

---

## Projectvoorstel

<b>Project titel</b>	MTO voor de glastuinbouw: Monitoren, matigen en mitigeren van energieverliezen en waterkwaliteitseffecten bij middelhoge temperaturen opslag in de ondergrond (MTO)
<b>Versie/datum</b>	17 januari 2025
<b>Projectnummer</b>	2024-012
<b>Penvoerder</b>	KWR
<b>Contactpersoon</b>	<input type="text"/>
<b>E-mail</b>	<input type="text"/> @kwrwater.nl
<b>Telefoonnummer</b>	<input type="text"/>
<b>Startdatum:</b>	6 november 2024
<b>Einddatum:</b>	31 dec 2028
<b>Ook ingediend bij TKI NWO of SIA project?</b>	Nee

In dit projectvoorstel zijn wijzigingen t.o.v. de versie d.d. 17 september die is besproken in de TKI-programmaraad **rood** gemarkeerd. Wijzigingen t.o.v. het op 6 november goedgekeurde subsidievoorstel zijn **blauw** gemarkeerd.

### Openbare samenvatting

<b>Aanleiding</b>	Glastuinbouwbedrijven hebben afgelopen decennia forse besparing op hun fossiele-energieverbruik gerealiseerd door temporele warmte of koude-overschotten tijdelijk op te slaan in de ondergrond via open bodemenergiesystemen bij lage temperatuur opslag (LTO) van 5 tot 25 °C. Meer recent is ook een ontwikkeling richting ondergrondse opslag bij hoge temperaturen (HTO) van 60 – 90 °C, bijvoorbeeld voor de koppeling met aardwarmteproductie en/of warmtenetten. Diverse glastuinbouwbedrijven overwegen momenteel transitie van hun LTO naar midden temperatuur opslag (MTO) vanwege de goede energetische en economische potenties van opslag bij 25 - 60 °C. Bovendien is MTO ook toepasbaar in regio's waar geothermie en restwarmte niet mogelijk zijn. Knelpunten zijn het gebrek aan kennis voor bedrijfsstrategieën en een aanvaardbaar beoordelingskader voor vergunningverlening en monitoring bij dergelijke temperaturen.
<b>Doel van het project</b>	Het project beoogt generieke kennis te genereren over de effecten van MTO op de grondwaterkwaliteit en functies van de bodem. Deze kennis is nodig om bottlenecks in de beoordeling van vergunningaanvragen en monitoring te verhelpen. Daarnaast willen we beheerstrategieën ontwikkelen om energie-efficiëntie te vergroten én negatieve effecten op de leefomgeving te mitigeren door het beperken van warmteverliezen. Bijvoorbeeld via aanpassingen van de injectie- en onttrekkingscycli en technieken als Power2Heat.

### Activiteiten

We gaan een voorlopig monitoringkader opstellen voor het bewaken van waterkwaliteitseffecten, **mede op basis van historische ervaringen met opslag boven de 25 °C**. Daarnaast zullen we via numerieke experimenten verschillende technieken vergelijken om de thermische efficiency van MTO systemen te vergroten en thermische uitstraling te beperken. De oplossingen (monitoringkader en technieken) zullen getest worden op praktijkschaal bij 3 te ontwikkelen MTO-systemen in de provincie Zuid-Holland.

