

Monitoringsplan MTO bij Butterfly Orchids te Andel

Monitoringsplan met voorgestelde monitoringsactiviteiten



Datum 15 oktober 2025
Referentie PR10639\RK\20251015
Betreft Monitoringsplan MTO bij Butterfly Orchids te Andel
Behandeld door [REDACTED]
Gecontroleerd door [REDACTED], [REDACTED], [REDACTED]
Versienummer 1.3

OPDRACHTGEVER

Butterfly Orchids
Middenweg 4
4281 KH Andel
Contact: [REDACTED]
T: +31 6 [REDACTED]
E [REDACTED]@butterfly-orchids.nl

ADVISEUR BODEMENERGIE

IF Technology bv
[REDACTED]
Velperweg 35
6824 BE Arnhem
T + 31 [REDACTED]
E [REDACTED]@iftechnology.nl

ADVISEUR EN CONTACT USES4HEAT

DTESS
Zomertalinghof 29
8043 JW Zwolle
Contact: [REDACTED]
T: +31 [REDACTED]
E [REDACTED]@dtess.com

Inhoud

1 Inleiding	4
2 Risico's als aanleiding voor monitoring	7
2.1 Literatuur als startpunt	7
2.2 Effect van opwarming op chemische samenstelling grondwater	7
2.3 Effect van opwarming op microbiologische samenstelling grondwater	9
3 Meetopstelling	10
3.1 Putlocaties	10
3.2 Eigenschappen van de gerealiseerde monitoringsputten	13
3.3 Verwachte Eisen vanuit de vergunning	17
3.4 geplande Meetopstelling bij MTO-bronnen	17
4 Referentiemetingen	19
4.1 Eisen vergunning	19
4.2 Referentiebemonstering	19
5 Monitoring tijdens operatie	21
5.1 Analyse grondwatersamenstelling tijdens operatie	21
5.2 Temperatuurmetingen tijdens operatie	22
5.3 Systeemregistraties	22
6 Rapporten en evaluatie	23
Bijlage 1 Beoogde metingen USES4HEAT (indicatie)	24

1 Inleiding

Ambities Butterfly Orchids: gasloze kassen

Butterfly Orchids ontwikkelt naast haar bestaande 3,5 hectare aan kassen, 12 hectare aan nieuwe kassen. De bestaande kassen staan aan de Middenweg 4 te Andel. De nieuwe kassen aan de Middenweg 8 te Andel. De kassen zijn bestemd voor de kweek van orchideeën. Butterfly Orchids heeft het voornemen om de nieuw te bouwen kassen op een duurzame wijze te verwarmen zonder gebruik te maken van aardgas. Daarmee wordt de emissiereductie van zowel CO₂ als stikstof met 100% verlaagd. De nieuwe kas draagt daarmee bij aan maatschappelijke doeleinden zoals de energietransitie en de terugdringing van stikstofuitstoot. Door gebruik te maken van de modernste verwarmingstechnieken zijn de gasloze nieuwe kassen innovatief en toekomstbestendig.

Warmteopslag is het kritische component in het duurzame warmteconcept

De nieuw te bouwen kassen worden in twee fasen van elk 6 hectare gebouwd. De kassen gaan gebruik maken van een Middelhoge Temperatuur Opslag (MTO) systeem. Dat is een Open Bodemenergiesysteem (OBES) waarmee warmte tot 55 °C kan worden opgeslagen in de ondergrond. Het MTO-systeem wordt ingezet voor seizoensopslag van warmte: in de zomer wordt overtollige warmte uit de kas en warmte uit oppervlaktewater via aquathermie gewonnen en in de ondergrond opgeslagen. In de winterperiode wordt de warmte teruggewonnen uit de MTO en wordt de warmte rechtstreeks of met beperkte inzet van de warmtepomp gebruikt voor het verwarmen van de kassen.

Door de warmte op hogere temperatuur (tot maximaal 55 °C) op te slaan dan gangbaar is bij Warmte Koude Opslagssystemen (WKO, tot 25 °C), wordt het in de winter mogelijk om met een beperkte hoeveelheid elektriciteit toch veel warmte te leveren. Dit draagt bij aan de oplossing van het netcongestieprobleem. Daarnaast zal de verwarming van de kas volledig gasloos zijn, waardoor jaarlijks circa 2,4 miljoen m³ aardgas (en bijbehorende emissies) wordt bespaard.

Eigenschappen van het MTO-systeem

Een MTO-systeem is in juridische zin een Open Bodemenergiesysteem (OBES) waarbij de infiltratietemperatuur hoger is (namelijk > 25 °C) dan bij gangbare OBES, zoals WKO-systemen, en waarbij een warmteoverschot in de ondergrond bestaat. De MTO bij Butterfly Orchids bestaat uit vier warme bronnen (gemiddeld 50 °C) en zes koude bronnen (gemiddeld 13 °C) en twee monitoringsputten. De tien bronnen van het open bodemenergiesysteem worden geplaatst in het tweede watervoerende pakket in het traject van 67 - 85 m-mv. Het systeem onttrekt en infiltreert maximaal 1.370.000 m³/jaar met een maximaal debiet van 390 m³/uur. Daarnaast wordt maximaal 3.120 m³/jaar grondwater onttrokken t.b.v. het onderhouden van de bronnen.

Van onderzoek naar MTO-beleid in Noord-Brabant

Het project vormt een onderdeel van het Europese onderzoeksproject USES4HEAT dat als doel heeft om innovatieve, grootschalige seizoensopslagsystemen - zoals Middelhoge Temperatuur Bodemlussen en Middelhoge Temperatuur Opslag (MTO) - te demonstreren als sleuteltechnologieën voor het verduurzamen van de warmtevoorziening in Europa. USES4HEAT is een internationaal consortium bestaande uit 27 partners uit 8 Europese landen, waaronder onderzoeksinstituten en bedrijven. Het consortium richt zich op het aantonen van de technische haalbaarheid, betrouwbaarheid en effectiviteit van MTO in het kader van de energietransitie. Naast een

demonstratieproject in Noorwegen, was een tweede demonstratielocatie gepland in Riva del Garda in Italië. Door lokale beperkingen kon dit project daar niet doorgaan.

Op verzoek van het consortium wordt het tweede demonstratieproject nu verplaatst naar Nederland, waarbij de MTO-installatie van Butterfly Orchids in Andel als nieuwe demonstratielocatie dient. Binnen USES4HEAT zal deze installatie intensief worden gemonitord en geëvalueerd. De resultaten worden gebruikt om de werking van MTO-systemen verder te optimaliseren en hun rol in warmtenetten en andere duurzame toepassingen te onderbouwen. De kennis en ervaring uit dit project leveren waardevolle inzichten op die kunnen bijdragen aan het opstellen van gedegen en beleid voor MTO in Noord-Brabant en voor de bescherming van de drinkwatervoorraden.

Status van het vergunningstraject

Het bevoegd gezag voor het verlenen van de Omgevingsvergunning voor het MTO-systeem (een open bodemenergiesysteem) is de provincie Noord-Brabant. De Gedeputeerde Staten van deze provincie hebben de beoordeling van de vergunningaanvraag neergelegd bij de Omgevingsdienst Zuidoost Brabant (ODZOB).

Het vooroverleg tussen Butterfly Orchids (en haar adviseurs IF Technology en DTESS) en de vergunningverleners (Provincie Noord-Brabant en ODZOB) loopt al geruime tijd, maar is in de lente van 2025 geïntensiveerd door fysieke gesprekken op het provinciehuis en bij Butterfly Orchids. Begin 2025 heeft Butterfly Orchids twee proefboringen uitgevoerd om de bodemsituatie gedetailleerd in kaart te brengen. Dit heeft geholpen om de effecten nauwkeurig te berekenen in de effectenstudie, die als bijlage wordt ingediend bij de formele vergunningaanvraag. ODZOB zal in afstemming met Provincie Noord-Brabant de vergunningaanvraag beoordelen.

Waarom monitoren?

