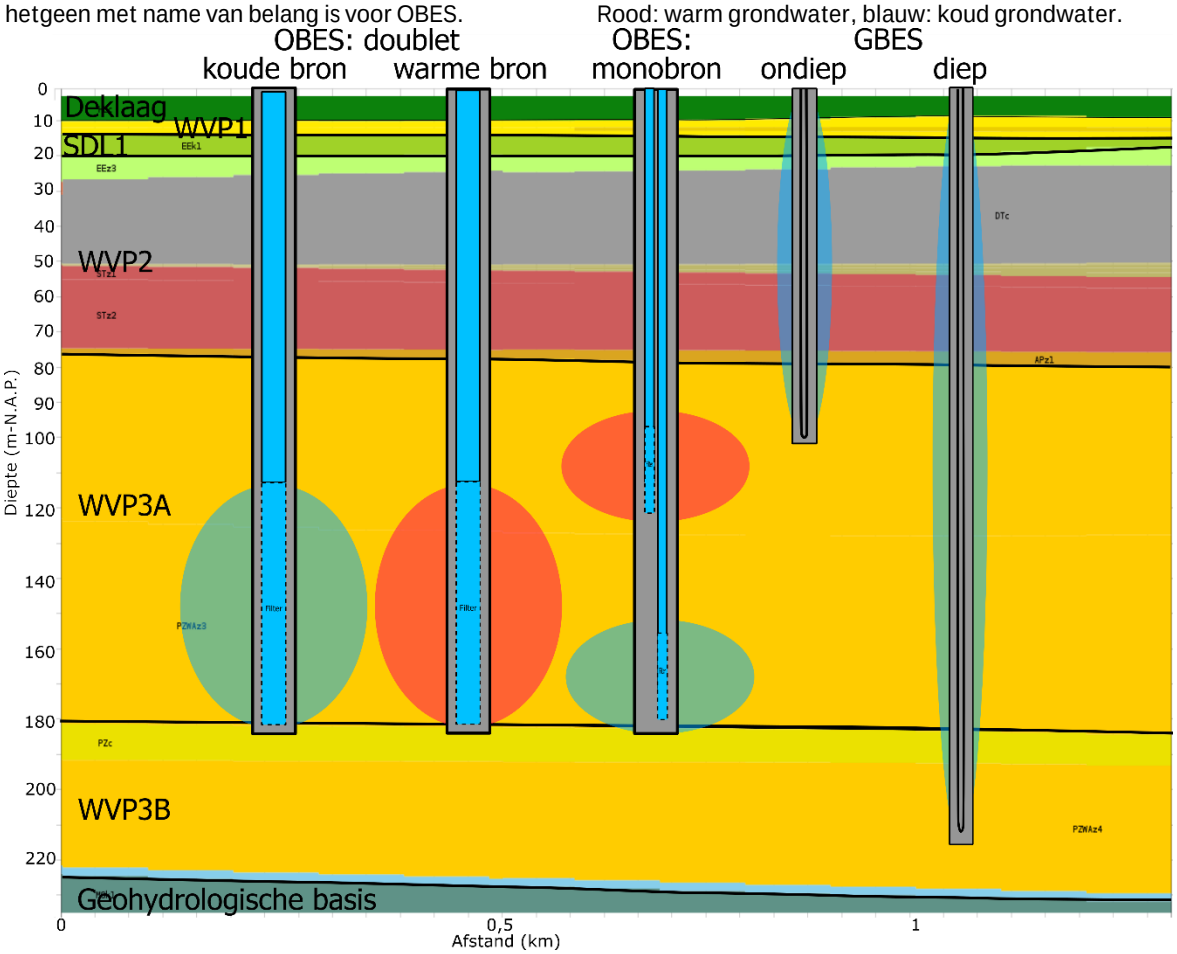
Inpasbaarheid van verschillende typen bodemenergiesystemen nabij elkaar
Reeds vergunde systemen hebben altijd voorrang op nog te vergunnen systemen. Reeds vergunde systemen kunnen er daarom voor zorgen dat er in het nabijgelegen gebied geen nieuw systeem kan worden aangelegd. Dit maakt een efficiënte indeling van bodemenergiesystemen in dichtbebouwd gebied onontbeerlijk.

Een enkel reeds vergund GBES (geschikt voor het verwarmen/koelen van ca. 1 woning) kan er bijvoorbeeld voor zorgen dat in de nabijheid geen doublet (geschikt voor het verwarmen/koelen tot honderden woningen) meer wordt gerealiseerd. Als een warme bron van een doublet nabij het bestaande GBES wordt geplaatst komt vrij koelen (koelen zonder tussenkomst warmtepomp) voor het GBES namelijk in het gedrang. Als een koude bron nabij het bestaande GBES wordt geplaatst is het rendement voor verwarmen veel slechter en kan de lus zelfs bevriezen. Monobronnen kunnen wel vlak bij GBES worden geplaatst. Deze hebben namelijk geen (er wordt op één punt zowel warmte als koude toegevoegd) tot zelfs een positief effect (door grondwaterstroming). Andersom kan een (enkel) GBES vaak wel nabij een OBES worden geplaatst vanwege het relatief geringe effect. Vanwege het koudeoverschot van GBES resulteren grote clusters GBES in de directe omgeving van warme bronnen van open systemen wel in negatieve interferentie.
Negatieve interferentie tussen OBES en GBES kan worden voorkomen door GBES en OBES verticaal van elkaar te scheiden: de GBES krijgen een boordiepterestrictie. Een dergelijke boordiepterestrictie is niet altijd wenselijk. Wanneer grootschalige inzet van GBES wordt verwacht, zorgt een boordiepterestrictie voor

opbouw van een koudeoverschot in een beperkter bodemvolume, waardoor de bodemtemperatuur sterker afneemt. Daarnaast moeten meer lussen worden geboord, hetgeen sterk kostenverhogend werkt. De gemeente wil vanuit dit oogpunt de inpassing van gesloten en open systemen naast elkaar mogelijk maken. Gezien de mix aan woningtypologieën is een van de doelen van dit vooronderzoek het bepalen van de randvoorwaarden voor inpassing van gesloten en open systemen naast elkaar.

Doubletten zijn goed inpasbaar naast andere doubletten mits warme bronnen bij warme bronnen worden geplaatst en vice versa. Monobronnen zijn goed naast andere monobronnen inpasbaar indien de filtertrajecten (diepte waarop het grondwater in en uit het pakket wordt gepompt) van respectievelijk de warme en koude bel op die van het andere systeem worden afgestemd (figuur 1.2). Monobronnen zijn in principe slecht inpasbaar naast doubletten, omdat bij de monobron in één boorgat altijd zowel een warme als een koude bel voorkomt. Indien er genoeg verticale ruimte is in het watervoerende pakket kan de koude of warme bel van de monobron dieper dan het doublet worden geplaatst, waardoor de monobron wel naast het doublet kan worden ingepast (figuur 1.2).

Figuur 1.2 Verschillende typen bodemenergiesystemen ten opzichte van een Z-N doorsnede in het ondergrondmodel Regis II van TNO - Geologische Dienst Nederland ter hoogte van het plangebied. Kleilagen (deklaag of SDL) laten slecht grondwater door. Zand- of grindlagen (WVP) laten goed grondwater door, hetgeen met name van belang is voor OBES. Rood: warm grondwater, blauw: koud grondwater.



2 Energievraag

De gemeente heeft indicatieve bruto vloeroppervlakten aan VHGM opgegeven in de Excelsheet “2023.07.20. Strandeiland programma”. VHGM heeft de oppervlakten omgezet naar gebruiksoppervlakten middels een conversiefactor van 0,8. Deze gebruiksoppervlakten zijn ingevuld in de energetische rekensheet van VHGM. Per gebouwtype zijn bepaalde uitgangspunten aangehouden om te komen tot de *gebouwzijdige* energievraag (verwarmen, koelen en warmtapwaterbereiding). Voor de verwarmingsvraag is de uniforme maatlat gebouwde omgeving van de rijksoverheid gebruikt. Voor de koelvraag heeft VHGM een realistische inschatting gemaakt gebruik makende van het opgestelde koelvermogen en de koelbehoefte volgens ISSO publicatie 72 versie 2022. Het tapwaterverbruik is berekend op basis van formules uit de NTA 8800 die ook worden gebruikt als basis voor de uniforme maatlat gebouwde omgeving. Daar waar deze informatiebronnen geen of onvoldoende informatie bevatten (e.g. specifieke gebouwtypen die niet zijn opgenomen), heeft VHGM een inschatting gemaakt.

Voor open bodemenergiesystemen wordt over het bovengronds/gebouwzijdige vermogen eerst een gelijktijdigheidsfactor verrekend: de verschillende wooneenheden vragen enigszins gespreid over het etmaal om tapwater, warmte en koude, waardoor het piekvermogen lager is dan het gesommeerde piekvermogen van de woningen. De energievraag blijft gelijk, waardoor het aantal uren dat de warmtepomp per jaar wordt ingezet toeneemt ten opzichte van een situatie zonder gelijktijdigheid.
De gelijktijdigheidsfactor is berekend op individuele open bodemenergiesystemen die enkele appartementencomplexen van energie voorzien (tabel 2.1).

Voor gesloten bodemenergiesystemen wordt worstcase géén gelijktijdigheidsfactor aangehouden. We gaan dus uit van individuele lussen, hetgeen resulteert in de grootste bodembelasting en interferentie.

Vervolgens worden voor zowel OBES als GBES het ondergronds/bodemzijdig vermogen en de energie berekend. De verhouding tussen de onder- en bovengronds benodigde energie is afhankelijk van de energetische efficiëntie van de warmtepomp. Hiervoor zijn de meest gebruikelijke getallen aangehouden (tabel 2.1). Dit geeft het bodemzijdig benodigde vermogen dat middels de ΔT (bodemzijdig temperatuurverschil in- en uittredetemperatuur warmtepomp; tabel 2.1) wordt omgerekend naar een benodigd debiet. De aangehouden ΔT kan met een moderne installatie relatief eenvoudig behaald worden. Dit bouwt enige veiligheid in ten aanzien van de benodigde debieten en waterhoeveelheden uit de bodem.

Tabel 2.1 Uitgangspunten voor de berekening van bodemzijdig benodigd vermogen en energie

Parameter	Waarde
OBES	
Gelijktijdigheidsfactor verwarmen	0,8
Gelijktijdigheidsfactor tapwaterproductie	0,8
Gelijktijdigheidsfactor koelen	0,9
COP verwarmen	5
COP tapwater	3
SPF koelen	20
ΔT verwarmen bronzijdig	6 kelvin
ΔT koelen bronzijdig	6 kelvin
GBES	
Gelijktijdigheidsfactor verwarmen	1,0
Gelijktijdigheidsfactor tapwaterproductie	1,0
Gelijktijdigheidsfactor koelen	1,0
COP verwarmen	4,5
COP tap	2,7
SPF koelen	20

De warmtevraag (tapwater + verwarmen) is hoger dan de koudevraag in het onderzoeksgebied en daarmee leidend. In dit gebied worden geen externe bronnen voor directe warmtelevering verwacht, zoals geothermie

of restwarmte. Derhalve wordt voor de dimensionering van OBES worstcase gerekend met de totale hoeveelheid benodigde warmte (tapwater + verwarmen). Verder wordt aangenomen dat de onbalans volledig geregenereerd wordt. Bij aangenomen gelijke ΔT tussen verwarmen en koelen is de totale waterhoeveelheid die in de warme bellen wordt geïnfiltreerd gelijk aan de totale waterhoeveelheid die in de koude bellen wordt geïnfiltreerd.

Tabel 2.2 *Bodemzijdige* energievraag *inclusief gelijktijdigheid* voor OBES per jaar

Deelgebied	Tranche	Totaal GO [m^2]	Verwarmen + tap [kW]	Koelen [kW]	Warmtevraag [MWh]	Koudevraag [MWh]	Koudeoverschot [MWh]
Havenkom	HK	45.043	1.004	1.067	1.120	616	504
Pampusbuurt West	1	54.497	1.242	1.434	1.355	874	481
	2	33.149	770	872	853	454	399
	3	29.925	710	787	767	503	264
	4	44.902	1.021	1.182	1.127	623	504
	Totaal	162.473	3.743	4.276	4.102	2.454	1.648
Pampusbuurt Oost	5	48.106	1.094	1.139	1.211	658	553
	6	56.984	1.311	1.350	1.437	874	564
	7	26.640	600	631	667	365	302
	8	62.840	1.473	1.488	1.604	953	651
	9	45.876	1.061	1.087	1.160	723	436
	10	29.189	678	691	745	399	345
	11	31.757	738	752	810	435	375
	12	39.998	926	947	1.018	547	470
	Totaal	341.389	7.881	8.086	8.651	4.954	3.697
Muidenbuurt	1	36.682	894	626	1.117	422	695
	2	50.052	1.196	911	1.448	753	695
	3	5.822	141	99	176	69	107
	4	43.212	1.060	797	1.277	625	652
	5	15.605	396	266	494	152	342
	6	40.343	973	741	1.174	606	568
	7	29.602	725	505	906	335	571
	8	18.590	457	317	571	207	364
	9	18.946	460	323	575	221	354
	10	11.746	285	200	356	137	220
	11	25.347	628	478	748	380	368
	12	28.757	700	490	875	331	544
	13	4.570	107	78	133	61	73
	Flex	17.500	409	298	511	232	279
	Totaal	346.772	8.430	6.129	10.362	4.531	5.831

3 Geohydrologie, omgevingsbelangen en risico's van grootschalige inzet van bodemenergie

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk komen de belangrijkste bevindingen uit het geohydrologische onderzoek naar voren. 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. Daarnaast worden de ter zake doende omgevingsbelangen gerapporteerd.