### Resultaat

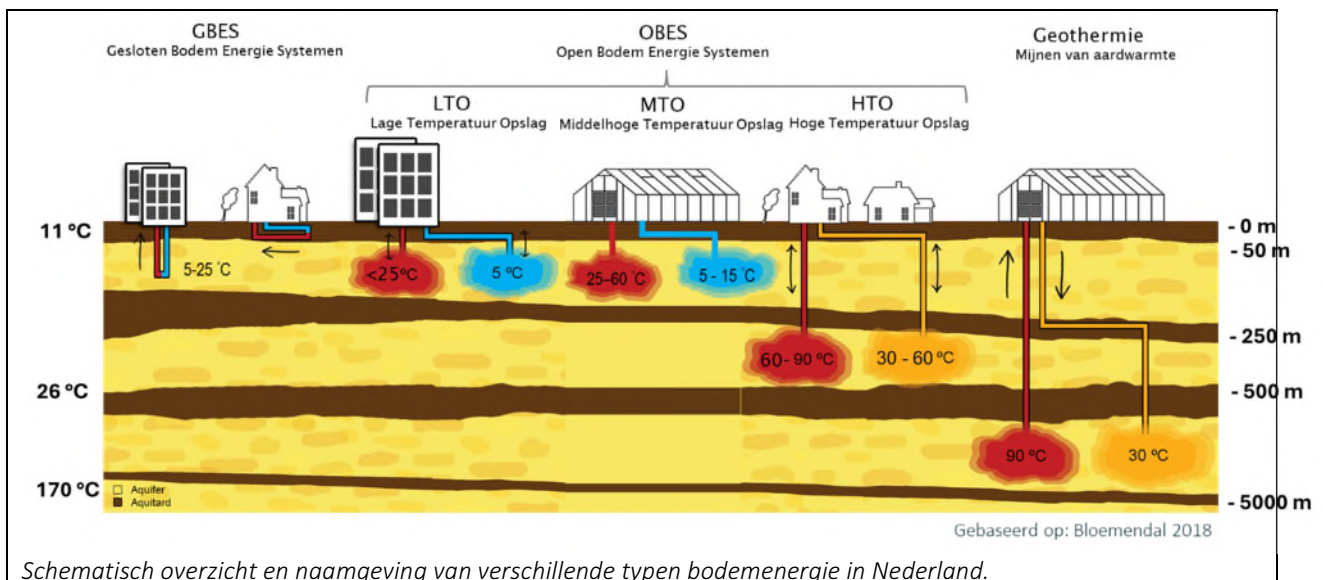
Rapportage en praktijkproef op 3 locaties:

- Monitoringkader voor effecten van MTO op waterkwaliteit.
- Technieken om de thermische efficiency van MTO te vergroten.

Workshop over monitoringkader voor bevoegd gezag buiten Zuid-Holland.

### Beoogde impact

De kennis over waterkwaliteitseffecten beoogt barrières weg te nemen in de vergunningverlening die de grootschalige implementatie van MTO in de weg staan. Het monitoringkader dat door KWR (2023) is opgesteld voor een HTO in Middenmeer (Noord-Holland) wordt inmiddels ook door andere provincies toegepast bij HTO-vergunningen. We beogen via disseminatie te bereiken dat de kaders voor vergunningverlening en monitoring van MTO die volgen uit dit onderzoek ook overgenomen gaan worden door andere provincies. Daarnaast moeten eventueel onverwacht optredende ongewenste thermische uitstraling en waterkwaliteitseffecten te mitigeren zijn, zodat MTO-eigenaren minder risico lopen dat ze worden “stilgelegd” door het bevoegd gezag door overschrijding van maximaal toelaatbare effecten op de omgeving.



## 1. Doel

### Aanleiding

In het convenant Energietransitie Glastuinbouw 2022-2030 is afgesproken om de CO<sub>2</sub> emissies van de sector grofweg te halveren. Daarnaast gaan veranderingen in de energiebelasting komende jaren een grote impact

hebben op bedrijven. De sector is daarom op zoek naar economisch aantrekkelijke transitie van haar energievoorziening. Glastuinbouwbedrijven hebben afgelopen decennia forse besparing op hun fossiele-energieverbruik gerealiseerd door warmteoverschotten tijdelijk op te slaan in de ondergrond via open bodemenergiesystemen (OBES) bij lage temperatuur opslag (LTO) van 5 tot 25 °C. Daarnaast is afgelopen jaren een ontwikkeling ingeslagen naar opslag bij hoge temperaturen (HTO) van 60 – 90 °C in combinatie met geothermie en warmtenetten. Recent komt meer-en-meer interesse voor opslag bij 25 - 60 °C (MTO). MTO combineert namelijk enkele voordelen van LTO en HTO. Zo kan water uit MTO-bronnen (net als HTO) [in sommige gevallen](#) direct gebruikt worden voor verwarming zonder tussenkomst van een warmtepomp wat circa 50% energiebesparing oplevert t.o.v. WKO. Tegelijk kan gebruik gemaakt van PVC leidingmateriaal, in plaats van de GRE en RVS die vereist zijn voor HTO. Dit is goedkoper en bovendien kunnen hierdoor reeds bestaande LTO's (die bestaan uit PVC) in theorie relatief makkelijker worden omgebouwd naar en MTO zonder hoge extra kosten.