Op drie verschillende aspecten wijkt dit MTO-systeem af van meer gangbare OBES, zoals WKO-systemen. Een MTO-systeem onderscheidt zich van WKO doordat het afwijkt van twee standaardregels uit het Bal (Omgevingswet). De maximale opslagtemperatuur ligt op 55 °C (i.p.v. 25 °C) en MTO kenmerkt zich door een warmteoverschot in de ondergrond. Daarnaast geldt voor OBES op deze locatie een dieptegrens voor de bronfilters van 80 m-mv, en het aangevraagde systeem vraagt ruimte aan om daar met 5 m van af te wijken (maximale diepte wordt 85 m-mv).

Welke monitoringsvoorschriften?

Wanneer het MTO-systeem vergund wordt, zullen hieraan monitoringsvoorschriften worden verbonden om de belangrijkste risico's af te dekken. Belangrijke documenten waarop het monitoringsplan is gebaseerd, zijn:

- BUM Bodemenergie deel 1
- 'Voorlopig Afwegingskader Vergunningverlening HTO', dat in 2021 is opgesteld met provincies binnen het project 'WarmingUP', om handvatten te geven voor het vergunnen van HTO-systemen (met een opslagtemperatuur van circa 60 - 90 °C).

De meetopstelling uit dit plan is gebaseerd op de eisen die worden gesteld in de BUM BE deel 1. Het voorschrift dat de installatie van een aantal peilbuizen eist, is hiervan een voorbeeld. De meetactiviteiten die in dit monitoringsplan zijn opgenomen, komen voort uit de BUM en het Afwegingskader: de BUM schrijft voor dat een referentiemeting moet worden uitgevoerd die na 2 jaar nog eens moet worden herhaald. De lijst met meetparameters die daarbij worden geanalyseerd is uitgebreider dan bij WKO, en de lijst is gebaseerd op het Afwegingskader. Daarnaast moet minimaal éénmaal per jaar een grondwaterbemonstering en temperatuurmeting

plaatsvinden rondom de warme bel. Tot slot zijn een aantal rapportage- en evaluatiemomenten voorgesteld, waardoor de kennisdeling vanuit de vergunninghouder richting de vergunningverleners en handhavers (provincie en ODZOB) wordt geborgd in de vergunning. In overleg met de ODZOB zijn de voorschriften uitgebreid ten opzichte van de minimale vereisten die vermeld staan in de BUM.

NB: Eventuele aanvullende metingen die Butterfly Orchids uitvoert voor onderzoeksdoeleinden voor USES4HEAT zijn wetenschappelijk gemotiveerd en daarom expliciet géén onderdeel van dit monitoringplan (of de meetverplichting die daaraan verbonden is). Wel is in bijlage 1 een algemeen beeld gegeven van de metingen die worden voorzien.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de verwachte effecten van MTO op de grondwatersamenstelling kort toegelicht op basis van de beschikbare literatuur. Vervolgens is voor de casus MTO Andel bepaald of dit effect naar verwachting zal optreden en in hoeverre monitoring van parameters wordt geadviseerd.

In hoofdstuk 3 is de meetopstelling toegelicht. Daarin wordt beschreven welke apparatuur wordt geïnstalleerd in de putten om metingen mogelijk te maken.

Hoofdstuk 4 beschrijft de uitgebreide set parameters die wordt gemeten bij de referentiemeting (nulmeting), die plaatsvindt vóórdat het systeem in gebruik wordt genomen. Deze meting geeft inzicht in de natuurlijke toestand van het grondwater, zodat in de toekomst veranderingen van deze natuurlijke toestand geïdentificeerd en geïnterpreteerd kunnen worden.

Hoofdstuk 5 beschrijft het monitoringsplan dat wordt toegepast tijdens de operatie van het MTO-systeem, met de meetpunten, meetfrequentie die wordt toegepast en de stoffen waarop wordt geanalyseerd in de labs.

Tot slot wordt in hoofdstuk 6 beschreven welke rapportages worden gedaan en ook worden de belangrijkste evaluatiemomenten voorgesteld.

2 Risico's als aanleiding voor monitoring

2.1 LITERATUUR ALS STARTPUNT

Het toepassen van OBES heeft een aantal effecten op de bodem, het grondwater en de aanwezige microbiologie. In veel opzichten zijn de effecten van een MTO-systeem op de omgeving sterk gelijkend op die van een WKO-systeem (denk aan stijghoogteveranderingen in de omgeving en de omvang van de warme bel).

Wat bij een MTO-systeem anders is, is het temperatuurniveau in de warme bel en de directe omgeving daarvan. Die kan namelijk oplopen tot maximaal 55 °C, waar dit bij WKO maximaal 25 °C is. Die hogere temperatuur kan via chemische evenwichten ook invloed hebben op de chemische en microbiologische samenstelling van het grondwater. Dit type effecten is de aanleiding om dit monitoringsplan op te stellen. In dit hoofdstuk worden achtereenvolgens de volgende aspecten behandeld:

- Welke processen treden op bij temperatuurverhoging?
- Welke effecten mogen worden verwacht op basis van de literatuur?
- In hoeverre treedt dit proces en effect op voor de casus MTO Andel? Welke risico's komen hieruit voort voor de stakeholders nabij MTO Andel?
- Welke meetparameters verdienen dus aandacht om dit effect te monitoren?

Relevante onderzoeken en literatuur die als basis dienen voor dit hoofdstuk zijn:

- WarmingUP Rapport C3: Effecten van hoge temperatuur warmteopslag op grondwaterkwaliteit (KWR, 2020). ([Link](#))
- TKI Urban Energy: Prestaties en effecten van ondergrondse warmteopslag (KWR, 2019). ([Link](#))
- Grondwaterbescherming en HTO (KWR, 2013), per email gedeeld.

In de volgende twee paragrafen wordt het effect van een hogere infiltratie- en opslagtemperatuur op een chemisch proces in de bodem of het grondwater en het effect op de microbiologie in een tabel weergegeven. Hierbij wordt eerst de bevinding uit de literatuur gepresenteerd en vervolgens wat te verwachten is op de locatie te Andel. Na de tabel volgt een advies voor de monitoring, die is uitgewerkt in het vervolg van het monitoringsplan.

2.2 EFFECT VAN OPWARMING OP CHEMISCHE SAMENSTELLING GRONDWATER

In de volgende tabel wordt een overzicht gepresenteerd van de processen die temperatuursafhankelijk zijn (kolom 'proces'), wat de bevindingen vanuit de literatuur zijn voor dit proces, en wat dit specifiek betekent voor de MTO in Andel.

Tabel 2.1. Overzicht effecten chemische samenstelling grondwater

Proces	Literatuurbevinding	Wat betekent dit voor MTO Andel?
Kalkneerslag	Treedt op bij hogere temperaturen dan ca 60 °C.	Treedt niet op. Geen waterbehandeling nodig.
Oplossing silicaten	Treedt op bij >60 °C.	Treedt niet op.
Redox	Als sulfaat afwezig: mogelijk methanogenese tussen 25 - 40 °C, mits organisch materiaal aanwezig is.	Meting proefboring toont aan: sulfaat vrijwel afwezig, maar ook weinig organisch materiaal. Daarom weinig methanogenese verwacht.
Mobilisatie van DOC	Vanaf >40 °C, maar geen aanwijzingen voor toename in redox of microbiologische activiteiten.	Mogelijk neemt DOC toe, maar geen impact verwacht op redox of microbiologie, door afwezigheid oxidatoren.
Desorptie van sporenelementen (arseen, zware metalen)	Arseen: desorptie bij opwarming Zware metalen: sorptie bij opwarming ¹ .	De natuurlijke concentratie arseen is laag in opslagpakket (1,2 µg/l gemeten met proefboring. Naar verwachting zal concentratie bij opwarming beperkt blijven, maar wel iets toenemen. Monitoring wordt aanbevolen tijdens referentiemeting en operatie. Zware metalen binden juist beter aan bodem bij hogere temperatuur en daarom ligt monitoring tijdens operatie niet voor de hand. Wel aanbevolen om referentiemeting uit te voeren.