3.2 Bodemopbouw en meest geschikte bodemlagen voor bodemenergiesystemen

Figuur 1.2 toont een doorsnede van de lokale bodemopbouw uit het ondergrondmodel REGIS II v2.2 met de meest geschikte dieptetrajecten voor verschillende typen bodemenergiesystemen. Waterdoorlatende zandlagen zijn potentieel geschikt om filter voor open bodemenergiesystemen in te plaatsen. Deze zandlagen worden freatisch pakket (wanneer aan maaiveld) of watervoerende pakketten (WVP's) genoemd. Waterremmende lagen (klei, veen en leem) worden deklaag (wanneer aan maaiveld) of scheidende laag (SDL) genoemd. De diepten van alle lagen en hun eigenschappen staan in tabelvorm in bijlage 1 beschreven.

Lussen voor gesloten bodemenergiesystemen kunnen zowel in klei als in zand warmte en koude uitwisselen met de bodem. De bodemopbouw in Amsterdam bestaat overwegend uit zand, hetgeen gunstig is voor de energieopbrengst per meter lus (figuur 1.2). Gesloten bodemenergiesystemen voor grotere vermogens worden veelal tot ca. 200 à 250 m -mv aangelegd. Indien in het bodemenergieplan (BEP) gekozen wordt om GBES verticaal te scheiden van OBES, zullen GBES echter slechts tot circa 100 m –mv kunnen worden aangelegd.

Voor OBES is het 3e watervoerende pakket, vanaf ca. 80 m –N.A.P., in principe het meest geschikt vanwege een goede doorlatendheid (nodig voor het infiltreren en onttrekken van grondwater). Vanwege de grondwaterkwaliteit kunnen bronfilters echter pas worden afgesteld vanaf ca. 120 m –N.A.P. (H3.3).

Tabel 3.1 Geohydrologische schematisering

Diepte t.o.v. N.A.P. [in m] mv: ca. 3 m +N.A.P.			Samenstelling	Geohydrologische eenheid	Doorlaatvermogen / weerstand
mv	tot	Ca. -3	Opgespoten zand	Freatisch pakket	Ca. 60 m²/d
Ca. -3	tot	Ca. -10	Klei, veen en enkele fijne zandlagen	Slecht doorlatende laag 1	Ca. 700 d
Ca. -10	tot	Ca. -15	Zand, uiterst tot zeer fijn.	Watervoerend pakket 1	Ca. 20 m²/d
Ca. -15	tot	-25 à -29	Klei en enkele fijne zandlagen	Slecht doorlatende laag 2A	Ca. 1.000 d
-25 à -29	tot	-35 à -40	Diamict bestaande uit klei, zand en stenen	Slecht doorlatende laag 2B*	Ca. 500 d
-25 à -40	tot	Ca. -80	Zand, matig grof. Meerdere kleilagen.	Watervoerend pakket 2	Ca. 900 m²/d
Ca. -80	tot	Ca. -180	Zand, zeer tot uiterst grof met grindbijmenging.	Watervoerend pakket 3A	Ca. 5.600 m²/d
Ca. -180	tot	Ca. -230	Zand, matig fijn tot zeer grof met enkele kleilagen	Watervoerend pakket 3B	Ca. 1.200 m²/d
Ca. -230	tot	Ca. -245	Kleilagen en zand, matig fijn tot extreem grof	Slecht doorlatende laag 3	Ca. 700 d
Ca. -245	tot	Ca. -275	Matig fijn zand en kleilagen	Watervoerend pakket 4	Ca. 120 m²/d
Vanaf ca. -275			Fijn zand en kleilagen	Geohydrologische basis	-

* Nota bene: keileem, de stenen kunnen voor problemen zorgen bij het boren. Komt blijkens boringen Centrumeiland aan westzijde van het gebied niet voor.

3.3 Risico's grootschalige inzet bodemenergie

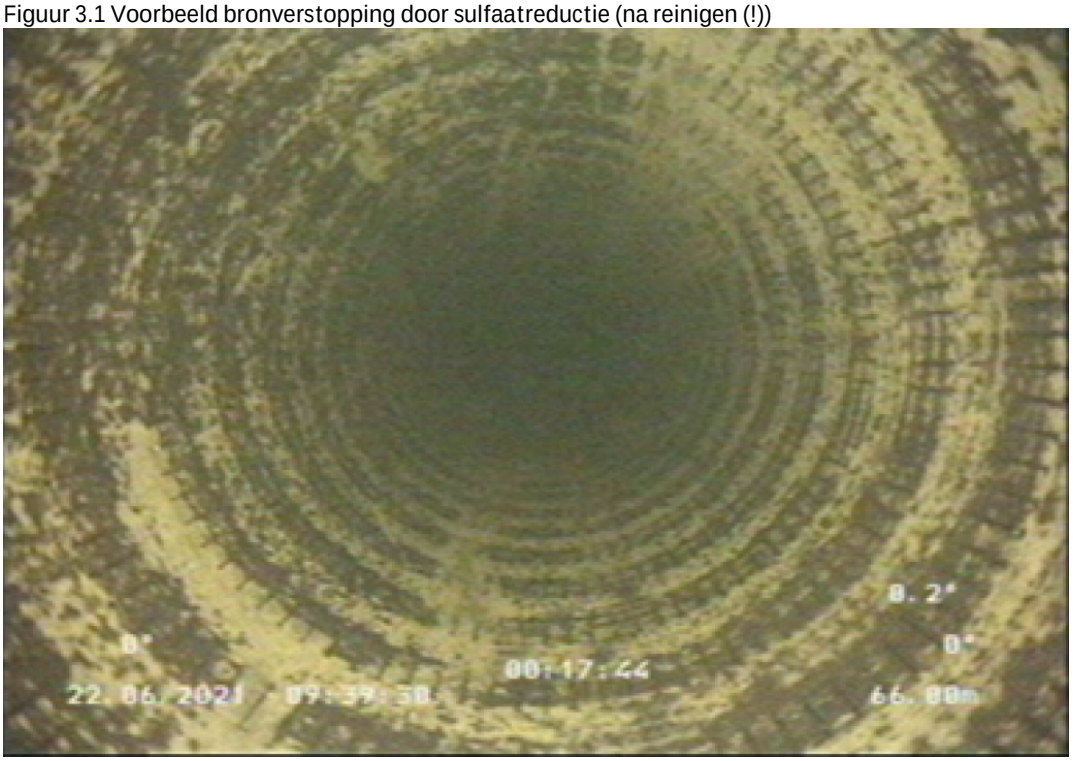
De verschillende risico's die kunnen voorkomen bij de aanleg van zowel open als gesloten bodemenergiesystemen op de projectlocatie zijn onderzocht. Alleen de risico's die daadwerkelijk een rol spelen op de projectlocatie worden in dit hoofdstuk kort samengevat.

Sulfaatreductie
Wanneer sulfaat- en ijzerrijk grondwater wordt gemengd met grondwater met opgeloste organische koolstof (DOC) of methaan kan een microbiologisch proces van sulfaatreductie optreden, versimpeld weer te geven als:

$SO4^{2-} + 2\ CH_2O + Fe^{2+} <-> FeS + 2\ HCO3^{-} + 2\ H^{+}$

Sulfaat is afkomstig uit het intrinsiek sulfaatrijke zoute grondwater op grotere diepte, terwijl organische koolstof juist voorkomt in het ondieper gelegen grondwater. Deze koolstof is afkomstig uit Holocene veenlagen, maar ook uit de dieper gelegen Formatie van Urk (lichtbruin in figuur 1.2). In Amsterdam heeft sulfaatreductie al veel bronverstoppingen veroorzaakt, omdat bronnen bij verkeerde verticale plaatsing van filters zowel ondiep water met organische stof als diep grondwater met sulfaat aantrekken. Vroeger was men zich namelijk niet bewust van dit proces. De verschillende watertypen worden vervolgens in de bronnen gemengd, waardoor sulfaatreductie optreedt. De bronnen verstoppen als gevolg van neerslag van ijzersulfide (FeS) en nieuwe organische verbindingen die door de sulfaatbacteriën worden geproduceerd (figuur 3.1).
Ter hoogte van Strandeiland wordt de grens tussen de twee grondwatertypen (de sulfaatreductiegrens) ingeschat op ca. 80 m –N.A.P. Veiligheidshalve moet minimaal 20 m verticale afstand worden gehouden tussen de grens en bronfilters. Bronfilters moeten derhalve minimaal op 100 m –N.A.P. worden geplaatst als het om één systeem gaat. Bij Strandeiland gaan naar verwachting echter zeer veel bronnen ontwikkeld worden. Door cumulatie van effecten is het aan te raden een significant grotere verticale afstand aan te houden. 120 m –N.A.P. wordt gezien als veilige afstand indien de bronnen ongeveer in hydrologische balans draaien. Ter voorkoming van bronverstopping kan in het bodemenergieplan worden opgenomen dat doubletten een thermische balans moeten aanhouden in de bodem (hetgeen afhankelijk van de ontwerpcondities ook leidt tot een hydrologische balans). Voor monobronnen met een koudeoverschot is het gunstig als het koude bronfilter boven het warme bronfilter wordt geplaatst (waardoor netto water naar boven wordt gepompt).

Figuur 3.1 Voorbeeld bronverstopping door sulfaatreductie (na reinigen (!))



Grondwaterstroomsnelheid

In het 1e watervoerende pakket is de grondwaterstromingssnelheid relatief laag (<5 m/jaar) en in het 2e watervoerende pakket relatief hoog (>15 m/jaar). In beide watervoerende pakketten stroomt het grondwater in zuidzuidoostelijke richting. In de diepere pakketten (3e en 4e watervoerende pakketten) is de stroomsnelheid relatief laag (<10 m/jaar) met een westzuidwestelijke (3A) tot zuidwestelijke (3B en 4) richting.
Open bodemenergiesystemen worden naar verwachting in watervoerend pakket 3A gerealiseerd. Voor deze systemen moet rekening worden gehouden met een grondwaterstroomsnelheid van ca. 9 m/j en een grondwaterstromingsrichting naar het westzuidwesten. De grondwaterstroomsnelheid is middelmatig. Bij een eventueel strokenpatroon voor doubletten in het bodemenergieplan is het aan te raden deze grofweg parallel aan de stromingsrichting te plaatsen. Voor gesloten bodemenergiesystemen is de gemiddelde grondwaterstroomsnelheid over de volledige luslengte middelhoog, hetgeen zorgt voor enige mate van natuurlijke regeneratie. Hierdoor valt de lustemperatuur wat minder sterk terug bij piekbelasting (want de grondwatertemperatuur met een opgebouwd koudeoverschot is warmer dan de temperatuur rond een individuele lus bij piekbelasting).

Opbarsten/ klappen boorgat
Van west naar oost, onder Havenkom en door de as van 'het Oog' is een voormalige getijdengeul gelegen waarvan de afzettingen reiken tot een diepte van ca. 10 à 11 m – N.A.P. Het is bekend dat de afzettingen in deze geul slapper zijn. Door overdruk op de boorgatwand tijdens het boren kunnen de slappe lagen opbarsten of kan het boorgat klappen. Het risico wordt niet als groot gezien. Booraannemers kunnen besluiten met een casing door de geul te boren om het risico weg te nemen. De inschatting van dit risico is aan individuele booraannemers om te bepalen. Dit risico wordt ter informatievoorziening beschreven in het bodemenergieplan.

3.4 Omgevingsbelangen

Alle relevante omgevingsbelangen zijn onderzocht. Hieronder worden alleen de aandachtspunten kort samengevat. Op basis van de provinciale kaarten en informatie opgevraagd bij de gemeente, provincie, het waterschap en de omgevingsdienst blijkt:

- Er zijn nabij en op de projectlocatie open en gesloten bodemenergiesystemen aanwezig waarmee rekening moet worden gehouden in een bodemenergieplan (figuur 3.2). Dit geldt met name voor de op Centrumeiland gelegen systemen. Op Centrumeiland zijn gesloten bodemenergiesystemen middels een interferentiegebied verboden. Dit interferentiegebied ligt niet tot in het onderhavige plangebied en heeft derhalve geen verdere gevolgen.