Implementatie van MTO kent een aantal knelpunten. Ten eerste is er weinig ervaring en kennis beschikbaar over hoe het ontwerp en de bedrijfsvoering van MTO systemen te optimaliseren. De processen lijken deels op HTO (er is een netto warmte-overschot) maar lijken qua stroming/ oprijving van heet water fysisch meer op LTO. Hierbij speelt ook mee dat het warmtevraagprofiel in de glastuinbouw per bedrijf kan verschillen en al naar gelang de teelt een dagelijkse of jaarcyclus kent.

Daarnaast, ontbreekt het momenteel aan een adequaat kader voor vergunningverlening bij opslag tussen 25 - 60 °C. Het huidige beoordelingskader voor vergunningverlening is gericht op conventionele Bodemenergiesystemen (LTO) met een balans in de opslag van koude en warmte. De Omgevingswet maakt vergunningverlening voor afwijking van deze uitgangspunten mogelijk via een maatwerkvoorschrift. Voor HTO is recent ook een kader ontwikkeld dat provincies voorlopig hanteren als toetsingskader voor de beoordeling van effecten op de waterkwaliteit. Dit voorschrift voorziet in vrij uitgebreide (en kostbare) monitoring, welke wellicht niet allemaal noodzakelijk zijn voor LTO.

Voor het voorspellen van de thermische en chemische effecten van MTO, kunnen we sterk putten uit ervaring met en kennis opgebouwd over HTO-systemen. Er is namelijk bijvoorbeeld al veel bekend over de onderliggende fysica hoe opwarming de grondwaterstroming kan beïnvloeden. De microbiologische effecten zijn niet zomaar te interpoleren tussen LTO en HTO. Dit komt omdat in de temperatuur range van LTO naar HTO een verschuiving kan optreden van Psychrophiles (LTO) naar Mesophiles (MTO) naar Thermophiles (HTO) populaties. Er is dus niet per se een lineaire verschuiving van microbiologische populatie als functie van temperatuur. Bovendien is de microbiologische activiteit voor veel bacteriën over het algemeen niet lineair met temperatuur en juist maximaal in het bereik van MTO-systemen. Ook voor chemische processen die beïnvloed worden door de microbiologische populatie zal er daarom niet altijd sprake zijn van een lineair verloop met de temperatuur. In Nederland is één systeem operationeel dat drie jaar als HTO heeft gefunctioneerd (in Middenmeer) waardoor er in de praktijk weinig datapunten zijn om HTO-effecten te interpoleren. Dit maakt het lastig om effecten goed te voorspellen en dus ook om te bepalen welke monitoringvoorschriften provincies moeten opnemen in vergunningen.

Tot slot is het onduidelijk hoe initiatiefnemers bij eventueel onverwachte ongewenste thermische uitstraling (verlies) naar de omgeving en neveneffecten op waterkwaliteit kunnen mitigeren, ter voorkoming van het risico door het bevoegd gezag “stilgelegd” te worden. Het optimaliseren van de thermische prestaties biedt wellicht een aanknopingspunt aangezien het voorkomen van thermische verliezen naar de omgeving een heel effectieve manier is om waterkwaliteitseffecten te voorkomen (zie eerste knelpunt).

#### *Urgentie*

De glastuinbouwsector wil vol inzetten op duurzame energieproductie, bijvoorbeeld via Geothermie en restwarmte via warmtenetten. Er bestaat echter een onbalans tussen de productie (met name in zomer) en vraag naar warmte

(met name in winter). Het tijdelijk kunnen bergen van dergelijke systemen in de ondergrond is dus cruciaal voor het laten slagen van de energietransitie in de glastuinbouwsector.

#### *Reden publieke financiering*

De Nederlandse glastuinbouwsector bestaat uit vele bedrijven met elk een LTO systeem bestaande uit enkele putten. Deze versnippering maakt het voor individuele bedrijven niet mogelijk om te investeren in onderzoek naar structurele oplossingen voor bovengenoemde uitdagingen. Bovendien wordt een deel van de knelpunten veroorzaakt door een gebrek aan kennis die de overheid nodig heeft voor effectieve en doelmatige vergunningverlening en monitoring. Dit onderzoek beoogt oplossingen aan te dragen die ten goede komen aan de hele glastuinbouwsector en andere toekomstige initiatiefnemers van MTO-systemen. We zullen dit onderzoek pre-concurrentieel uitvoeren, zodat uiteindelijk alle glastuinbouwbedrijven, technologie leveranciers, adviseurs en overheden kunnen profiteren. Financiering vanuit TKI-watertechnologie is daarbij nodig.