¹ Bonte, 2013 ("Impacts of shallow geothermal energy on groundwater quality")

Advies voor monitoring

Op basis van de bevindingen uit tabel 2.1 wordt het volgende voorgesteld om mee te nemen in de monitoring bij de MTO te Andel:

- Een referentiemeting, waarbij de nul-situatie wordt vastgelegd in het warme en koude cluster (in de monitoringsputten en in één bron per cluster), waarbij tenminste de parameters die relevant zijn voor de genoemde processen worden geanalyseerd (macroparameters en een aantal sporenelementen zoals arseen, en zware metalen).
- Na één en twee jaar nogmaals de zware metalen analyseren en aan de hand van de resultaten beoordelen of de zware metalen opgenomen moeten worden in de jaarlijkse monitoring of niet.

- Minimaal éénmaal per jaar, als de warme bel gevuld is, een meting uitvoeren in of nabij de warme bronnen om het effect van opwarming op het grondwater te monitoren. Daarbij wordt in elk geval chloride en arseen gemeten.
- Minimaal éénmaal per jaar, als de warme bel gevuld is, een temperatuurmeting uitvoeren in één van de warme bronnen en in de monitoringsput die aan de rand van de warme zone ligt.

2.3 EFFECT VAN OPWARMING OP MICROBIOLOGISCHE SAMENSTELLING GRONDWATER

In de volgende tabel wordt een overzicht gepresenteerd van veranderingen in microbiologische samenstelling van het grondwater die relevant kunnen zijn bij de opslag van thermische energie in de bodem en het grondwater. In de tabel wordt ook aangegeven wat dit betekent voor de MTO in Andel.

Tabel 2.2. Overzicht effecten microbiologie

Proces	Processen volgens literatuur	Wat betekent dit voor MTO Andel?
Groei microben	< 35 °C: Geen significante effecten > 70 °C: Afname door afsterving 35 - 70 °C: Theoretisch groei mogelijk, maar in de praktijk niet vanwege afwezigheid voedingsstoffen.	Koude bronnen (13 °C): geen effecten. Warme bronnen (50 °C): geen grote veranderingen verwacht door afwezigheid zuurstof, sulfaat en weinig aanwezig voedsel.
Groei pathogene microben	Niet aan de orde mits grondwater zuurstofarm blijft.	Laag risico: geen zuurstof in grondwater, bovendien weinig voedsel aanwezig.

Advies voor monitoring

Op basis van de bevindingen uit tabel 2.1 wordt het volgende voorgesteld om mee te nemen in de monitoring bij de MTO te Andel:

- Een referentiemeting, waarbij de nul-situatie wordt vastgelegd in het warme en koude cluster (in de monitoringsputten en in één bron per cluster), waarbij gemeten wordt op ATP*, zuurstof, sulfaat en DOC.
- ATP als meetparameter meenemen bij de referentie en periodieke bemonsteringen.
- Temperatuur ontwikkeling in het warmte cluster minimaal eenmaal per jaar meten.

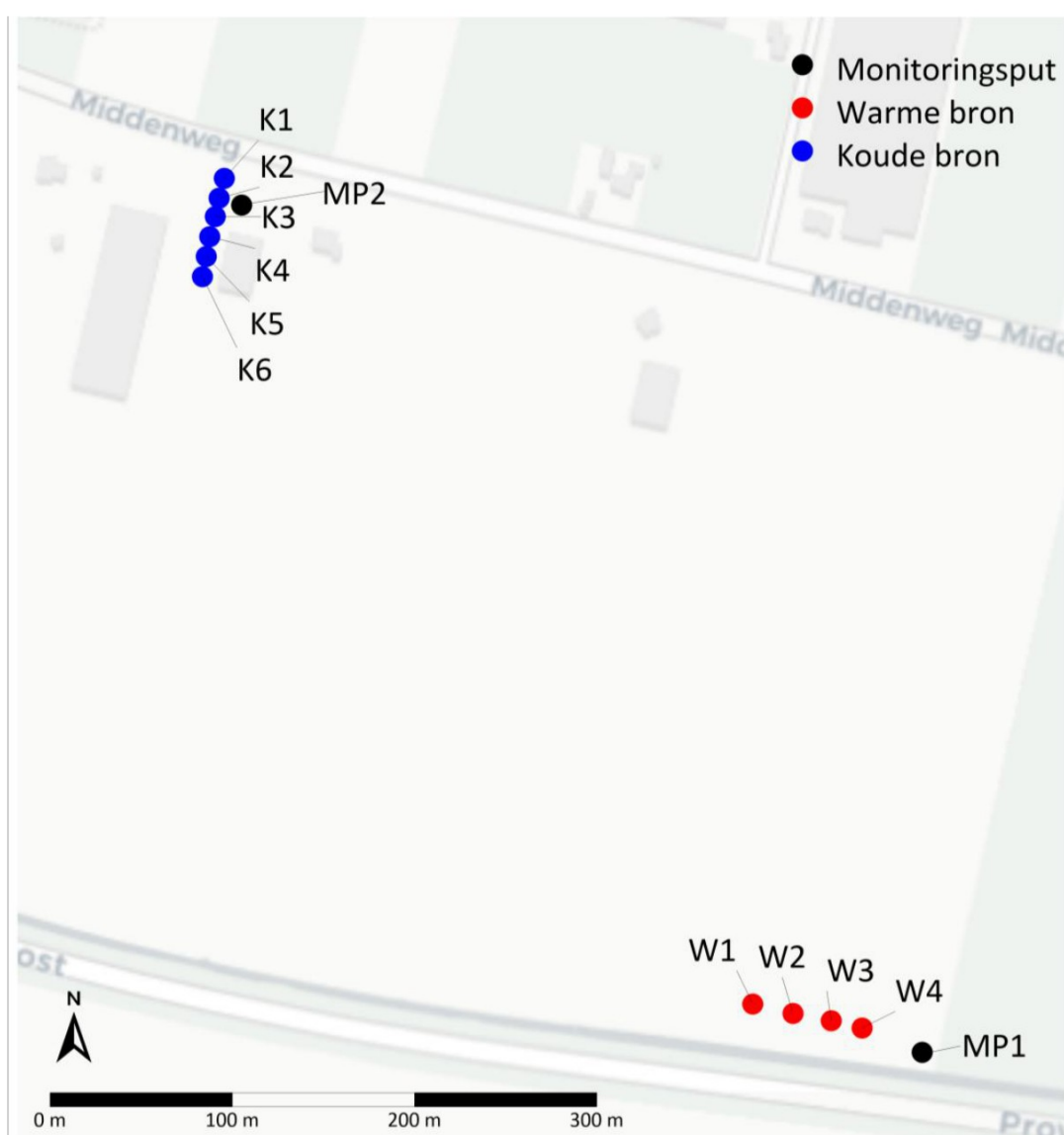
* Om inzicht te krijgen in de microbiologische activiteit in de diepe ondergrond wordt ATP (AdenosineTriPhosphate) gemeten. Deze stof is een bijproduct van de celstofwisseling en wordt ingezet als indicator voor de activiteit van de aanwezige biomassa. Deze parameter is opgenomen in het monitoringsprogramma op advies van het rapport 'Grondwaterbescherming en HTO' dat opgesteld is door KWR in 2013. Over het algemeen is diep grondwater zuurstofloos, sterk gereduceerd, voedselarm en zout, waardoor een sterke toename in microbiologische activiteit niet verwacht wordt.

3 Meetopstelling

In dit hoofdstuk is de meetopstelling beschreven zoals deze wordt beoogd, gebaseerd op de uitgangspunten (locaties en filterdieptes) uit de formele vergunningaanvraag.