- Rondom Strandeiland loopt een waterkering met bijbehorende beschermingszones. Wanneer een initiatiefnemer een open bodemenergiesysteem wil aanleggen in de beschermingszone van een waterkering, dan vraagt de initiatiefnemer een vergunning aan voor het systeem bij de waterkeringbeheerder (Waterschap Amstel, Gooi en Vecht en Rijkswaterstaat). De waterkeringbeheerder beoordeelt of het systeem voor zettingen zorgt die de kruinhoogte van de waterkering verlagen waardoor de waterkering niet meer aan de normen voldoet. Verwacht wordt dat systemen, indien de aanvraag goed wordt onderbouwd, zullen worden vergund. In modelberekeningen voor het vooronderzoek en bodemenergieplan moet worden gekeken of er negatieve invloed kan ontstaan op de hierboven benoemde waterkering. Indien de systemen (open en/of gesloten systemen) in de waterkering zelf worden geplaatst zijn er daarnaast regels over de maximale drukken en buisdiameters.

- Binnen 2 km van de projectlocatie liggen meerdere gebieden van Natuurnetwerk Nederland (Diemervijfhoek, De Drost, Warenar, Hooft, De Schelp, Waterland oost, Diemerpolder en Diemerbos), één bijzonder provinciaal landschap (Vechtstreek Noord) en één Natura 2000- gebied (Markermeer & IJmeer). Eventuele hydrologische effecten worden berekend bij de definitieve modelberekeningen van het bodemenergieplan.

- Het plangebied is noch verdacht op explosieven noch gevrijwaard van explosieven volgens de explosievenkaart van de gemeente Amsterdam. In het hele gebied zal onderzoek moeten worden

uitgevoerd voorafgaand aan het boren van bodemenergiesystemen. Dit onderzoek zou ook moeten worden uitgevoerd voorafgaand aan het heien voor de gebouwen

Figuur 3.2 Bodemenergiesystemen in de omgeving van de projectlocatie



4 Relatie tussen energievraag en aanbod

4.1 Relatie tussen energievraag en bodempotentie voor OBES

Potentie
Het pakket kent een hoge doorlatendheid: grondwater stroomt makkelijk door de poriën. Daardoor kunnen doubletten een hoog debiet halen. In verband met sulfaatreductie wordt in het bodemenergieplan geëist dat filters minimaal vanaf 120 m – N.A.P. worden geplaatst. De haalbare filterstelling voor een doublet bedraagt ca. 56 à 68 m op basis van boringen op ca. 5 à 6 km ten (noord)westen van de locatie (AQ16 en Cruquiusweg). Deze boringen zijn uitgevoerd tot respectievelijk 182 en 191 m diep. Het pakket loopt nog door tot ca. 220 m – N.A.P. Het debiet wordt op technische gronden gelimiteerd tot ca. 250 m^3/h. Hiervoor is een filterlengte van ca. 45 m nodig.

In tegenstelling tot sommige delen van westelijk Amsterdam is er hier ook voor monobronnen voldoende filterstelling haalbaar. Op basis van de eerder genoemde boringen is 15 tot 21 m filter goed haalbaar. Daardoor is ook voor monobronnen het debiet gelimiteerd vanwege de techniek en niet vanwege de bodemopbouw. Bij deze bronnen moet zowel de warme als de koude bron in één boorgat worden geplaatst. Daardoor hebben de buizen een kleinere diameter en is het maximaal haalbare debiet ca. 80 m3/h. Voor dit debiet is een filterlengte van ca. 15 m nodig. De hoeveelheid energie die per kuub water kan worden onttrokken is afhankelijk van de ontwerpparameters. Hiervoor zijn conservatieve aannames gemaakt. Daarmee is berekend hoeveel bronnen nodig zijn om het gevraagde vermogen vanuit de bebouwing te leveren (tabel 4.1).

Relatieve bodempotentie en verwacht systeemtype bij samenwerking binnen een tranche
Een tranche is een gebied waarin de ontwikkelingen in een vergelijkbaar (maar niet gelijk) tijdspad zullen worden gerealiseerd. De tranches zijn in figuur 1.1 weergegeven. Binnen een tranche zijn er in de regel meerdere percelen met verschillende eigenaren (ontwikkelaar, woningcorporatie(s), zelfbouw). Het vergelijkbare tijdspad van de ontwikkelingen binnen één tranche opent mogelijkheden voor samenwerking op het gebied van energievoorziening. In deze paragraaf wordt allereerst verkend welke schaalgrootte van bodemenergiesystemen passend is indien samenwerking wordt gevonden binnen de tranches. Het benodigde bodemzijdige koelvermogen kan, afhankelijk van het opgestelde koelvermogen, vergelijkbaar zijn met het benodigde vermogen voor verwarmen plus tapwater
(tabel 2.2). Toch is verwarmen/tap leidend voor de brondimensionering. In grofzandige watervoerende pakketten is de infiltratienorm namelijk leidend en deze is ook afhankelijk van het aantal vollasturen dat de bron wordt ingezet. Bij woningen is het aantal vollasturen van verwarmen/tap significant hoger dan dat van het koelbedrijf.

Tabel 4.1 toont het aantal monobronnen en doubletten dat benodigd is om het gevraagde vermogen te leveren (voor uitgangspunten, zie tabel 2.1). Het doel hiervan is om na te gaan welke schaalgrootte (monobron of doublet) het beste bij de verschillende deelgebieden past. Uitgangspunt hierbij is dat
1 monobron goedkoper is dan 1 doublet, dat 1 doublet goedkoper is dan 2 monobronnen en dat
2 monobronnen wel meer flexibiliteit bieden dan 1 doublet per tranche. De tabel wordt hier uitgelegd aan de hand van het voorbeeld Pampusbuurt West: voor tranche 1 zijn exact gezien 2,23 monobronnen nodig. Er zijn dus 3 monobronnen nodig. Voor monobronnen wordt ervan uitgegaan dat er geen bronnet komt voor geheel Pampusbuurt West. Derhalve wordt bij bronnet ‘niet van toepassing’ aangegeven. Voor tranche 1 is er 0,71 doublet benodigd, ofwel één doublet. Als de tranches elk één doublet krijgen, zijn er in totaal vier doubletten benodigd. Voor een bronnet voor het gehele gebied kunnen de exacte hoeveelheden echter worden opgeteld, ofwel 2,15 (afgerond 3 doubletten).

Voor Havenkom zijn zowel monobronnen als doubletten goed inpasbaar. Monobronnen zouden iets duurder zijn (als aanvullend horizontaal leidingwerk voor het verbindende net niet wordt meegenomen), maar bieden wel meer flexibiliteit. Voor Pampusbuurt West zijn vier doubletten benodigd tegenover 7 monobronnen. Het kostenverschil zal marginaal zijn, waardoor de aanvullende flexibiliteit van monobronnen doorslaggevend is. Monobronnen zijn derhalve de meest voor de hand liggende open systemen voor Pampusbuurt West. Indien een collectief bronnet voor het gehele gebied zou worden ontwikkeld, hetgeen niet wordt verwacht, zijn er slechts twee doubletten benodigd.

Voor Pampusbuurt Oost zijn 8 doubletten benodigd tegenover 18 monobronnen. Potentieel bieden doubletten hier wat lagere investeringskosten. Dat is echter sterk afhankelijk van eventueel extra benodigd horizontaal leidingwerk. Dit geldt ook uitsluitend indien per tranche tot samenwerking kan worden gekomen. De gemeente gaf eerder aan dat dit niet zeker is doordat er binnen de tranches zowel sociale als vrije sector woningen worden ontwikkeld. De energielevering hiervoor komt mogelijk bij verschillende partijen te liggen. Monobronnen bieden de meeste flexibiliteit om dit soort onzekerheden het hoofd te bieden. Dit geldt uiteraard niet indien er een bronnet bestaande uit
ca. 5 doubletten zou worden ontwikkeld voor het gehele gebied.
Voor de Muidenbuurt inclusief grofmazige uitgangspunten voor het gebied aan de westzijde ('flex') zijn 14 doubletten tegenover 22 monobronnen nodig. Monobronnen passen qua schaalgrootte dus veel beter bij dit gebied dan doubletten. Een groot deel van de tranches kan zelfs met één monobron van energie worden voorzien (mits samenwerking kan worden gevonden binnen de tranche). Doubletten zijn hier alleen toepasbaar indien een bronnet voor het gehele gebied wordt aangelegd. Daar wordt op dit moment niet van uitgegaan.

Tabel 4.1 *Bodemzijdige* energievraag en benodigd aantal open bronnen

Deelgebied	Tranche	Verwarmen + tap [kW]	Monobronnen exact	Monobronnen benodigd	Doubletten exact	Doubletten benodigd
Havenkom*	HK	1.004	1,80	2	0,58	1
Pampusbuurt West	1	1.242	2,23	3	0,71	1
	2	770	1,38	2	0,44	1
	3	710	1,27	2	0,41	1
	4	1.021	1,83	2	0,59	1
	Totaal	3.743	6,70	9	2,15	4
	Bronnet	3.743	n.v.t.	n.v.t.	2,15	3
Pampusbuurt Oost	5	1.094	1,96	2	0,63	1
	6	1.311	2,35	3	0,75	1
	7	600	1,08	2	0,34	1
	8	1.473	2,64	3	0,84	1
	9	1.061	1,90	2	0,61	1
	10	678	1,21	2	0,39	1
	11	738	1,32	2	0,42	1
	12	926	1,66	2	0,53	1
	Totaal	7.881	14,12	18	4,52	8
	Bronnet	7.881	n.v.t.	n.v.t.	4,52	5
Muidenbuurt	1	894	1,60	2	0,51	1
	2	1.196	2,14	3	0,69	1
	3	141	0,25	1	0,08	1
	4	1.060	1,90	2	0,61	1
	5	396	0,71	1	0,23	1
	6	973	1,74	2	0,56	1
	7	725	1,30	2	0,42	1
	8	457	0,82	1	0,26	1
	9	460	0,82	1	0,26	1
	10	285	0,51	1	0,16	1
	11	628	1,13	2	0,36	1
	12	700	1,25	2	0,40	1
	13	107	0,19	1	0,06	1
	Flex	409	0,73	1	0,23	1
	Totaal	8.430	15,10	22	4,83	14
	Bronnet	8.430	n.v.t.	n.v.t.	4,83	5

* Het zwembad is hierin niet meegenomen.

Relatieve bodempotentie en verwacht systeemtype indien elke eigenaar eigen systemen ontwikkelt
Er zijn verschillende groepen toekomstige eigenaren binnen het gebied. De ontwikkelaars zelf hebben het grootste deel van het gebruiksoppervlak aan woningen, ca. 58±16%. De woningcorporaties zullen ca. 34±14% in bezit krijgen. De zelfbouw heeft een veel kleinere 'massa' binnen de tranches, 7±6%. Daarnaast worden er scholen ontwikkeld van ca. 7.000 à 9.000 m^2 GO per school. Dit vertaalt zich naar monobronnen van ca. 30 à 40 m^3/h per school.

Tabel 4.2 toont de monobroncapaciteit die per tranche en per toekomstige eigenaar benodigd is. Voor ontwikkelaars geldt, met uitzondering van enkele gebieden in de muidenbuurt, dat ze voldoende massa hebben binnen elke tranche om een financiëel rendabele monobron te ontwikkelen. In veel van de tranches heeft de ontwikkelaar zelfs voldoende massa om een monobron groter dan 50 m^3/h aan te leggen. Voor deze gebieden is een monobron qua investeringskosten in principe voor de hand liggend. Daarmee is het nog niet zeker of ook daadwerkelijk voor een monobron wordt geopteerd of dat toch voor GBES wordt geopteerd vanwege het relatieve gemak van deze optie en de mogelijkheid om woningeigenaren zelfvoorzienend op het gebied van energie te maken.

De sociale woningen, die door woningcorporaties worden ontwikkeld of bij deze corporaties in eigendom komen, hebben een minder groot aandeel in de tranches dan de woningen van de ontwikkelaar zelf. In de Pampusbuurten is er voldoende massa per tranche om rendabele monobronnen te ontwikkelen. In de Muidenbuurt is dit slechts in een deel van de tranches het geval. Daarentegen bouwen de woningcorporaties in Muidenbuurt meer gestapeld dan dat op de percelen van de ontwikkelaar zelf gebeurt en is er bij deze woningtypologie over het algemeen minder de wens voor een zelfvoorzienend (individueel) systeem. Daarmee komen monobronnen voor de sociale woningen sneller in beeld.