## **2. Beoogd resultaat (output)**

Het project zal hoofdzakelijk pre-competitieve kennis opleveren hoe keuzes t.a.v. de inzet (warmte en waterstromen) en bijbehorende meet- en regelstrategieën van invloed zijn op energetische rendementen en welke effecten ze hebben op de waterkwaliteit. Daarnaast willen we een voorlopig monitoringkader opstellen voor het bewaken van waterkwaliteitseffecten dat het uitvoeren van pilots in de Provincie Zuid Holland moet vergemakkelijken. We zullen dit kader aan het eind van het project evalueren en updaten.

#### *Wat wordt opgeleverd?*

- Werkplan met onderzoeksagenda om MTO succesvol in te kunnen zetten in de glastuinbouw (door Glastuinbouw Nederland aangeduid "Masterplan MTO"). (-> [activiteit 1](#))
- Voorlopig en definitief monitoringkader voor effecten MTO op grondwaterkwaliteit. (-> [activiteit 3 & 7](#))
- Onderzoek naar mogelijkheden om energetisch rendement MTO te vergroten en effecten op waterkwaliteit te beperken. (-> [activiteit 4](#))
- Verslag en evaluatie van monitoring waterkwaliteit bij 4 glastuinbouwbedrijven, in samenhang met het energetisch functioneren van de MTO. Het rapport moet inzicht bieden in de samenhang tussen opwarming van grondwater de verandering van microbiologische populatie, hun metabolisme en hoe dit de chemische waterkwaliteit beïnvloedt. Dit zodat bevindingen ook geëxtrapoleerd kunnen worden naar andere locaties. (-> [activiteit 2 & 5](#))
- Verslag van praktijkervaring met technieken om het energetisch rendement te vergroten bij 4 glastuinbouwbedrijven. (-> [activiteit 6](#))
- Workshop over het monitoringkader voor bevoegd gezag (provincies, omgevingsdiensten) buiten de Provincie Zuid Holland. (-> [activiteit 8](#))
- Handboek MTO voor glastuinbouwbedrijven (-> [activiteit 8](#))

[Partijen hebben de intentie om tussenresultaten \(rapportages, eventuele wetenschappelijke artikelen\) zo snel mogelijk openbaar te maken en niet te wachten tot de afloop van de project. Dit zodat de bevindingen snel beschikbaar komen voor de glastuinbouwsector en overheid.](#)

#### *Wat levert het project de betrokken partijen?*

Het project maakt het voor de betrokken glastuinbouwbedrijven makkelijker om een vergunning aan te vragen voor MTO en voorspelbaarder wat de kosten zijn voor verplichte monitoring van de waterkwaliteit. Daarnaast krijgen ze handvatten om risico's te mitigeren dat de MTO wordt "stilgelegd" door bevoegd gezag als gevolg van onbedoelde effecten op de waterkwaliteit. Tot slot kunnen de resultaten gebruikt worden om het energetische rendement te vergroten en zo kosten te besparen.

Overheden krijgen kennis waarmee ze vergunningaanvragen beter kunnen beoordelen en een protocol waarnaar ze kunnen verwijzen in plaats van per project afspraken te moeten maken. Daarnaast draagt het project bij aan de doelstelling van de Provincie Zuid Holland om duurzame energie en ontwikkeling van duurzame glastuinbouw te bevorderen.

Voor de technologieleveranciers levert het project kennis hoe MTO te ontwerpen, realiseren en bij te sturen. Daarnaast komt er een grotere pool aan potentiële locaties beschikbaar voor MTO en dus omzet.