3.1 PUTLOCATIES

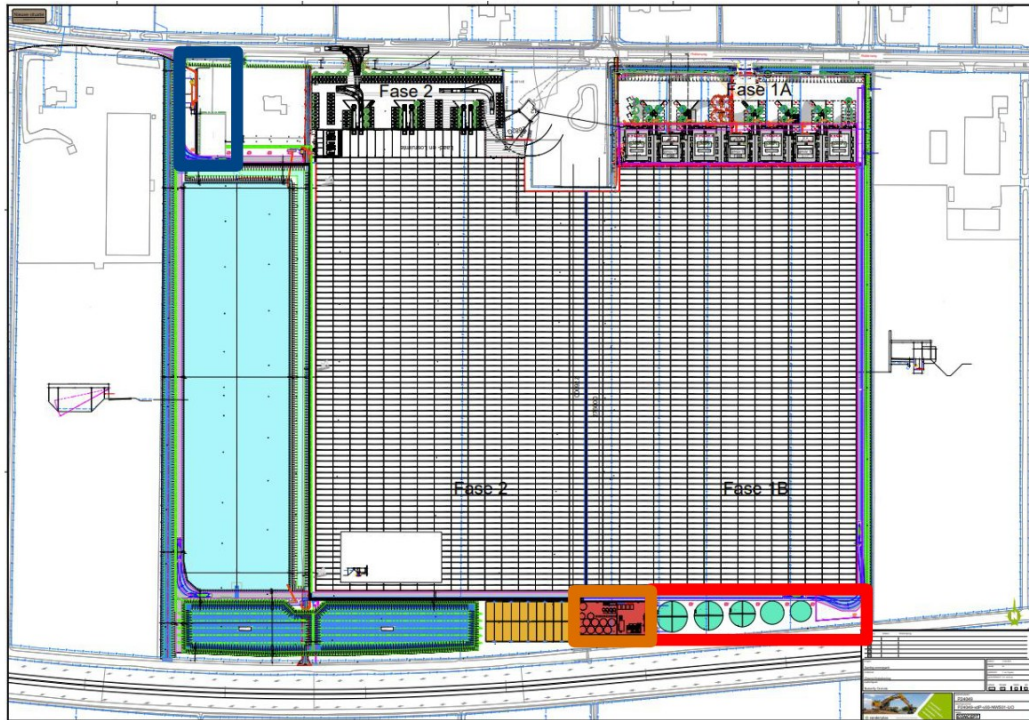
In Figuur 3.1 zijn de beoogde bronlocaties (blauw of rood) en de locaties van de gerealiseerde monitoringsputten (zwart) weergegeven.



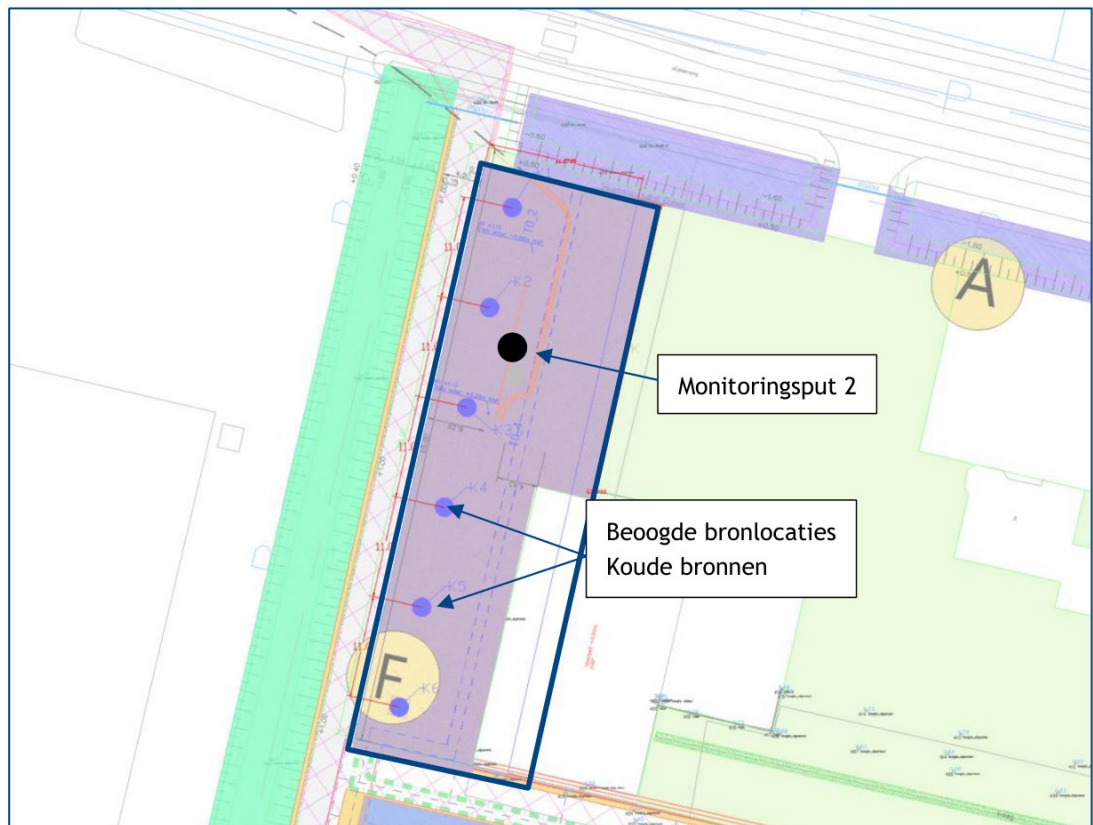
Figuur 3.1. Locaties van bronnen en monitoringsputten, inclusief naamgeving.

Figuur 3.2 toont een tekening van de toekomstige situatie waarin de kassen zijn gerealiseerd. Daarin zijn de bronclusters in blauw en rood omkaderd weergegeven, waarbinnen de beoogde

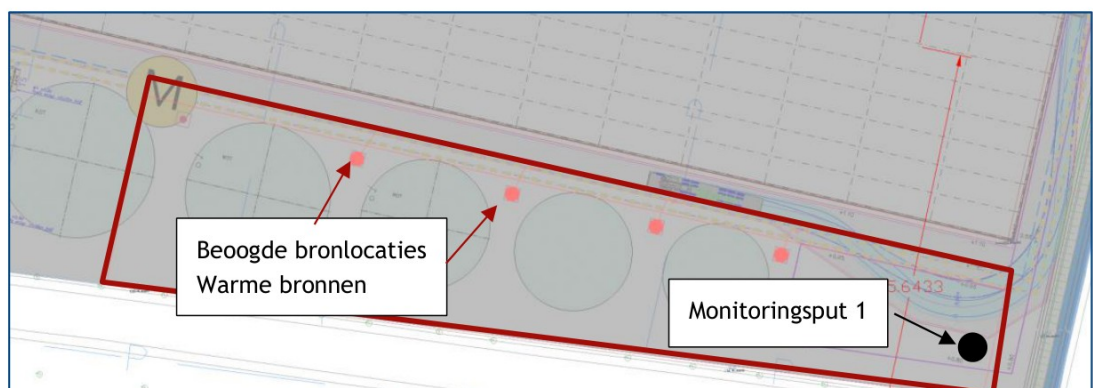
bronnen (details in Figuur 3.3 & Figuur 3.4) en de realiseerde proefboringen/monitoringsputten zich bevinden. Zie Tabel 3.1 voor specificaties van de putten.



Figuur 3.2. Overzichtskartaal met daarop aangegeven de clusters van de bronnen (blauw = koude cluster; rood = warmte cluster) geplaatst op het terrein aan de Middenweg 8 te Andel. Het oranje blok geeft de technische ruimte aan.



Figuur 3.3. Overzichtskaart met daarop de beoogde locaties voor de koude bronnen (blauwe stippen) en de werkelijke locatie van de gerealiseerde monitoringsput 2 (zwarte stip). De bronzone is blauw omkaderd.



Figuur 3.4. Overzichtskaart met daarop de beoogde locatie voor de warme bronnen (rode stippen) en de werkelijke locatie van de gerealiseerde monitoringsput 1 (zwarte stip). De bronzone is rood omkaderd

3.2 EIGENSCHAPPEN VAN DE GEREALISEERDE MONITORINGSPUTTEN

Proefbron

In januari 2025 zijn twee proefboringen uitgevoerd. Eén in de beoogde warme zone en één in de beoogde koude zone. Bij elke proefboring is een kleine proefbron geplaatst om gegevens over het beoogde opslagpakket te verkrijgen. Zie Tabel 3.1 voor de locatie van de monitoringsput en de bronfilterdiepte van de proefbron.

Tabel 3.1 | Dieptes van de monitoringsputten op basis van de proefboringen.