Zelfs uitgaande van het feit dat alle zelfbouw collectief energie zou willen opwekken, heeft deze groep te weinig massa per tranche om rendabele monobronnen te ontwikkelen. De volgende twee opties liggen het meest voor de hand:

- De zelfbouw laat lussen boren (individueel per woning)
- De zelfbouw sluit aan op een monobron van een energiebedrijf dat de woningen van de ontwikkelaar of van een corporatie van energie voorziet.

Voor de scholen geldt dat ze qua energievraag zowel voor GBES als voor een monobron zouden kunnen opteren.

Tabel 4.2 *Bodemzijdige* energievraag en benodigd debiet (monobron) voor de verschillende eigenarengroepen. Uitgangspunt: monobronnen > 25 m^3/h zijn rendabel t.o.v. GBES (groen). Monobronnen > 50m^3/h: *financiëel* minder voor de hand liggend om GBES te ontwikkelen (donkergroen). Waar meer dan 1 monobron benodigd is, wordt dit aangegeven met een getal tussen haken.

Deelgebied	Tranche	Fractie ontwikkelaar	Fractie sociaal	Fractie zelfbouw	Debiet ontwikkelaar	Debiet sociaal	Debiet zelfbouw	Debiet school
Havenkom*	HK	0,64	0,36	0	92 (2)	52	n.v.t.	n.v.t.
Pampusbuurt West	1	0,70	0,21	0,09	107 (2)	32	13	33
	2	0,65	0,35	0,00	72	38	n.v.t.	n.v.t.
	3	0,90	0,00	0,10	68	n.v.t.	7	33
	4	0,61	0,39	0,00	89 (2)	58	n.v.t.	n.v.t.
Pampusbuurt Oost	5	0,47	0,41	0,12	74	65	18	n.v.t.
	6	0,55	0,40	0,05	89 (2)	64	8	33
	7	0,40	0,49	0,11	34	42	9	n.v.t.
	8	0,52	0,39	0,09	96 (2)	72	17	33
	9	0,33	0,52	0,15	42	65	19	33
	10	1,00	0,00	0,00	97 (2)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	11	0,49	0,41	0,10	51	44	11	n.v.t.
	12	0,57	0,33	0,10	76	44	13	n.v.t.
Muidenbuurt	1	0,65	0,35	0,00	84 (2)	44	0	n.v.t.
	2	0,64	0,23	0,13	109 (2)	40	22	39
	3	0,73	0,20	0,06	15	4	1	n.v.t.
	4	0,60	0,40	0,00	92 (2)	60	0	40
	5	0,85	0,00	0,15	48	0	8	n.v.t.
	6	0,48	0,41	0,11	67	57	15	36
	7	0,78	0,22	0,00	82 (2)	22	0	n.v.t.
	8	0,53	0,36	0,10	35	24	7	n.v.t.
	9	0,54	0,34	0,12	36	22	8	n.v.t.
	10	0,47	0,43	0,10	19	18	4	n.v.t.
	11	0,50	0,34	0,16	45	31	14	31
	12	0,46	0,45	0,09	46	45	9	n.v.t.
	13	0,58	0,34	0,08	9	5	1	n.v.t.

* Het zwembad is hierin niet meegenomen.

Inpasbaarheid van de bronnen

Voor Havenkom en Pampusbuurt geldt dat zowel monobronnen als doubletten inpasbaar zijn op de tranches. Door de west-oost oriëntatie van de tranches is er in (noord)west - (zuid)oost richting voldoende ruimte voor de benodigde afstand tussen koude en warme bronnen van een doublet. De inpasbaarheid geldt op voorwaarde dat men bij het tekenen van de gebouwen rekening houdt met uitsparingen op het perceel waar bronnen kunnen worden gerealiseerd. In de praktijk gebeurt dit niet altijd. Hier kan als volgt mee worden omgesprongen:

De gemeente kan eigenaren vooraf attent maken op het feit dat aan bronplaatsing moet worden gedacht. Dit voorkomt aanvragen voor bronnen op openbaar terrein.

De gemeente kan het realiseren van (kleine) collectieven stimuleren door collectiviteit als eis op te nemen voor gebruik van openbaar terrein.

4.2 Globale relatie tussen energievraag en bodempotentie voor GBES

Potentie
De potentie voor GBES is in Amsterdam relatief hoog vanwege het grote aandeel zand in de (ondiepe) ondergrond. Voor de resultaten in tabel 4.3 is de vuistregel van 30 Watt/m boordiepte aangehouden. De potentie voor GBES zal echter met name worden gelimiteerd door het cumulatieve koudeoverschot. Om dit in beeld te brengen zijn modelberekeningen gemaakt (H5).

Relatie potentie en vraag
De haalbaarheid van GBES in het gebied dient middels modelberekeningen te worden bepaald. Op basis van tabel 4.3 kan wel worden gesteld dat alle deelgebieden potentieel door middel van gesloten bodemenergiesystemen van energie kunnen worden voorzien. In de laatste kolom van de tabel is ervan uitgegaan dat 70% van het perceeloppervlak kan worden ingezet voor de GBES. Dit percentage is echter sterk afhankelijk van de exacte opbouw van de funderingen van de bebouwing, of er al dan niet op de niet-bebouwde oppervlakten lussen worden gerealiseerd en afspraken tussen boorder en constructeur met betrekking tot de minimaal te houden afstand tot gevels en funderingen om de draagkracht te waarborgen en schade te voorkomen. Voor de boordiepte wordt uitgegaan van
250 m – mv. Bij een diepterestrictie in het toekomstige bodemenergieplan zou de einddiepte op
ca. 100 m – mv komen te liggen. Dit kan dus resulteren in meer dan een verdubbeling van het aantal lussen. De getallen behorende bij de boordiepterestrictie staan in tabel 4.3 met vierkante haken aangeduid. De globale berekeningen in tabel 4.3 tonen aan dat men in de meeste gevallen *in principe* met GBES de benodigde energie zou kunnen leveren indien het gehele perceel wordt ingezet. Dit kan zelfs al met lussen van 100 m diep. Uit koudeoverschotberekeningen voor Muidenbuurt (H5) blijkt echter dat dit op grote schaal niet kan (want het opbouwend koudeoverschot verkleint het wattage dat geleverd kan worden) zonder middels aanvullende regels de gemiddelde boordiepte te vergroten, ten einde het koudeoverschot over een groter bodemvolume te spreiden.

Tabel 4.3 *Bodemzijdige* energievraag, benodigd aantal lussen en benodigd oppervlak. Getallen tussen vierkante haken horen bij de situatie met boordiepterestrictie.

Deelgebied	Verwarmen + tap [kW]	Oppervlakte percelen [m^2]*	Aantal woningen	Totaal benodigde boordiepte [m]	Aantal lussen	Fractie perceeloppervlak benodigd (%)
Havenkom**	1.204	23.257	552	40.143	161 [365]	36 [81]
Pampusbuurt West	4.053	83.067	1.485	135.102	540 [1.228]	37 [84]
Pampusbuurt Oost	8.799	232.600	3.320	293.304	1.173 [2.666]	28 [63]
Muidenbuurt	10.127	266.122	3.360	337.554	1.350 [3.376]	26 [45]

* De bebouwde oppervlakten zijn door VHGM bepaald op basis van gegeorefereerde kaarten ontvangen van de gemeente Amsterdam.
** Het zwembad is hierin niet meegenomen.

5 Conclusie noodzaak vervolgstappen en scenarioverkenning

5.1 Conclusie noodzaak vervolgstappen

De bodempotentie is in principe ruimschoots voldoende om alle woningen van Strandeiland van energie te kunnen voorzien. Toch is regulering van bodemenergie nodig, omdat voor alle deelgebieden geldt dat verschillende bodemenergiesysteemtypen zouden kunnen worden ingezet. De afstand tussen tranches en percelen is niet groot genoeg om negatieve interferentie tussen verschillende bodemenergiesystemen volledig tegen te gaan.
Bij vrije marktwerking wordt een combinatie tussen GBES en monobronnen verwacht in Muidenbuurt, en een combinatie tussen met name monobronnen, enkele doubletten (en mogelijk GBES) in de Pampusbuurten en Havenkom.

In de scenarioverkenning komen de onderstaande zaken aan bod:

Pampusbuurten en Havenkom
Om bodemenergie in deze gebieden in goede banen te leiden moet het volgende worden uitgezocht: onder welke voorwaarden/ restricties kunnen monobronnen en doubletten door elkaar heen worden ingezet, of moet alleen worden ingezet op monobronnen? En onder welke voorwaarden/ restricties zijn GBES nog mogelijk in dit gebied?

Muidenbuurt
Inzet van zowel monobronnen als GBES faciliteren zonder dat daarbij verkwisting van bodempotentie ontstaat of dat er ontoelaatbare risico's ontstaan. Dit leidt tot de volgende hoofdvragen: onder welke voorwaarden kunnen zowel GBES als monobronnen worden ingezet in dit gebied? Is het koudeoverschot van Muidenbuurt beheersbaar indien alleen GBES worden ingezet en zijn er negatieve effecten op bestaande belangen?

Algemeen
Naast het bovenstaande is de grootste zorg dat bij de realisatie van bodemenergiesystemen onvoldoende rekening wordt gehouden met het proces van sulfaatreductie, hetgeen kan leiden tot bronverstoppingen en daarmee hoge onvoorziene kosten. Derhalve wordt in het bodemenergieplan een minimale filterdiepte geëist van 120 m – N.A.P.

5.2 Scenarioverkenning met modelberekeningen

5.2.1 Pampusbuurten en Havenkom

Voor de Pampusbuurten en Havenkom wordt verwacht dat meer wordt ingezet op open bodemenergiesystemen omdat de bouwdichtheid, en daarmee de energievraagdichtheid, hoger is dan bij de Muidenbuurt. Om OBES te faciliteren in het gebied, en daarbij inzet van GBES niet onmogelijk te maken, zijn op hoofdlijnen drie regels nodig. Bij deze drie regels horen onderzoeksvragen die grotendeels middels modelberekeningen worden beantwoord.

1. Diepterestrictie GBES

GBES krijgen een boordiepterestrictie. Daardoor wordt interferentie tussen GBES en de OBES, die zijn gelegen vanaf 120 m – N.A.P., grotendeels voorkomen. Dit heeft tot doel om inpassing van GBES en OBES op relatief korte onderlinge afstand mogelijk te maken. Daardoor kunnen kleinere eigenaren in een tranche (e.g. zelfbouw) toch gebruik maken van gesloten bodemenergiesystemen, en lopen grotere eigenaren niet het risico dat geen open systemen meer mogen worden gerealiseerd vanwege reeds aangevraagde GBES. Bij de diepterestrictie hoort de volgende onderzoeksvraag:

Vraag: op welke diepte moet de boordiepterestrictie worden geplaatst om negatieve interferentie met OBES voldoende te beperken, zodat systemen over een looptijd van 30 jaar goed kunnen blijven functioneren?
Antwoord: de maximale boordiepte voor GBES moet in het bodemenergieplan worden gesteld op 100 m – N.A.P., hetgeen overeenkomt met ca. 103 m – mv. Voor details, zie H5.3.

2. Vaststelling filtertrajecten monobronnen

Bij deze tekst kan figuur 1.2 als referentie worden gebruikt. Monobronnen kunnen op korte horizontale afstand (~20 m) tot elkaar worden geplaatst, maar alleen indien het warme bronfilter van bron A op gelijke diepte staat afgesteld als het warme bronfilter van bron B. Anders ontstaat er zeer sterke negatieve interferentie tussen de bronnen. Hetzelfde geldt voor de koude bronfilters. Er is ook een bepaalde verticale afstand tussen de warme en koude bronfilters nodig om kortsluiting tussen de warme en koude bron van het eigen systeem te voorkomen. We gaan voor het bodemenergieplan dus uit van een vastgesteld filtertraject voor koude bronnen en een vastgesteld filtertraject voor warme bronnen. Hierbij moet de volgende onderzoeksvraag worden beantwoord:

Vraag: wat is de minimaal benodigde verticale tussenafstand tussen koude en warme bronfilters om bij grootschalige toepassing van monobronnen kortsluiting te voorkomen?
Antwoord: er is minimaal 25 m verticale tussenafstand nodig, omdat er geen scheidende kleilagen tussen het traject voor de warme en koude bronfilters voorkomen en omdat verwacht wordt dat er relatief veel monobronnen worden geplaatst in de Pampusbuurten (voor details zie H5.3). Voor monobronnen van 80 m^3/h is een filterlengte per bron van 14 à 15 m benodigd (H4.1). Er kunnen kleilagen of ongeschikte zandlagen in het pakket voorkomen. Daardoor moet een groter traject per brontype worden gereserveerd. Voor het bodemenergieplan worden de volgende filtertrajecten gereserveerd: 170 tot 230 m – N.A.P. voor koude bronfilters, en 120 tot 145 m – N.A.P. voor warme bronfilters.
Om de beperkte verticale tussenafstand mogelijk te maken en lange-termijn toepassing van bodemenergie beheersbaar te houden, wordt in het bodemenergieplan geëist dat de systemen een hydrologische en hydrothermische balans kennen. Dit betekent dat over langere tijd netto even veel water en even veel energie naar de koude bron wordt gepompt als naar de warme bron.