*De provincie is op zoek naar een "rode knop" om een MTO stil te leggen of de vergunning niet te verlengen indien de effecten op de grondwaterkwaliteit groter zijn dan verwacht. Met dit project beogen we glastuinbouwbedrijven een handelingskader te geven hoe de effecten op omliggend grondwater te beperken door te sturen op beperking van thermische verliezen.*

### 3. Impact

#### Bijdrage aan missie van TKI-Watertechnologie

- MIP1 Duurzame zoetwatervoorziening
- MIP2 Betrouwbare watertechnologie en -infrastructuur
- MIP3 Circulair water en grondstoffen
- XXX** MIP4 Water en energie

#### Bijdrage aan de Nederlandse Kennis- en Innovatieagenda's

Primaire KIA/MMIP: Klimaat en Energie - B4 Warmte en koude

Secundaire KIA/MMIP: Landbouw, Water, Voedsel - 2F Energietransitie in de land- en tuinbouw

#### Verdere toelichting op de impact

*Bijdrage aan convenant Energietransitie Glastuinbouw & Nederlandse KIA's*

LTO-systemen leveren een significante (typisch 40-60%) energiebesparing ten opzichte van gasverbranding (Bloemendal et al 2018). Bij ondergrondse opslag waar de opgeslagen temperatuur, zonder tussenkomst van een warmtepomp direct gebruikt kan worden (Hartog et al 2017) is deze energiebesparing nog hoger (>75%), waarbij de CO2 emissie reductie nog sterker is (Bloemendal et al 2017). Bij MTO kan naar verwachting ook 75% energie bespaard worden indien de warmtevraag geleverd kan worden zonder inzet van een warmtepomp (dit hangt onder meer af van de teelt en opslag temperatuur). MTO vergt veel minder investeringen dan HTO omdat de materialen goedkoper zijn; vergelijkbaar met LTO systemen. Naar verwachting zal er daarom in veel gevallen een positieve business case zijn voor MTO, zeker voor glastuinbouwbedrijven die al een LTO hebben.

Er zijn geen openbare gegevens beschikbaar voor kosten van MTO in de glastuinbouw als geheel t.o.v. andere technieken. Echter, volgens CE Delft (2023) zijn de investeringen en operationele kosten van LTO systemen voor een kantoor vergelijkbaar met bijvoorbeeld lucht-warmtepomp, maar vallen de maatschappelijke kosten-baten veel gunstiger uit (399 k€ versus -419 k€) doordat het elektriciteitsnet veel minder zwaar wordt belast en er veel meer CO<sub>2</sub> besparing mogelijk is. Indien de MTO zonder warmtepomp kan worden bedreven, is deze balans nog positiever.

Samengevat: Door het wegnemen van barrières voor implementatie van MTO, levert het project een bijdrage aan de KIA Energietransitie in land- en tuinbouw & KIA Warmte en koude. Met MTO is een energiereductie tot 75% mogelijk als bijdrage aan het convenant Energietransitie Glastuinbouw. NB: de absolute bijdrage aan CO<sub>2</sub>-emissiereductie is afhankelijk van de geïnstalleerde capaciteit aan MTO.

*De relevantie voor de missies Landbouw, Water, Voedsel/Circulaire Economie/Klimaat en energie*

- Zorgdragen voor schoon en veilig water >> veiligstellen waterkwaliteit in grondwaterpakketten die gebruikt worden voor MTO.
- Energie opwekken en opslaan met water >> zorgdragen dat bodemenergiesystemen doelmatig kunnen worden aangelegd.

*Toepassingshorizon en mogelijke barrières*

De oplossingen zullen tijdens het onderzoek worden beproefd op praktijkschaal. We verwachten dat de binnen een jaar na afloop worden geïmplementeerd. De kennis over optimalisatie van de systemen zal worden toegepast op de deelnemende glastuinbouwbedrijven. Deze bedrijven zullen dit laten uitvoeren door hun adviseurs, waardoor de kennis efficiënt geïmplementeerd en toegepast kan worden door de markt.

*Mogelijke barrières voor opschaling*

Voor implementatie van de kennis over effecten op de waterkwaliteit is het nodig dat provincies het monitoringkader gaan toepassen. De ervaring met een recent door KWR (Schout et al 2023) ontwikkeld monitoringkader voor de HTO in Middenmeer, is dat dit nu door diverse provincies wordt toegepast waaronder de Provincie Zuid Holland. We beogen via disseminatie te bereiken dat de kaders voor vergunningverlening en monitoring van MTO die volgen uit dit onderzoek ook overgenomen gaan worden door andere provincies.

*Kan de vernieuwing leiden tot nieuwe bedrijvigheid*

Het onderzoek beoogt de toepassing van MTO te vergroten en kostprijs voor monitoring te verlagen. Dit biedt kansen voor bedrijven die dergelijke systemen ontwerpen (adviesbureaus), aanleggen (boorfirma's, installatiebedrijven) of diensten verlenen (verzorgen van monitoring, beheer en onderhoud).