Putnaam	Putcode	RD-coördinaten		Diepte bronfilters m-mv *	Filterlengte m
		X (m)	Y (m)		
Monitoringsput 1 Warm	MPW-MTO-01	420.356,1	132.704,6	73 - 83	10
Monitoringsput 2 Koud	MPK-MTO-02	420.817,3	132.325,7	80 - 83 + 94 - 101**	3 + 7

* meter beneden maaiveld. Maaiveld ligt bij alle putten op circa +0.5 tot +0.9 m NAP.

** voorstel is om dit diepste filtertraject af te dichten

Peilbuizen

Naast de proefbron is in elk boorgat van de proefboringen ook een aantal peilbuizen geïnstalleerd. Daarmee kunnen vóór en tijdens de MTO-operatie grondwateranalyses worden genomen. De filterstellingen van de peilbuizen zijn weergegeven in Tabel 3.2 en schematisch weergegeven in Figuur 3.5.

Tabel 3.2 | Filterstelling van de peilbuizen die zijn geïnstalleerd bij de twee monitoringsputten.

Monitoringsput Warme zone (MP1)			Monitoringsput Koude zone (MP2)		
Code peilbuis	Diepte peilfilter (m-mv)	Laag	Code peilbuis	Diepte peilfilter (m-mv)	Laag
MP1-F0	9 - 11	WVP1-boven			
MP1-F1	45 - 47	WVP1-onder	MP2-F1	41 - 43	WVP1-onder
MP1-F2	74 - 76	WVP2-boven	MP2-F2	80 - 82	WVP2-midden
MP1-F3	89 - 91	WVP3-boven	MP2-F3	92 - 94	WVP3-boven
MP1-F4	102 - 104	WVP3-midden	MP2-F4	99 - 101	WVP3-midden
			MP2-F5	108 - 110	WVP3-onder1
			MP2-F6	115 - 117	WVP3-onder2

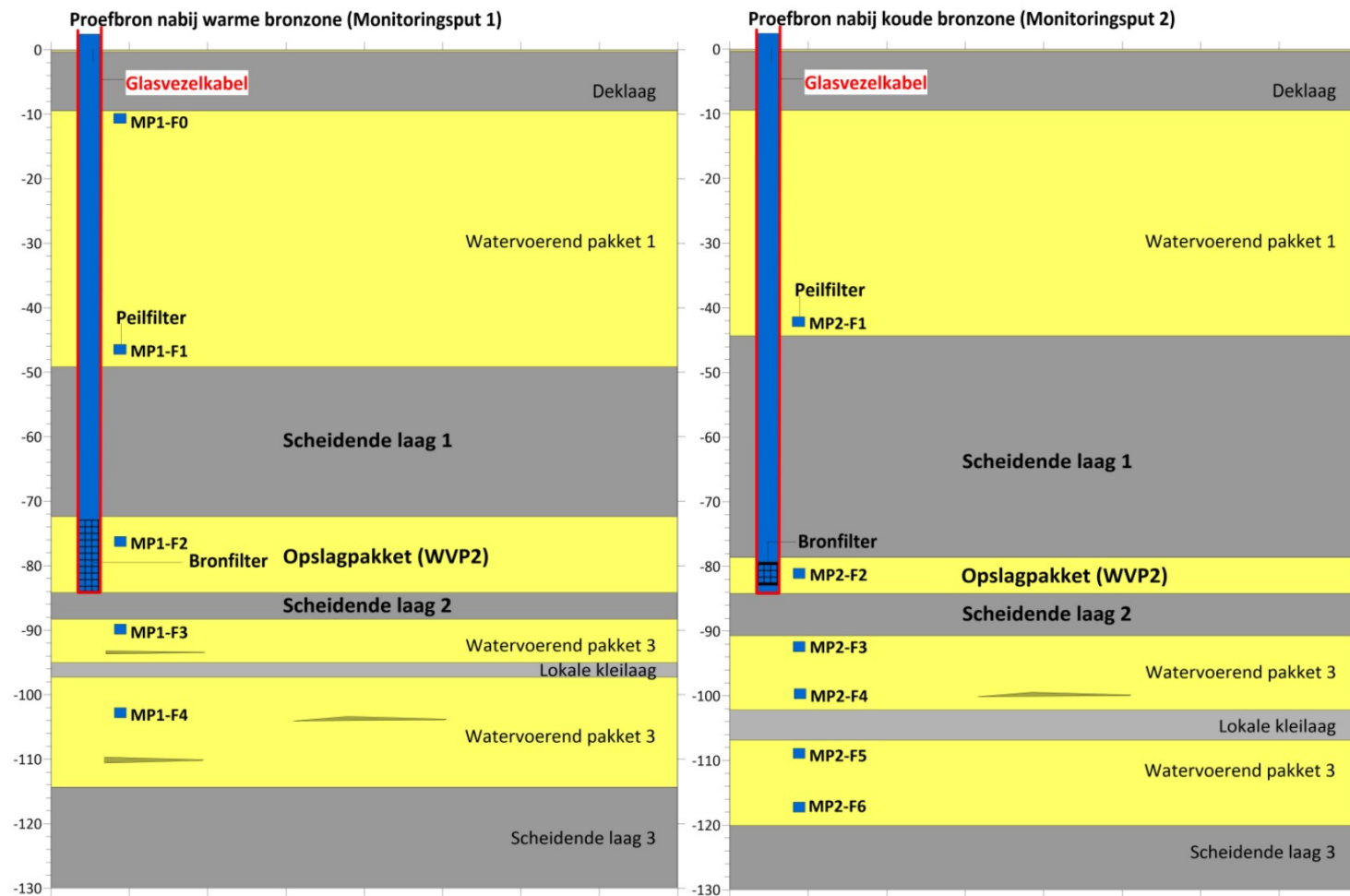
Peilbuizen MP1-F2 en MP2-F2 zijn geplaatst in het opslagpakket (bovenkant watervoerend pakket 2). MP1-F1 en MP2-F1 zijn aan de onderkant van het eerste watervoerend pakket, net boven de scheidende laag geplaatst. MP1-F3 en MP2-F3 zijn net onder de scheidende laag 2 geplaatst die het opslagpakket aan de onderkant afsluit.

Glasvezelkabel voor temperatuurmetingen

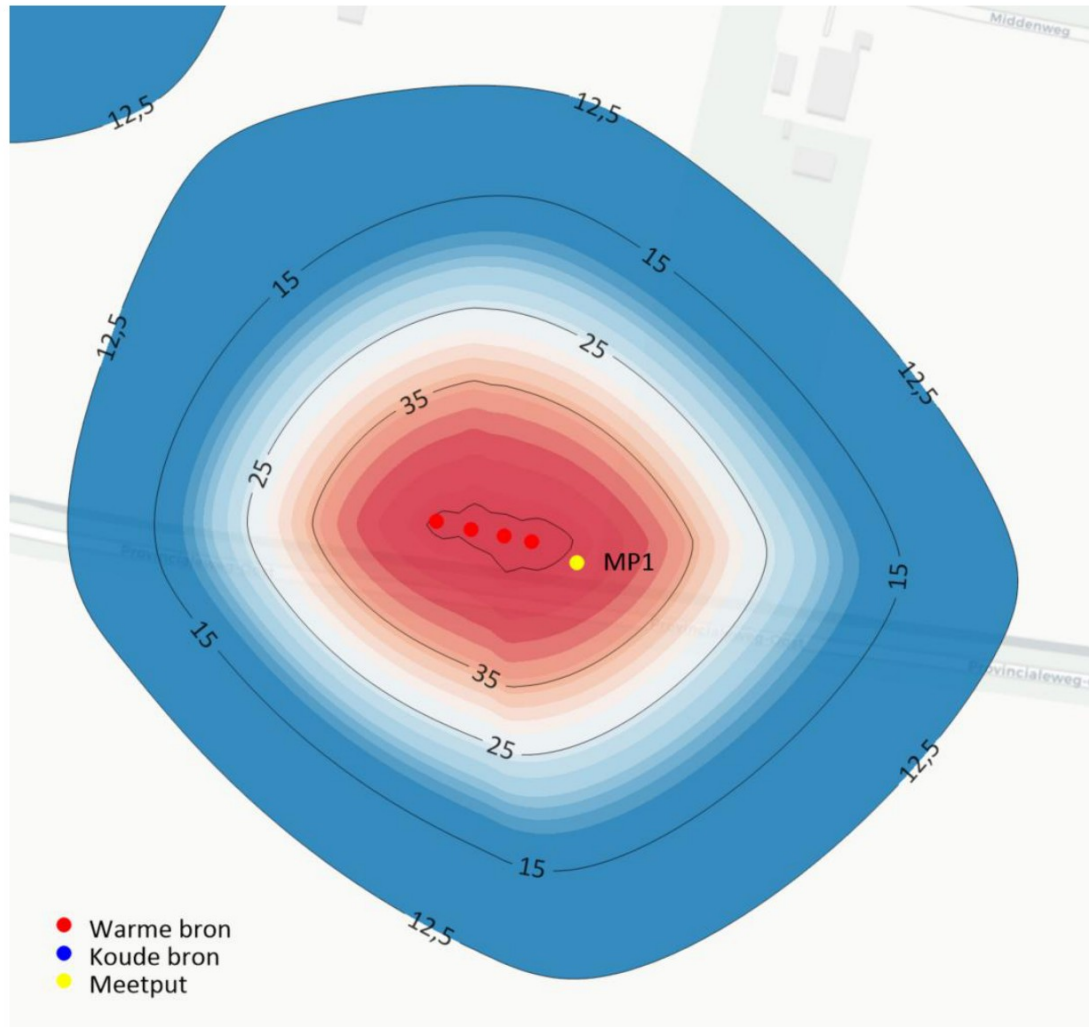
Eveneens is aan de buitenkant van de proefbron een glasvezelkabel bevestigd voor hoogfrequente temperatuurmetingen met de Distributed Temperature Sensing (DTS) techniek. Deze techniek is momenteel in ontwikkeling en wordt ook bij MTO Andel toegepast en getest.