3. Inpassing doubletten

Voor de Pampusbuurten en Havenkom wordt in het bodemenergieplan met name ingezet op monobronnen vanwege de schaalgrootte van de ontwikkelingen. Toch kan het zijn dat doubletten plaatselijk wenselijk zijn doordat een energiebedrijf meerdere naast elkaar gelegen ontwikkelingen aan zich heeft gebonden. Om te voorkomen dat een vergunning voor een doublet monobronnen op naastgelegen percelen onmogelijk maakt is het noodzakelijk om in het bodemenergieplan op dit risico in te spelen. Doubletten zijn niet toegestaan, tenzij de initiatiefnemer middels effectberekeningen kan aantonen dat op alle niet op het bodemenergiesysteem aangesloten naastgelegen percelen, op het gehele perceel, een monobron nog mogelijk is.

5.2.2 Muidenbuurt

In Muidenbuurt wordt een mix van GBES en monobronnen verwacht. GBES worden hier als meer kansrijk gezien dan in de Pampusbuurten vanwege de lagere energievraagdichtheid en lagere gemiddelde bouwhoogte. Voor een grote inzet van GBES is een vrij grote boordiepte benodigd om het resulterende koudeoverschot van het gehele gebied over een groter dieptebereik te spreiden. Een boordiepterestrictie voor GBES is derhalve onwenselijk in dit gebied. Er zijn twee onderzoeksvragen, met verscheidene deelvragen, die beantwoord dienen te worden om grootschalige toepassing van bodemenergie in dit gebied in goede banen te leiden.

2. *Hoe wordt negatieve interferentie tussen GBES beperkt zodat lange-termijn-inzet van GBES niet in gevaar komt?*

Deze vraag is beantwoord op basis van modelberekeningen van de regionale lange-termijn-opbouw van een koudeoverschot (H5.3) en de lokale interferentie tussen systemen (H5.4). Uit de berekeningen blijkt dat zowel de absolute warmtevraag (vraag naar verwarming en tapwater) als de relatieve of netto warmtevraag (vraag naar verwarming en tapwater minus de koudevraag) een rol spelen. Daarbij speelt nog dat collectieve systemen minder gevoelig zijn voor negatieve interferentie. Hieruit zijn de volgende regels gedestilleerd:

De minimale boordiepte bedraagt 150 m - mv voor alle typen gesloten bodemenergiesystemen. *Een eis voor minimale boordiepte is nodig, omdat de kortste lussen over hun gehele dieptebereik interferentie ontvangen van naastliggende systemen en ook nog eens een koudere gemiddelde achtergrondtemperatuur hebben (de natuurlijke grondwatertemperatuur neemt met de diepte toe).*

Voor individuele gesloten bodemenergiesystemen geldt dat (zie H5.4):
Er mag maximaal 1 lus per 200 m^2 gebruiksoppervlak worden aangelegd.
De bodemzijdige onbalans (bodemzijdige warmtevraag minus bodemzijdige koudevraag) per meter boring maximaal 0.020 MWh mag bedragen.
De bodemzijdige warmtevraag (verwarmen plus tapwater) per meter boring maximaal 0.025 MWh mag bedragen.
Het aantal meters dat geboord moet worden volgt uit die regel die het grootste aantal meters aangeeft.

Voor (klein-)collectieve gesloten bodemenergiesystemen geldt dat (zie H5.4):
Er maximaal 1 lus per 200 m^2 gebruiksoppervlak mag worden aangelegd. Als het aantal lussen dat hieruit volgt niet een geheel getal is, mag het aantal naar het eerstvolgende gehele getal naar boven worden afgerond. Dit om te *voorkomen d*at m*en te veel ondiepe lussen aanlegt waardoor het koudeoverschot over te weinig bodemvolume wordt gespreid.*
De bodemzijdige onbalans (bodemzijdige warmtevraag minus bodemzijdige koudevraag) per meter boring maximaal 0.027 MWh mag bedragen.
Het aantal meter dat geboord moet worden volgt uit die regel, die het grootste aantal meter aangeeft.
De bodemzijdige warmtevraag (verwarmen plus tapwater) per meter boring maximaal 0.034 MWh mag bedragen.

3. *Hoe wordt inpassing van monobronnen tussen de GBES gefaciliteerd en in goede banen geleid?*

Ten eerste zorgen de boordiepteregels voor GBES ervoor dat het horizontale invloedsgebied van het koudeoverschot beperkt blijft. Daardoor blijft er meer ruimte voor monobronnen. Inpasbaarheid van monobronnen is ook afhankelijk van het al dan niet vergund krijgen van het systeem. Derhalve is het warme filtertraject van de monobronnen boven geplaatst. Bij ondiepe lussen tot ~150 m – mv is het netto effect dan positief, terwijl dit negatief zou zijn als de koude bronnen van de monobron boven zouden worden geplaatst.

Om te voorkomen dat reeds vergunde monobronnen ervoor zorgen dat naastgelegen percelen niet gebruik kunnen maken van GBES, wordt gesteld:

A) Indien er voor een naastliggend perceel nog geen vergunning is voor een bodemenergiesysteem, of indien er een vergunning is voor GBES, moet de initiatiefnemer van de monobron aantonen dat er maximaal 1,5K interferentie is op de grens van het betreffende naastliggende perceel.
B) Indien een naastliggend perceel reeds een vergunning heeft voor een monobron, bieden de eisen uit de Waterwet, in combinatie met de vastlegging van de filtertrajecten voor monobronnen in het bodemenergieplan, voldoende bescherming tegen negatieve interferentie.

Uit de modelberekeningen (paragraaf 5.3) blijkt dat het onderlinge effect van GBES en monobronnen niet dusdanig groot is dat inpassing niet mogelijk is. Op de lange termijn is het toevoegen van monobronnen aan de 'mix' positief. Er worden systemen met een bodemzijdig koudeoverschot (GBES) vervangen door systemen met een balans (monobronnen).

5.3 Uitgangspunten modellen, effecten gekozen scenario's op grote schaal en lange termijn

5.3.1 Modelinput

Om de vragen uit paragraaf 5.2 te beantwoorden, worden modellen gebruikt. Voor de grootschalige en lange-termijn-effecten (H5.3) wordt FloPy gebruikt. Om de situatie tijdens piekgebruik van de GBES te simuleren (H5.4) wordt aanvullend de bodeminterferentietool van VHGM (BIT) gebruikt. FloPy is een programma in Python dat twee modules aanstuurt: voor de hydrologische berekeningen is gebruik gemaakt van het grondwaterstromingsmodel MODFLOW. Er wordt een stationair model gedraaid op vol debiet (worstcase). Voor de hydrothermische modellen is naast MODFLOW gebruik gemaakt van het warmte- en stoftransportmodel MT3DMS. Er wordt een tijdsafhankelijk model gedraaid voor een periode van 30 jaar. Voor de bepaling van het koudeoverschot van GBES in de Muidenbuurt wordt 50 jaar gemodelleerd.

In de onderstaande tabellen zijn de gebruikte invoergegevens weergegeven. De systemen (plan en bestaand) zijn daarnaast weergegeven in figuur 5.1 van het vooronderzoek. In de tabellen worden afkortingen weergegeven voor de gebieden. HK is Havenkom, PB is Pampusbuurt Oost en West en MB is Muidenbuurt.

Tabel 5.1 In modellen opgenomen open bodemenergiesystemen. Systemen van het plan zijn blauw gearceerd). Overige bestaande systemen zijn grijs gearceerd.

Bron	Systeem	x	y	Bovenkant filter [m +mv]	Onderkant filter [m +mv]	Infiltratie-temperatuur	Infiltratie [m^3/ seizoen]	Onttrekking [m^3/seizoen]	Debiet [m^3/h]
HK mono W	Het plan 6 bronnen	-	-	-120/ -135*	-130/ -145*	16	55.200 – 62.400	55.200 – 62.400	46 – 52
HK mono K	Het plan 6 bronnen	-	-	-170	-180	7	55.200 – 62.400	55.200 – 62.400	46 – 52
PB mono W	Het plan 40 bronnen	-	-	-120/ -135*	-130/ -145*	16	52.800 – 91.200	52.800 – 91.200	44 - 76
PB mono K	Het plan 40 bronnen	-	-	-170	-180	7	52.800 – 91.200	52.800 – 91.200	44 - 76

** Bepaling worstcase interferentie met GBES op basis van bovenkant filter op 120 m – mv. Bepaling worstcase interferentie tussen warme en koude bellen monobronnen op basis van bovenkant filter op 135 m – mv.*

Tabel 5.2 In modellen opgenomen gesloten bodemenergiesystemen. Systemen van het plan zijn blauw gearceerd (voor locatie, zie figuur 5.1 in het hoofddocument). Overige bestaande systemen zijn grijs gearceerd.

Systeem	x	y	Eind-diepte boring	Bodemzijdige energie ruimteverwarming [MWh]	Bodemzijdige energie warm tapwater [MWh]	Bodemzijdige energie koeling [MWh]
PB 1011 GBES	-	-	-100	3,6 – 4,4	0**	1,8 – 3,4
MB 1512 GBES	-	-	-150 – -390*	2,2 – 8,9*	0**	1,8 – 8,0*

** De grotere energievraag per systeem bij de Muidenbuurt resulteert uit het feit dat ook collectieve systemen worden toegepast en dat er worstcase van wordt uitgegaan dat alle gebouwen gebruik zullen maken van GBES. Vanwege de gehanteerde rekenregel, die ook in het BEP zal worden opgenomen, komen zeer grote boordiepten voor.*
*** De modellen zijn gedraaid ter bepaling van de langjarige afkoeling. Vandaar dat de volledige warmtevraag (verwarmen + tap) op de post van ruimteverwarming is geplaatst. Piekgedrag wordt berekend middels BIT (par. 5.4).*

Tabel 5.3 In model gehanteerde bodemopbouw

Nr.	Naam	Boven-kant [m – mv]	Onderkant [m - mv]	Doorlatendheid		Warmte-eigenschappen		Typering
				k_h [m/d]	k_v [m/d]	Warmte-capaciteit [MK/m³*K]	Warmte-geleidings-coëfficient [W/m*K]	
1	Deklaag	0	-13	0,104	0,026	2,4	1,6	klei
2	WVP1	-13	-15	4,5	1,125	2,5	1,9	Zand slibhoudend
3	SDL1	-15	-25	0,04	0,010	2,4	1,6	klei
4	WVP2	-25	-80	15	3,75	2,5	2,2	Zand matig grof/matig fijn
5	WVP3	-80	-245	50	12,5	2,45	2,3	Zand uiterst / middelgrof
6	WVP4	-245	-270	4	1	2,5	2,2	Zand matig grof/matig fijn

**Dit is de globale bodemopbouw. In de modellen zijn extra lagen toegevoegd voor de onderkant van bovenkant van filtertrajecten.*

Tabel 5.4 Uitgangspunten grondwaterstroming en -temperatuur

Parameter		Waarde
Grondwaterstroming	Richting	242 (WZW)
	Verhang [‰]	0,18
Natuurlijke grondwatertemperatuur [°C]		12,5

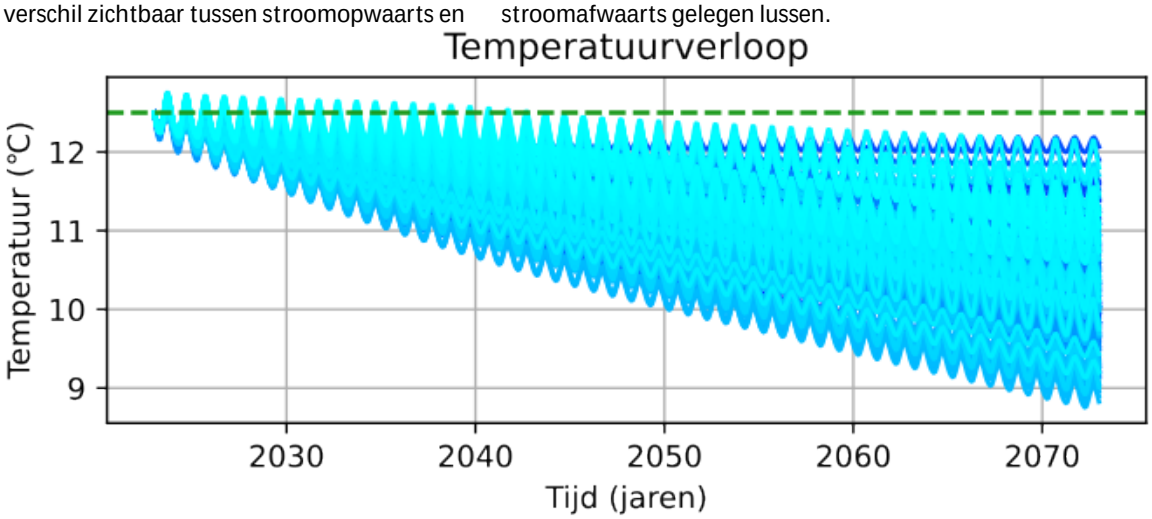
5.3.2 Hydrothermische effecten Muidenbuurt

In Muidenbuurt ligt de focus op gesloten bodemenergiesystemen. Gesloten bodemenergiesystemen hebben geen hydrologische effecten. Er zijn, na optimalisatie-iteraties, 2 definitieve modellen gedraaid voor Muidenbuurt:
- Model 4: het gehele gebied wordt aangesloten op GBES. Worstcase ten aanzien van opbouw koudeoverschot
- Model 5: de sociale percelen worden aangesloten op monobronnen en de percelen van de ontwikkelaar en zelfbouw worden aangesloten op GBES. De reden om sociale percelen op monobronnen aan te laten sluiten is dat verwacht wordt dat deze percelen eerder voor OBES zullen opteren: enerzijds is de kans dat sociaal voor monobronnen kiest groter doordat in dit segment warmte en koude normaliter collectief opgewekt worden in een energiecentrale van het gebouw dan wel van het hele perceel. Daarnaast is de gemiddelde bouwhoogte groter waardoor OBES ook eerder zullen worden ingezet.

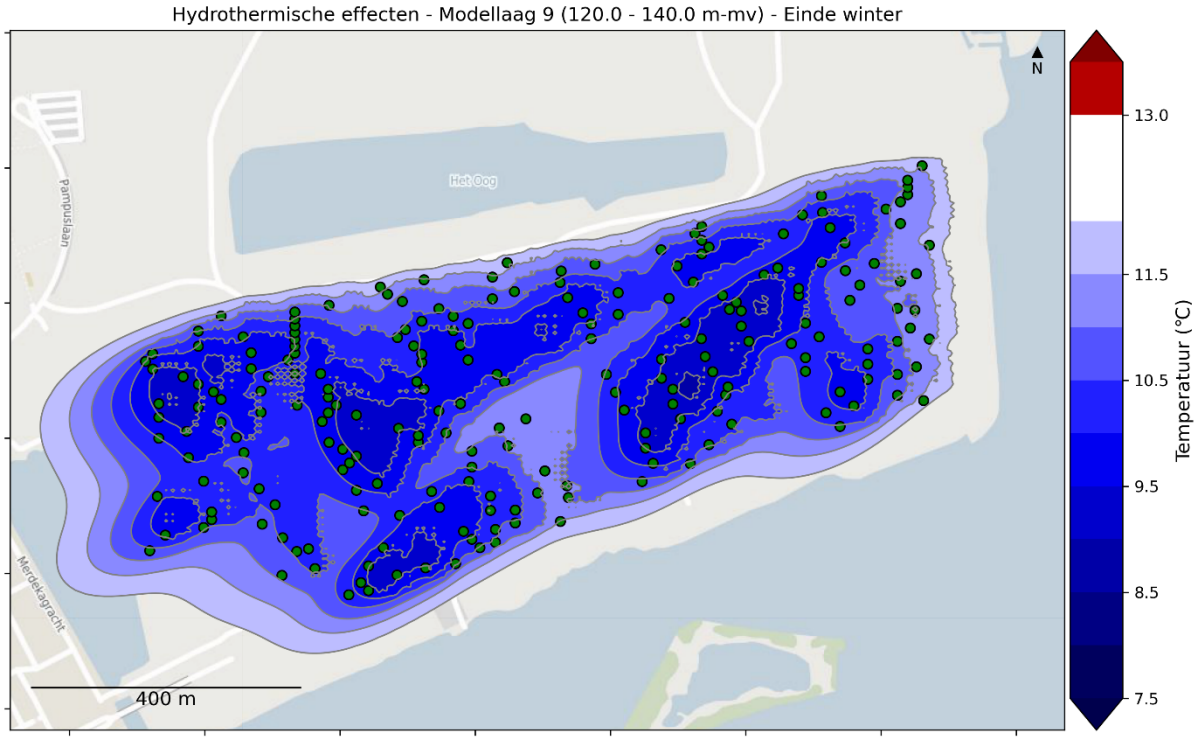
Hydrothermische effecten model 4

- Na 50 jaar is de gemiddelde temperatuur ter hoogte van alle bronnen gedaald tot ca. 10,2 °C. De temperatuur in de slechtst presterende bron in Muidenbuurt bedraagt ca. 8,9 °C. Het verlies ten opzichte van de natuurlijke grondwatertemperatuur van 12,5 °C bedraagt gemiddeld 2,3 K en maximaal 3,6 K. Dit temperatuurverlies moet worden opgeteld bij de interferentie tussen systemen in piekgebruik (paragraaf 5.4) om te bepalen wat de werktemperatuur van de lussen wordt. Dit is sterk worstcase, omdat er in dit model van wordt uitgegaan dat alle percelen gebruik maken van lussen. In de praktijk wordt verwacht dat een deel van de percelen gebruik zal maken van monobronnen, waarvoor thermische balans wordt geëist in het bodemenergieplan.
- Er is een stroomafwaartse (westzuidwestelijke) opbouw van het koudeoverschot te zien. Daar waar een onbebouwd gebied (park) voorkomt wordt de stroomafwaartse opbouw van het koudeoverschot grotendeels teniet gedaan (figuur 5.3).
- Kortere lussen kennen een groter verlies in temperatuur, ondanks het feit dat gelijke vermogens per meter boordiepte worden aangehouden en gelijke hoeveelheid energie per eenheid bodemvolume. Dit komt ten eerste omdat korte lussen altijd over hun volledige lengte interferentie ontvangen van overige GBES. Daar komt nog bij dat de gemiddelde natuurlijke bodemtemperatuur rondom een lus bij een boordiepte van 100 m ca. 11,3 °C bedraagt, terwijl dit bij een boordiepte van 250 m al 12,5 °C is. Dit betekent dat, puur door de natuurlijke grondwatertemperatuur, bij de diepere lussen al snel 1,2 °C aanvullende ruimte is voor interferentie. Om te voorkomen dat ondiepe lussen niet goed functioneren, wordt een minimumboordiepte vastgesteld in het plan. Dit is in detail uitgewerkt in paragraaf 5.4 middels toegespitste modelberekeningen die beter het gedrag tijdens de piekvraag simuleren.

Figuur 5.2 Temperatuurverloop bronnen model 4. Lichtblauwe kleuren: GBES. Het temperatuurverlies in de bronnen richting het einde van het verwarmings- resp. koelseizoen is goed zichtbaar als zaagtand in de grafieken. Daarnaast is in de mate van teruglopende temperatuur een duidelijk verschil zichtbaar tussen stroomopwaarts en stroomafwaarts gelegen lussen.



Figuur 5.3 Thermische effecten in het 3e watervoerende pakket



Hydrothermische effecten model 5
Model 5 bestaat uit drie deelmodellen om de onderlinge effecten tussen GBES en monobronnen inzichtelijk te maken:

- Model 5A: GBES en monobronnen staan aan
- Model 5B: GBES staan aan
- Model 5C: monobronnen staan aan

Voor het overige deel zijn de modellen precies gelijk.
Hieruit wordt de volgende onderlinge interferentie waargenomen:
In de warme bellen van de monobronnen treedt een gemiddeld verlies van 0,3K en uiterst verlies van 0,5K op. Deze mate van verlies zou niet problematisch moeten zijn voor het functioneren van de bronnen. Dit toont aan dat monobronnen inpasbaar blijven tussen de GBES mits de monobronnen op een ‘handige’ positie op het perceel worden geplaatst.

Het effect op GBES is relatief neutraal, gemiddeld -0,04K (want de GBES ontvangen interferentie van zowel de warme als koude bel van de monobron). De pieksituatie is niet gemodelleerd. In de pieksituatie zal het effect positiever zijn doordat de temperatuur om de GBES heen tot ca. de infiltratietemperatuur van de koude bron van de monobronnen daalt. De door de monobronnen opgewekte grondwaterstroming is dan doorslaggevend.

Hydrologische effecten model 5
De hydrologische effecten van model 5 (Muidenbuurt) worden verder niet besproken. Deze zijn vanwege het geringere aantal bronnen namelijk significant kleiner dan de hydrologische effecten bij de Pampusbuurten / Havenkom.

5.3.3 Hydrologische- en hydrothermische effecten Pampusbuurten en Havenkom

Model 2 – OBES en GBES Pampusbuurt en Havenkom, worstcase scenario GBES
In model 2 staan de monobronnen zo ondiep mogelijk afgesteld (warm bronfilter vanaf 120 m – N.A.P.). Daardoor is dit model worstcase met betrekking tot zowel thermische interferentie met GBES als hydrologische effecten aan maaiveld. In dit model worden de volgende hydrologische- en grondmechanische effecten waargenomen:

- De verlaging in de deklaag is maximaal 0,07 m en de verlaging in de bronnen ligt tussen de 0,35 meter en 2,03 meter. Deze verlagingen worden acceptabel geacht.
- Nabij of bij de bronnen treedt een maximale zetting van 9 mm op. Een potentiële verlaging van de kruinhoogte van de waterkering langs het IJsselmeer van 9 mm zou niet problematisch moeten zijn.
- Schade door zetting treedt met name op ten gevolge van het zettingsverhang (scheefstelling). Om zettingsproblemen te voorkomen wordt in de praktijk een zettingsverhang van minder dan 1 meter per 300 meter (3,33 ‰) nagestreefd. Schade aan gebouwen treedt meestal op vanaf een zettingsverhang van 1 meter op 150 meter (6,66 ‰). Het maximale zettingsverhang is berekend op 0,05 ‰. Het zettingsverhang is dus gering.

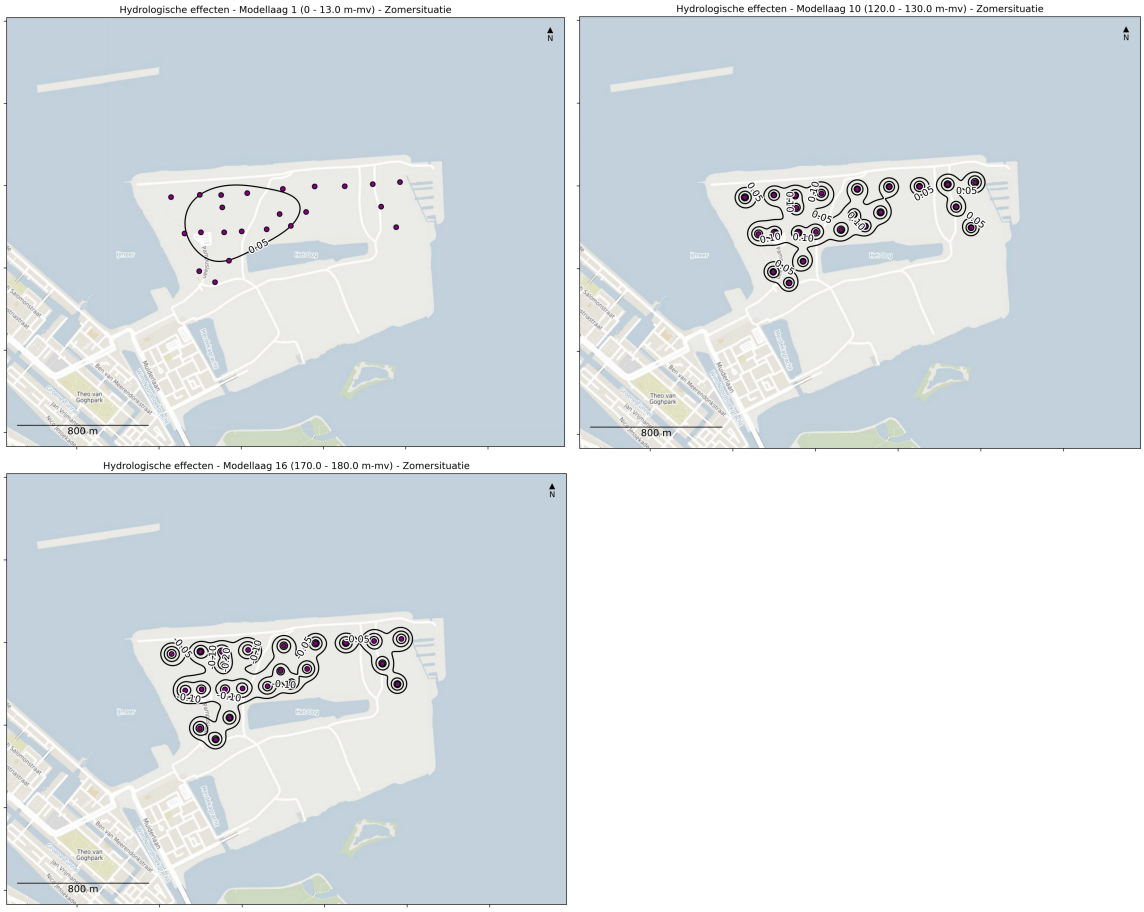
De hydrothermische modellen van de gesloten systemen en monobronnen in Pampusbuurt en Havenkom geven inzicht in het onderlinge effect van monobronnen en GBES.