De aangetroffen bodemopbouw bij de proefboringen, de geïnstalleerde filterstellingen van de bronnen en peilbuizen in de monitoringsputten en de geïnstalleerde glasvezelkabel zijn gevisualiseerd in Figuur 3.5.

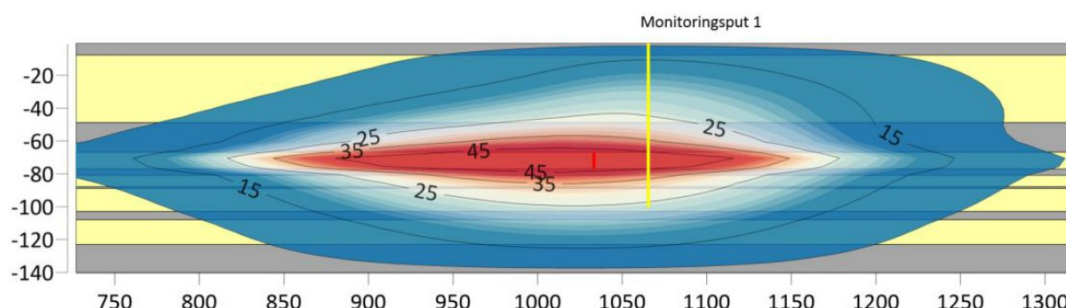
Op verzoek van ODZOB is in Figuur 3.6 en Figuur 3.7 ook een beeld gegeven van de locatie van de temperatuurmetingen van Monitoringsput 1, ten opzichte van de locatie van de warme bel.



Figuur 3.5. Filterstelling van de monitoringsput in de warme zone (links) en de koude zone (rechts). Zie Tabel 3.1 en Tabel 3.2 voor de exacte dieptes van filters.



Figuur 3.6. Ingezoomd beeld van de worst-case verspreiding van de warme bel na 20 jaar (effectenstudie), met daarin de locatie van de nabijgelegen Monitoringsput 1 (MP1) waar temperatuurmetingen worden verricht



Figuur 3.7 | Ingezoomd beeld van de worst-case verspreiding van de warme bel na 20 jaar (zie ook effectenstudie) met daarin weergegeven de locatie van de nabijgelegen Monitoringsput 1 waar temperatuurmetingen worden verricht.

3.3 VERWACHTE EISEN VANUIT DE VERGUNNING

Op basis van de BUM BE deel 1 (zie voorschrift 1.3 van modelvergunning) wordt de volgende eis verwacht m.b.t. de meetopstelling en de plaatsing van peilbuizen:

Voorschrift 1.3 modelvergunning BUM BE deel 1:

Per cluster van bronnen worden in de boorgaten van één warme en van één koude bron, of in de waarnemingsputten nabij één warme en één koude bron, peilbuizen geplaatst die geschikt zijn voor de meting van de grondwaterstanden, stijghoogtes, grondwatertemperaturen en voor de bemonstering van het grondwater ter hoogte van:

- *De bovenzijde van het filtertraject van de bronnen;*
- *de freatische grondwaterstand;*
- *in het onderste deel van het watervoerende pakket dat gelegen is direct boven het watervoerend pakket waaraan het grondwater wordt onttrokken en waarin dit wordt geretourneerd.*

Met de gerealiseerde filterstelling van de peilbuizen in de monitoringsputten (zie Tabel 3.4) voldoet het MTO-systeem in Andel nu al aan de boven gestelde eis. Vooralsnog wordt aanvullend op de bestaande peilbuizen een aantal extra peilbuizen beoogd, die worden geïnstalleerd bij één koude bron en één warme bron, zoals hieronder beschreven in paragraaf 3.4.

3.4 GEPLANDE MEETOPSTELLING BIJ MTO-BRONNEN

Voor het MTO systeem worden vier warme bronnen en zes koude bronnen gerealiseerd. De locaties zijn weergegeven in de figuren 3.3 en 3.4. Kort samengevat is het voorstel om bij de bronnen de volgende meetapparatuur te installeren, aanvullend op wat al in de monitoringsputten is geïnstalleerd:

- Bij zowel het warme broncluster als het koude broncluster wordt tenminste één bron uitgerust met apparatuur om metingen in de bel mogelijk te maken. Dit bestaat tenminste uit:
 - Drie peilbuizen: één peilbuis in het opslagpakket (WVP2) ter hoogte van de bovenkant van het bronfilter, één peilbuis in de onderkant van de zandlaag boven het opslagpakket (dus in WVP 1), en één peilbuis in de bovenkant van de zandlaag die onder het opslagpakket ligt (dieper dan 85 m-mv).

- Een voorziening om temperatuurmetingen mogelijk te maken tot een diepte van minimaal 85 m-mv. Dit kan bijvoorbeeld een diepe peilbuis zijn waarin de temperatuur jaarlijks wordt gemeten met een sonde, of een glasvezelkabel met DTS-techniek.

4 Referentiemetingen

Ter vaststelling van de natuurlijke toestand van de ondergrond worden een aantal referentiemetingen uitgevoerd conform de beschrijvingen hieronder.

4.1 EISEN VERGUNNING

Voorschrift 1.4 van de BUM BE deel 1 modelvergunning stelt dat een referentiemeting van de grondwaterkwaliteit (chemisch en microbiologisch) uitgevoerd dient te worden vóór ingebruikname van de bronnen.

Voorschrift 1.4

Ter vaststelling van de chemische samenstelling van het grondwater in de referentiesituatie wordt het grondwater in het bepompte pakket voorafgaand aan de eerste retournering door daartoe erkende personen of instellingen bemonsterd en geanalyseerd op de stoffen zoals in bijlage 2.3 is aangegeven. Daarbij wordt het grondwater op twee plaatsen bemonsterd via de peilbuizen als benoemd in voorschrift 1.3: ter hoogte van een warm bronfilter en ter hoogte van een koud bronfilter. Het analyserapport wordt tenminste 2 weken voorafgaand aan de ingebruikname van het bodemenergiesysteem aan GS toegezonden via [ODZOB].