Effect van GBES op OBES bij een verticale tussenafstand van 20 m (boordiepterestrictie GBES: 100 m -N.A.P.)

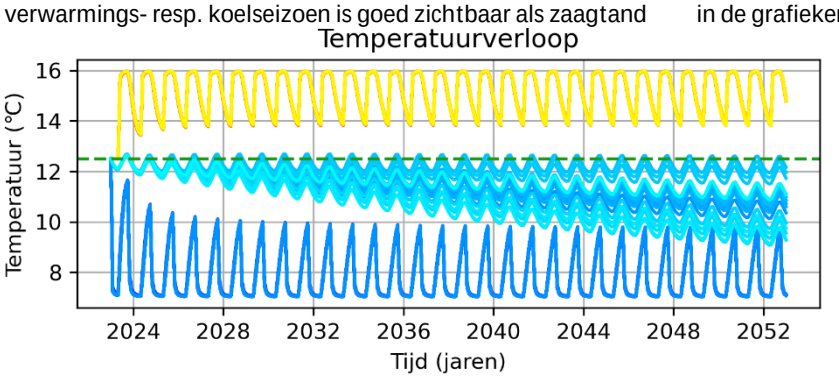
- In het cumulatieve model met zowel monobronnen als GBES, is bij de monobronnen een gemiddeld verlies waargenomen van minimaal 1,3 kelvin en maximaal 1,8 kelvin en een uiterst thermisch verlies van minimaal 2 kelvin en maximaal 2,8 kelvin.
- In het model met alléén monobronnen, was het gemiddelde thermische verlies minimaal 1,3 kelvin en maximaal 1,8 kelvin en het uiterst thermisch verlies minimaal 1,9 kelvin en maximaal 2,8 kelvin.
- Bij individuele bronnen ligt het verschil tussen beide modellen tussen de 0 en 0,2 kelvin. Er is bij een verticale tussenafstand tussen GBES en OBES van 20 m na 30 jaar dus geen significante negatieve interferentie van GBES op de OBES.

Effect van OBES op GBES bij een verticale tussenafstand van 20 m (boordiepterestrictie GBES: 100 m -N.A.P.)
We hebben de lussen onderzocht die het dichtst bij monobronnen zijn gelegen. Het effect van monobronnen op GBES was sterk positief: de afname ten opzichte van de natuurlijke grondwatertemperatuur reduceert met ca. 0,3 à 0,7K. Dit is met name te wijten aan het opwekken van grondwaterstroming rond de lussen, waardoor de temperatuur van het grondwater rond de lus minder ver terugvalt tijdens winterbedrijf. Het positieve effect is niet te wijten aan temperatuurverlies van de warme bellen van de monobronnen aan de GBES, zie “effect van GBES op OBES”.

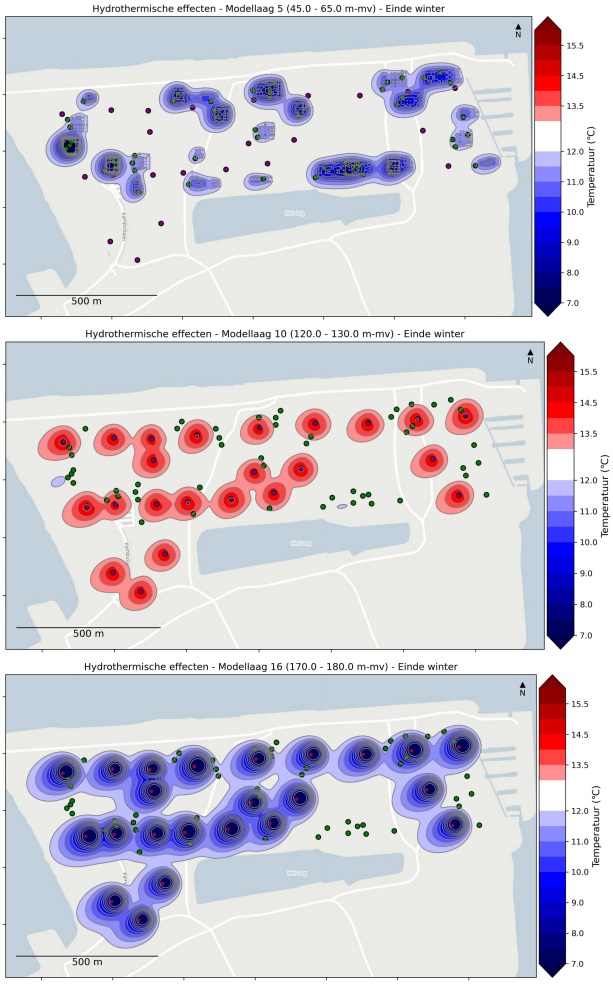
Figuur 5.4 Hydrologische effecten in het freatische pakket (linksboven) en in de filtertrajecten in het 3e watervoerende pakket (rechtsboven en linksonder) aan het einde van de zomer



Figuur 5.5 Temperatuurverloop bronnen. Geel/ oranje: warme bronnen. Donkerblauwe kleuren: koude bronnen. Lichtblauwe kleuren: GBES. Het temperatuurverlies in de bronnen richting het einde van het verwarmings- resp. koelseizoen is goed zichtbaar als zaagtand in de grafieken.



Figuur 5.6 Thermische effecten in het 2e (uitsluitend GBES) en 3e (uitsluitend OBES) watervoerende pakket



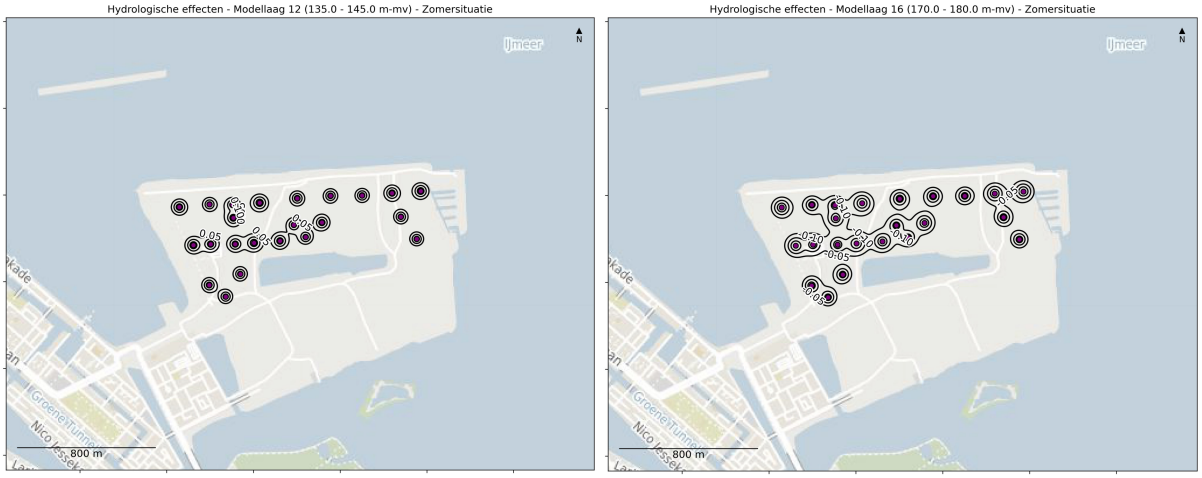
Model 3 – OBES Pampusbuurt en Havenkom, worstcase modellering invloed koude bronnen OBES op warme bronnen OBES

Het hydrothermische model 3 (alleen monobronnen, 25 m verticale afstand tussen warme en koude bronnen) wordt vergeleken met het hydrothermische model 2B (alleen monobronnen, 40 m verticale afstand tussen warme en koude bronnen). De volgende verschillen worden waargenomen ten gevolge van het reduceren van de verticale afstand tussen koude en warme bronnen:

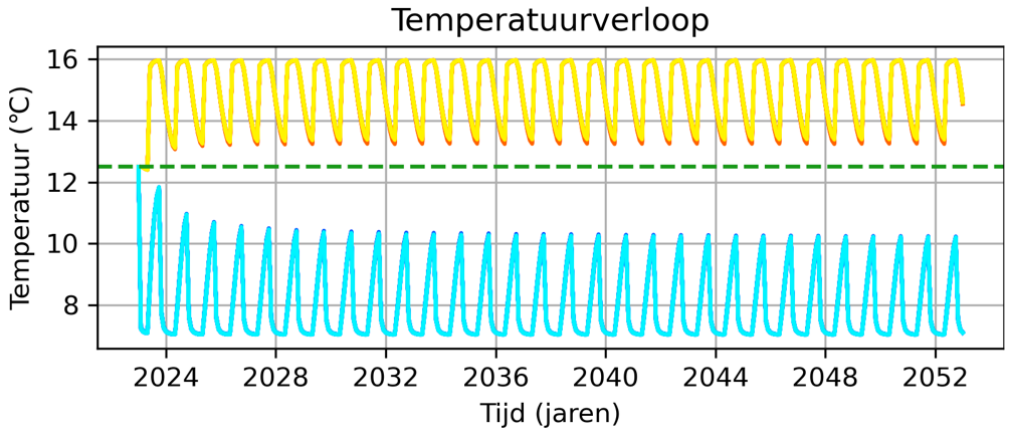
- Model 3 (25m verticale tussenafstand) toont een gemiddeld verlies van minimaal 1,7K en maximaal 2,1 kelvin en een uiterst verlies van minimaal 2,2 kelvin en maximaal 3,2 kelvin.
- Model 2B (40m verticale tussenafstand) toont een gemiddeld verlies van minimaal 1,3 kelvin en maximaal 1,8 kelvin en een uiterst verlies van minimaal 2 kelvin en maximaal 2,8 kelvin.

Het negatieve effect van het verkleinen van de verticale tussenafstand bedraagt 0,2 tot 0,4 K in het model. De onttrekkingstemperaturen blijven echter voldoende op peil voor efficiënte warmte- en koudelevering van de monobronnen. Indien de verticale tussenafstand tussen de filtertrajecten groter dan 25m wordt gehouden, is er een groter risico dat voor monobronnen onvoldoende filter kan worden geplaatst. Het warme bronfilter moet dan namelijk dieper in het pakket worden geplaatst. Van dit diepere deel van het pakket is minder bekend, en als er boorstaten zijn, tonen deze aan dat de kwaliteit afneemt. In het bodemenergieplan wordt het relatief geringe aanvullende verlies ten gevolge van een kleinere verticale tussenafstand daarom verkozen boven het risico dat bronnen onvoldoende groot kunnen worden uitgevoerd. Het staat initiatiefnemers vrij om een grotere verticale tussenafstand aan te houden mits men zich houdt aan de voorgeschreven filtertrajecten. Het waargenomen verlies in model 3 is derhalve sterk worstcase.

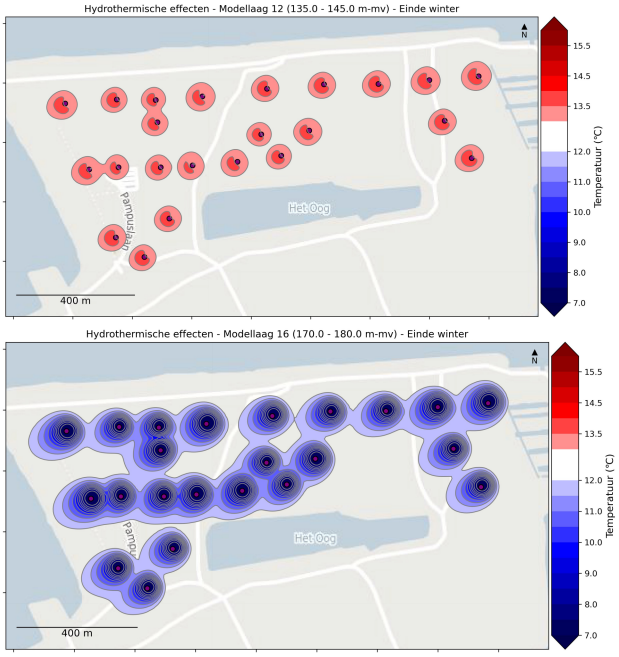
Figuur 5.7 Hydrologische effecten in het 3e watervoerende pakket aan het einde van de zomer



Figuur 5.8 Temperatuurverloop bronnen. Oranje en rode kleuren: warme bronnen. Blauwe kleuren: koude bronnen. Het temperatuurverlies in de bronnen richting het einde van het verwarmings- resp. koelseizoen is goed zichtbaar als zaagtand in de grafieken.