4.2 REFERENTIEBEMONSTERING

In sectie 3.4 wordt gesteld dat bij elk broncluster (zowel warm als koud) ten minste één bron wordt uitgevoerd met verschillende meetinstrumenten (zoals peilbuizen en een mogelijkheid om temperaturen te meten). Voor wat betreft het meten van de referentiesituatie met die meetopstelling is het voorstel als volgt:

- Er worden voorafgaand aan de ingebruikname van het MTO-systeem grondwatermonsters genomen uit de volgende peilbuizen, om daarmee een goed beeld te geven van de natuurlijke samenstelling van het grondwater in het opslagpakket:
 - Bij de warme bron: de peilbuis waarvan het peilfilter zich in het opslagpakket bevindt
 - Bij de koude bron: idem
 - Bij monitoringsput 2 (koud): idem
 - Bij monitoringsput 1 (warm): de peilbuizen MP1-F1, MP1-F2 en MP-F3. Hiermee wordt een beeld verkregen van de natuurlijke concentraties en de verticale variatie daarin onder en boven het opslagpakket.
- Deze grondwatermonsters worden geanalyseerd op de chemische en microbiologische parameters uit tabel 4.1 (middelste kolom).
- Voorafgaand aan de ingebruikname van het systeem wordt een bodemtemperatuurprofiel gemeten tot tenminste 85 m-mv bij minimaal één koude bron, minimaal één warme bron, en bij beide monitoringsputten, ter vastlegging van de natuurlijke (verticale) temperatuurverdeling in de bodem op deze locaties. Hierbij wordt minimaal eens per elke 5 meter diepte een temperatuur gemeten. Dit kan worden uitgevoerd met zowel de glasvezel-DTS techniek, met

PT100 sensoren of de bekende methode waarbij een temperatuursonde in een peilbuis wordt afgezaakt en elke 5 meter een meting wordt genoteerd.

Tabel 4.1. Meetparameters die moeten worden geanalyseerd bij de bemonsteringen die plaatsvinden bij de referentiemetingen en de herhaling daarvan (middelste kolom) en bij de (half-) jaarlijkse bemonstering bij de warme bron (rechterkolom).

Analysepakket monitoring MTO Andel		
Categorie parameter	Parameters Referentiemeting en herhaling na 2, 5, 10 (...) jaar	Parameters (half-) jaarlijkse meting (1/2, 1, 1 1/2, 2 1/2, 3, 4, 6 (...) jaar)*
Veldmeting	Temperatuur, pH, EC, O ₂	Temperatuur, pH, EC, O ₂
Macrochemie	Cl, HCO ₃ , SO ₄ , NO ₃ , ortho-PO ₄ , Br, DOC	Cl, HCO ₃ , SO ₄ , NO ₃ , ortho-PO ₄ , Br, DOC
	Na, Ca, Fe, Mn, K, Mg, Si, NH ₄ , CH ₄	Na, Ca, Fe, Mn, K, Mg, Si, NH ₄
Microchemie	As	As
	Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, V	(Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, V)**
Microbiologie	ATP	ATP

* In jaar 0, 2 en 5 vindt de referentiemeting plaats, die alle jaarlijkse metingen omvat

** zware metalen meten gedurende jaar 1 t/m 3, daarna beoordelen of verdere jaarlijkse monitoring gewenst is

Met een zodanige referentiemeting wordt de bovengenoemde eis voor de referentiemetingen (in lijn met en uitgebreider dan de BUM) ingevuld en wordt naar verwachting een goed beeld verkregen van de oorspronkelijke grondwatersamenstelling op verschillende dieptes en op verschillende plekken nabij de MTO.

Tevens wordt de referentiemeting na 2 jaar en na 5 jaar en vervolgens na elke 5 jaar herhaald, om zo te kunnen vaststellen welke veranderingen erop zijn getreden ten opzichte van de beginsituatie. Dit is in lijn met de wens die ODZOB heeft genoemd.

5 Monitoring tijdens operatie

In de vergunning wordt bepaald welke monitoring uitgevoerd dient te worden tijdens gebruik van de MTO. Hieronder zijn de monitoringsactiviteiten onderverdeeld in drie categorieën:

- Grondwatersamenstelling
- Temperatuur
- Systeemregistraties (watervolumes, -temperaturen en pompdebieten)

5.1 ANALYSE GRONDWATERSAMENSTELLING TIJDENS OPERATIE

Wanneer het systeem in gebruik wordt genomen, wordt een monitoringsprogramma opgestart voor de monitoring van de chemische en microbiologische grondwatersamenstelling. Het monitoringsdoel is om de veranderingen van de grondwatersamenstelling te monitoren die optreden door interactie van warm grondwater met het bodemmateriaal, tijdens het verblijf van het grondwater in de warme 'bel'.

Om die monitoring van het grondwater tijdens de ingebruikname op de lange termijn te borgen in de vergunning, wordt het volgende voorschrift voorgesteld.

Voorschrift X

Minimaal éénmaal per jaar, tijdens of aan het einde van het warme seizoen (zomer) wordt grondwater bemonsterd uit de volgende plaatsen:

- *bij de warme zone:*
 - *de peilbuis die geplaatst is naast één van de warme bronnen, waarvan het peilfilter zich in het opslagpakket bevindt;*
 - *de peilbuis van monitoringsput 1 (nabij de warme bronzone) waarvan het peilfilter zich in het opslagpakket bevindt;*
- *bij de koude zone:*
 - *de peilbuis die geplaatst is naast één van de koude bronnen, waarvan het peilfilter zich in het opslagpakket bevindt;*

De verkregen grondwatermonsters worden geanalyseerd op de parameters zoals weergegeven in tabel 4.1, rechterkolom ('parameters jaarlijkse meting').

Door dit voorschrift in de vergunning op te nemen wordt deze monitoring als minimum verplicht gesteld. Uiteraard is het mogelijk om aanvullende metingen te doen, bijvoorbeeld voor onderzoeksdoeleinden vanuit het USES4HEAT onderzoeksprogramma, waar MTO Andel onderdeel van uit maakt. Maar omdat die metingen kunnen veranderen op basis van voortschrijdende inzichten zijn die onderzoeksacties niet in de vergunning vastgelegd. Daarmee wordt op de lange termijn een goed beeld verkregen van de veranderingen in de grondwatersamenstelling in de warme en/of koude bronzone van de MTO, ten opzichte van de referentiesituatie.

Jaar 1 t/m 3: hogere frequentie

Hoewel bovenstaand voorschrift in de vergunning kan worden opgenomen, is in het vooroverleg de wens van ODZOB naar voren gekomen om gedurende jaar 1 t/m 3 een hogere meetfrequentie toe te passen. Daarom zal de meting die in bovenstaand voorbeeldvoorschrift is genoemd gedurende

jaar 1 t/m 3 tweemaal per jaar worden uitgevoerd. Door dit hier in het monitoringsplan te stellen, en het monitoringsplan goed te keuren, wordt die verplichting voor de eerste drie jaren aangegaan. Kortom: gedurende de eerste 3 jaren (cycli) zal een grondwaterbemonsteringsfrequentie van tweemaal per jaar zal worden gehanteerd, met de analyses uit tabel 4.1 rechterkolom ('parameters (half-) jaarlijkse meting').

5.2 TEMPERATUURMETINGEN TIJDENS OPERATIE

Lange termijn: minimaal eenmaal per jaar

Minimaal éénmaal per jaar, tijdens of aan het einde van het zomerseizoen, wordt een temperatuurmeting uitgevoerd van maaiveld tot minimaal 85 m-mv op ten minste de volgende locaties:

- In één van de warme bronnen: hiermee worden temperaturen in de kern van de warme bel gemeten;
- In Monitoringsput 1 die geplaatst is nabij de warme bronnen: hiermee worden temperaturen aan de buitenkant van de warme bel gemeten.

Jaar 1 t/m 3: hogere frequentie

Gedurende jaar 1 t/m 3 zullen bovenstaande temperatuurmetingen minimaal tweemaal per jaar worden uitgevoerd, op de genoemde plekken.

Deze metingen worden uitgevoerd ofwel met de DTS-glasvezeltechniek ofwel met PT100 sensoren ofwel met een sonde die via een peilbuis wordt afgezakt in een diepe peilbuis. Over het benoemde diepte-interval dient tenminste eens per elke 5 meter diepte een temperatuurmeting te worden uitgevoerd.