Figuur 5.9 Thermische effecten in het 3e watervoerende pakket



5.4 Uitgangspunten modellen en effecten gekozen scenario's tijdens piekverbruik GBES

5.4.1 Gebruikte modellen en modelinvoer

Om de situatie tijdens piekgebruik van de GBES te simuleren wordt de bodeminterferentietool van VHGM (BIT) gebruikt. BIT maakt gebruik van de lijnbronvergelijking. De lijnbronvergelijking staat ook aan de basis van programma's zoals EED. Grondwaterstroming wordt niet meegenomen in de BIT. Grondwaterstroming speelt, gezien de snelheid, de grootste rol op de langere termijn. Door het negeren van de korte-termijn-effecten van grondwaterstroming (BIT) zijn de berekeningen worstcase. Voor de lange-termijn-opbouw en -afstroming van het koudeoverschot is FloPy ingezet (H5.3). De lokale interferentie (H5.4, BIT) wordt opgeteld bij de lange-termijn-opbouw van het koudeoverschot (H5.3, FloPy) om te komen tot de totale lange-termijn-interferentie.

BIT is ingezet op tranche 1. Van deze tranche is in groter detail bekend hoe de gebouwen gepositioneerd worden, wat het aantal bouwlagen is, en welke woningtypologieën gebruik maken van collectieve lussen of juist individuele lussen. Van de overige tranches is de opbouw nog niet in dit detailniveau bekend.

De toegepaste luslocaties worden getoond in figuur 5.10. Grondgebonden woningen zijn uitgevoerd met individuele GBES. Niet-grondgebonden woningen zijn uitgevoerd met collectieve GBES (aangeduid met 'c' in legenda). Daarbij is 1 collectief toegepast per 'stapel', ofwel een kolom van appartementen boven elkaar. Daarnaast is voor elk collectief, afgerond naar boven, 1 lus toegepast per drie bouwlagen.

Voor de energievraag zijn dezelfde uitgangspunten aangehouden per m^2 gebruiksoppervlak als voor de overige energieberekeningen in dit document.

Allereerst is door middel van het stellen van een doeltemperatuur bepaald welke temperaturen er minimaal in de systemen voor mogen komen. De doeltemperatuur is zo gekozen dat gegarandeerd kan worden dat alle systemen naar behoren kunnen functioneren. Een water/water systeem raakt in storing wanneer de aanvoertemperatuur vanuit de bodemwarmtewisselaar naar de warmtepomp toe < 5°C wordt. Dit moet dus te allen tijde vermeden worden. Om dit te vermijden is de BIT-berekening geoptimaliseerd voor een minimumtemperatuur van 6°C, rekening houdende met lokale (BIT) plus regionale (FloPy) interferentie. Dit betekent dat de BIT-berekeningen zijn geoptimaliseerd tot een warmtepompaanvoertemperatuur van ca. 9,6°C (6°C +3,6 K uiterste regionale lange-termijn- interferentie; H5.3.2). Kleine overschrijdingen (~9,5°C) worden geaccepteerd, omdat er meerdere veiligheidsmarges zijn aangehouden:

- De FloPy-berekening gaat uit van *uitsluitend* GBES
- Er is een marge aangehouden tussen absoluut minimum (5°C) en gehanteerd minimum (6°C)
- Er is ook sprake van lange-termijn-effecten in de BIT-berekening (draaitijd 30 jaar) en daarmee enige overlap met de FloPy-berekening.

De effecten van het geoptimaliseerde BIT-model en cumulatie met het FloPy-model worden in de onderliggende paragraaf besproken.

5.4.2 Berekende effecten en cumulatie met lange-termijn grootschalige afkoeling

De lokale interferentie bedraagt gemiddeld 1,6K en maximaal 2,5K. Op basis van de interferentie is de aanvoertemperatuur richting warmtepomp weergegeven (figuur 5.10). Te zien is dat het model globaal rond de 10°C uitkomt met enkele uitschieters naar 9,5 à 9,6°C. Dit biedt dus voldoende ruimte voor de regionale lange-termijn interferentie (zie bovenstaande paragraaf).

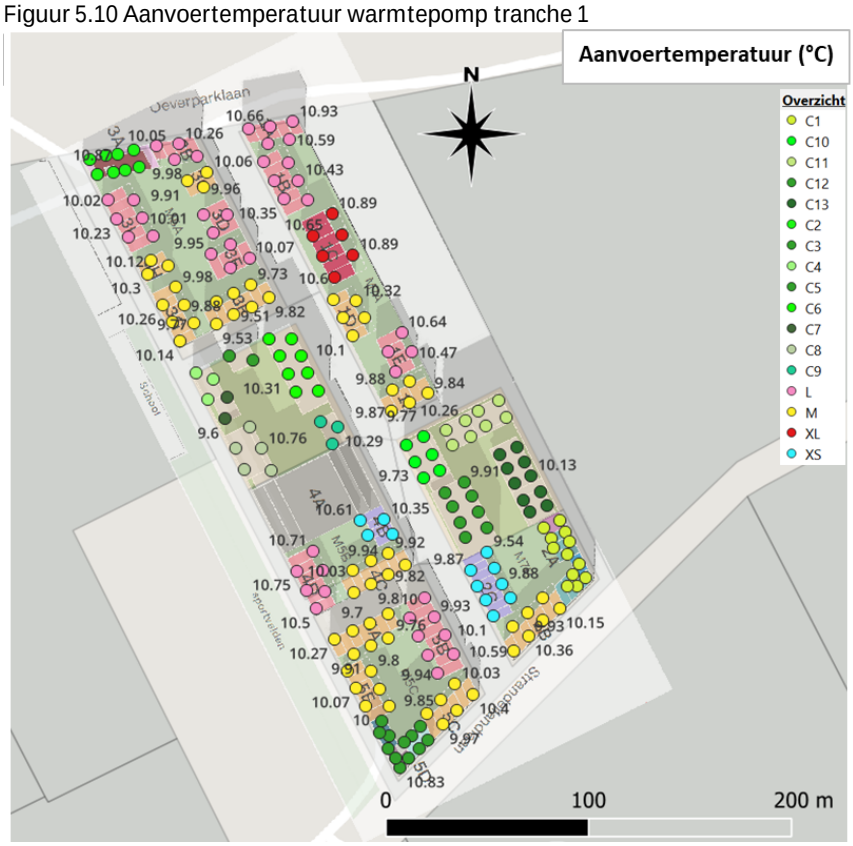
Voor de regels van het bodemenergieplan is het van belang regels te formuleren die eenvoudig toepasbaar zijn. Derhalve is gekeken naar hoeveel warmte (verwarming + tapwater) en hoeveel netto warmte (verwarming + tapwater – koudevraag) de systemen per jaar per meter boordiepte onttrekken. Hierbij is uitgegaan van MWh per jaar, omdat dit de meest gebruikte eenheid is voor de beschrijving van de energievraag van gebouwen. Let wel, we rekenen met de bodemzijdige energievraag. Anders kunnen individuele systeemkeuzes, die hun weerslag hebben op de ratio tussen gebouwzijdig en bodemzijdig benodigde energie, de regels in het bodemenergieplan doen falen. De resultaten hiervan zijn in tabel 5.5 samengevat. Gesteld kan worden dat voor individuele systemen een warmteonttrekking van 0,025 MWh/(m*j) veilig is en een netto warmteonttrekking van 0,020 MWh/(m*j) (gemiddelde minus standaarddeviatie).

Collectieve systemen zijn minder gevoelig voor interferentie door hun grotere onderlinge afstand en het feit dat de meerdere lussen waaruit ze bestaan niet allemaal een hoge mate van interferentie ontvangen (ze zijn niet allemaal vlak bij het meest interfererende buursysteem gelegen). Dit is duidelijk te herleiden in de resultaten: gesteld kan worden dat voor collectieve systemen een warmteonttrekking van 0,034 MWh/(m*j) veilig is en een netto warmteonttrekking van 0,027 MWh/(m*j) (gemiddelde minus standaarddeviatie).

Tabel 5.5 Gemiddelde bodemzijdige warmteonttrekking en netto bodemzijdige warmteonttrekking per m boordiepte. St.dev is de standaarddeviatie van de gegevens.

Groep	Gemiddelde warmteonttrekking [MWh/(m*j)]	Gemiddelde -st.dev. [MWh/(m*j)]	Gemiddelde netto warmteonttrekking [MWh/(m*j)]	Gemiddelde - st.dev. [MWh/(m*j)]
Totaal	0,028	0,023	0,022	0,018
Individuele systemen	0,027	0,025	0,021	0,020
Collectieve systemen	0,042	0,034	0,032	0,027

Figuur 5.10 Aanvoertemperatuur warmtepomp tranche 1



6 Slotopmerkingen

Strandeiland is een groot gebied met een zeer gevarieerd palet aan bouwvormen, bouwhoogten en eigenaren. Vanuit bodemenergie zijn er twee deelgebieden te onderscheiden, namelijk:

- Pampusbuurten en Havenkom: het noordelijke deel van Strandeiland, waar de grotere bouwhoogte en relatief grote te ontwikkelen gebruiksoppervlakten per eigenaar ervoor zorgen dat open bodemenergiesystemen als voorkeurssysteem worden gezien. Er wordt op dit moment van uitgegaan dat op het gebied van energievoorziening relatief weinig collectieven tussen verschillende eigenaren worden aangegaan. Dan passen monobronnen het beste bij de schaalgrootte. Een bijkomend voordeel van dit type bronnen is dat bronnen van verschillende eigenaren op relatief korte afstand van elkaar kunnen worden geplaatst. Het bodemenergieplan zal regels bevatten om monobronnen op korte onderlinge afstand te faciliteren en daarbij risico's op bronverstoppingen in te perken. Kleinere initiatiefnemers in het gebied zullen mogelijk gebruik willen maken van gesloten bodemenergiesystemen. Om interferentie van deze systemen met de OBES te voorkomen wordt een diepterestrictie toegepast. Door deze diepterestrictie blijven GBES verticaal gescheiden van OBES. Tenslotte is er in het gebied een risico op bronverstopping door het proces van sulfaatreductie. Om dit risico te beperken wordt aan initiatiefnemers van monobronnen geëist dat de bronnen mimimaal op 120 m – N.A.P. worden geplaatst. Doubletten worden onder specifieke omstandigheden ook toegestaan. Zo blijft er ruimte voor energiebedrijven die levering aan meerdere eigenaren in een gebied op zich nemen.

- Muidenbuurt: het zuidelijke deel van Strandeiland, waar veel gebouwen van 2 tot 4 bouwlagen worden ontwikkeld, enkele gebouwen van 5 à 6 bouwlagen en sporadisch meer. Dit maakt dat GBES een groot deel van de energievoorziening zouden kunnen leveren, maar dat ook open bronnen benodigd zijn voor de hogere gebouwen tenzij GBES over de hele percelen worden gespreid. Kortom, in dit gebied moeten de regels zowel GBES als monobronnen faciliteren en moet deze mix goed beheerst worden. Dit is uitdagend en omdat GBES potentieel een groot deel van de energie leveren is lange-termijn-opbouw van een koudeoverschot in de bodem een reëel risico. In H5 worden op hoofdlijnen regels gesteld die het koudeoverschot beheersbaar maken en ervoor zorgen dat monobronnen en GBES met overlappend dieptebereik mogelijk worden gemaakt.

De gemeente kiest in samenspraak met VHGM dus voor een op open bodemenergiesystemen gericht plan voor de Pampusbuurten en Havenkom en voor een op zowel gesloten als open bodemenergiesystemen gericht plan voor de Muidenbuurten.

Om het definitieve vooronderzoek op te stellen wordt aan de gemeente input gevraagd. Daarnaast zullen de rekenregels voor gesloten bodemenergiesystemen in de Muidenbuurt aan de hand van een detailstudie van tranche 1 verder worden verfijnd.

Na gereedkomen van het definitieve vooronderzoek zal het concept bodemenergieplan worden opgesteld. Dit plan wordt becommentarieerd door de gemeente, de Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied en de provincie Noord-Holland. Uit de commentaren ontstaat het definitieve bodemenergieplan, dat juridisch moet worden vastgelegd door de gemeente.