5.3 SYSTEEMREGISTRATIES

Naast bovenstaande metingen aan grondwater en bodemtemperatuur worden ook de registraties bijgehouden die voor standaard OBES worden geëist, en die in de modelvergunning van de BUM BE deel 1 zijn opgenomen bij voorbeeldvoorschriften 4.1 t/m 4.4. Voorbeelden daarvan zijn:

- Maandelijks* onttrokken en geïnfiltreerde hoeveelheden grondwater en het hoogst gemeten uurdebiet;
- Maximale en gemiddelde temperatuur per maand van het onttrokken en geïnfiltreerde grondwater;
- Maandelijkse* hoeveelheden warmte die aan de bodem zijn toegevoegd en onttrokken.

*maandelijks: hiermee wordt bedoeld 'voor elke kalendermaand'.

6 Rapporten en evaluatie

In de vergunning worden een aantal rapportages en evaluaties voorgeschreven. Het voorstel is om onderstaande rapportages en evaluatie-momenten vast te leggen in de vergunning, om de informatie-uitwisseling en terugkoppeling van opgedane inzichten richting het bevoegd gezag te borgen.

Rapporten

- Jaarlijks worden vóór 31 maart de jaaropgaven van het voorgaande kalenderjaar aan het bevoegd gezag opgestuurd.
- De analyseresultaten van de in de vergunningvereiste monitoringsactiviteiten (zoals grondwaterbemonstering en temperatuurmetingen) worden gerapporteerd en meegestuurd met de jaaropgaven.
- Nadat de inrichting twee, drie en vijf volledige laad-ontlaadcycli in gebruik is geweest, nadat de inrichting vijf volledige cycli in gebruik is geweest en na iedere periode van vijf kalenderjaren die daarop volgen waarin het systeem in gebruik is geweest, overlegt de vergunninghouder een evaluatierapport, zoals is gesteld in voorschrift 4.8 van de nieuwe BUM BE deel 1. Daarin wordt ook een toelichting gegeven op de resultaten van de in de vergunning geëiste metingen.

Evaluatie-overleggen

In aanvulling op bovenstaande voorgeschreven rapportages, is het voorstel dat de vergunninghouder een evaluatie-overleg met het bevoegd gezag organiseert op het moment dat het systeem 2, 3 en 5 jaar in gebruik is geweest, en elke 5 jaar die daarop volgen. Op basis van de huidige planning (start laden in voorjaar 2026) is dit in 2028, 2029, 2031 en vervolgens elke 5 jaar. Tijdens dit overleg kan besproken worden of de monitoring volgens dit monitoringsplan wordt doorgezet, of dat een bijwerking van het monitoringsplan wenselijk is op basis van de ontwikkelde inzichten.

USES4HEAT

Vanuit USES4HEAT wordt het eerste jaar bedrijfsvoering geëvalueerd, waarbij de ontwikkeling in de temperatuur in de bodem en de veranderingen in de chemische en microbiologische activiteit worden geanalyseerd. De inzichten die hieruit voortkomen worden gedeeld met verschillende stakeholders, waaronder ook het bevoegd gezag, via een workshop. Op die manier kunnen we zoveel mogelijk van de inzichten delen. Graag betrekken we de provincie en omgevingsdienst bij de organisatie en invulling van deze workshop.

NB: Eventuele aanvullende metingen die Butterfly Orchids uitvoert voor onderzoeksdoeleinden voor USES4HEAT zijn wetenschappelijk gemotiveerd en daarom expliciet géén onderdeel van dit monitoringplan (of de meetverplichting die daaraan verbonden is). Wel is in bijlage 1 een algemeen beeld gegeven van de metingen die worden voorzien. Let wel, mogelijk verandert deze meetlijst nog naar aanleiding van voortschrijdend inzicht uit lopende onderzoeken binnen USES4HEAT.

Bijlage 1 Beoogde metingen USES4HEAT (indicatie)

KPIs from Grant Agreement	Equation/nomenclature	required meters/calculations	target
Operation hours in charge/discharge and standstill		electric-flow meters of pumps (every 15' readings)	1000 / 1000 / 2000 hours
Roundtrip Efficiency considering HP without HP electric consumption - UNIGE	$\eta = \frac{Q_{hot,HP}(T_{max,HP})}{Q_{charged}(T_{ch})}$	flow and heat meters in and out from the wells	Up to 90% (considering HP)
UTES thermal losses		measuring through 3 heat meters (well inlet, well bottom and well outlet) to estimate losses	Lower than 2%, 5% and 10% over 1 week, 1 month, 4 months storage period, respectively
UTES energy density and footprint	$ED = E_{UTES} / A_{UTES}$	Temperature probes in the wells (spatial distribution) and land occupation by installations	1 MWh/m ²
Drilling Time (average rate of penetration)		HYDRA	Reduction of 50% of drilling time
HP thermal power output and temperature	$COP_{hot,HP} \cdot T_{max,HP}$	flow and heat meters on evaporator and condenser sides	Up to 1.5 MWh, attaining water temperature up to 90°C on the condenser side with a variable temperature source
COP of the groundwater Heat Pump	$COP_{hot} = Q_{hot,HP} / E_{HP}$	HP motor adsorbed electric power meter	COP up to 3.02 (for a source side temperature of 40°C - fully charged ATES) and 2.4 (for a source side temperature of 15°C - unperturbed geothermal system)
GWP of the selected refrigerant of the HP		HIREF	<300
PVT production	$q_{PVT}; E_{PVT}$	electric/thermal power meters on PVT primary side	102 MWh _{th} and 62 MWh _{th} annually
Increased production performance with traditional PVT	$\Delta q_{PVT}; \Delta E_{PVT}$	indirect calculations with respect to reference PVT benchmark technology	Enhanced PV laminate and adapted thermal absorber to increase the PVT production by 10%
Reduction of wasted heat		already monitored by AGP at the stack	Up to 50%
GHG Savings of the overall DHN	$GHG_{sav} = GHG_{noUTES} - GHG_{UTES}$	overall CO ₂ emissions meters	Attain 60% GHG emission reduction with respect to DHN without seasonal UTES
Further KPIs			
Energy recovery ratio (ATES recovery efficiency)	$\eta_{ER} = \frac{Q_{discharged}(T_{dis})}{Q_{charged}(T_{ch})}$	flow and heat meters at inlet and outlet at one ATES side (warm or cold)	up to 65% (not considering HP)
Hydraulic recovery ratio (UTES hydraulic efficiency)	$\eta_{HR} = \frac{V_{discharged}}{V_{charged}}$	flow meters at inlet and outlet at one ATES side (warm or cold)	
PVT collector seasonal thermal and electrical efficiencies (average and instantaneous)	$\eta_{PVT,th} = q_{PVT} / (G_{col} A_{PVT}); \eta_{PVT,el} = E_{PVT} / (G_{col} A_{PVT})$	3 luminance probes for solar irradiance (1 for each solar field)	
primary energy savings		CHP plant gas consumption and indirect calculations from LHV of NG and HEAT recovered from UTES	
Local renewable energy fraction		electric/thermal power meters on PVT primary side	
Power density of UTES	$PD = P_{UTES} / A_{UTES}$	flow and temperature probes in the wells (spatial distribution) and land occupation by installations	
Roundtrip Efficiency considering HP consumption - FBK (Final Energy)	$\eta = \frac{Q_{hot,HP}(T_{max,HP})}{Q_{charged}(T_{ch}) + E_{aux} + E_{HP}}$	flow and heat meters in and out from the wells, plant auxiliaries electric meters and HP motor meter	
Roundtrip Efficiency considering HP consumption - FBK (primary energy)	$\eta = \frac{Q_{hot,HP}(T_{max,HP})}{Q_{charged}(T_{ch}) + (E_{aux} + E_{HP}) / \eta_{CHP}}$	flow and heat meters in and out from the wells, plant auxiliaries electric meters and HP motor meter	

IF Technology **Creating energy**



Velperweg 37
6824 BE Arnhem
Postbus 605
6800 AP Arnhem

T 026 35 35 555
E info@iftechnology.nl
I www.iftechnology.nl

NL60 RABO 0383 9420 47
KvK Arnhem 09065422
BTW nr. NL801045599B01

IF Technology **Creating energy**