De Nederlandse WKO-sector heeft wereldwijd een leidende positie en wordt nu al regelmatig gevraagd om in het buitenland kennis over te dragen. Met dit project handhaven en versterken we deze leidende positie door een wetenschappelijke kennisbasis te creëren voor MTO.

#### TRL

TRL-level bij start: 4, (NB: voor LTO en HTO is het TRL hoger)

TRL-level bij einde: 7

## 4. Aanpak en activiteiten

### Hoofdpijnen onderzoeks- en ontwikkelingsactiviteiten

De volgende activiteiten zijn voorzien.

### 1. Werkplan onderzoek MTO glastuinbouw (Q2 2025)

Het opstellen van een werkplan en onderzoeksagenda voor de glastuinbouwsector (door Glastuinbouw Nederland aangeduid als “Masterplan”). Doel is om uiteindelijk te komen tot een handboek over realisatie en beheer van MTO-systemen. Glastuinbouw Nederland heeft hierin de lead, KWR zal er aan bijdragen.

### 2. Waterkwaliteitsmetingen in bestaande MTO (Q1 2025)

Het uitvoeren van thermische metingen (met DTS-kabel), chemische waterkwaliteitsmetingen en microbiologische analyses (NGS, ATP, metagenomics, qPCR) in een bestaande WKO (Koppert Cress) die **in het verleden** enkele jaren als MTO is bedreven en **gedurende de loop van het jaar nog steeds een deel van de tijd** opereert bij temperaturen **boven de 30 °C**. Aandachtspunt hierbij is dat de locatie inmiddels een deel van het jaar beneden de 25 °C wordt bedreven waardoor we de timing van de meting goed moeten aansluiten bij de injectietemperaturen. Daarnaast wordt de waterkwaliteit rond het systeem ook beïnvloed door menging van verschillende waterlagen. Het is daarom wenselijk om ook monitoring van MTO uit te voeren op andere meer geschikte locaties (zie activiteit 5).

### 3. Voorlopig monitoringkader (Q2 2025)

Het opstellen van een voorlopig beoordelings- en monitoringskader voor de in dit project te ontwikkelen MTO's zal worden onderbouwd op basis van de inzichten uit een lopend **HTO project (Middenmeer) en andere locaties met temperaturen boven 25 °C waaronder** Koppert Cress.

**Bij het opstellen van het monitoringkader maken we een kort overzicht hoe opwarming van de ondergrond door een MTO de gebruikswaarden van de bodem en grondwater kan beïnvloeden. Hierbij houden we ook rekening met functies in brakke of zoute aquifers die beïnvloed kunnen worden door opwarming. Denk bijvoorbeeld aan extra oprijving en een navenant lager rendement bij systemen voor ondergrondse waterberging en mogelijke invloeden van opwarming op het rendement van RO-installaties mochten deze thermisch beïnvloed worden door de MTO.**

*Beslismoment: wijze van uitvoeren monitoring in praktijkproeven*

### 4. Onderzoek beheerstrategieën voor mitigatie effecten op leefomgeving en verbeteren energieprestaties (Q4 2025)

Inventarisatie van voorkomende MTO condities op basis van de ingebrachte pilots en aangevuld met uit de sector andere bekende representatieve condities in het Westland (en evt waar nodig daarbuiten):

- Energievraag- en balans (warmte & koude), temporele dynamiek in energievrraag
- Beschikbare warmte- en koudebronnen en benodigde temperatuurniveaus
- Hydrogeologische condities: hydrogeologische opbouw, beschikbare aquifers, laagdikte, doorlatendheden
- Relevante omgevingsfactoren: RO ontrekkingen, WKO systemen, ondergrondse waterberging

Verkenning van het energetisch functioneren en de thermische impact van een MTO voor een representatieve range aan geohydrologische (en energetische) toepassingscondities door middel van simulaties. Hierbij zullen de ingebrachte pilots als basis en referenties gebruikt worden.

Het ontwikkelen en testen (numeriek) van mogelijkheden om voor een operationeel MTO systeem:

- De thermische verliezen of impact te verminderen of te mitigeren om daarmee ook ongewenste secundaire (chemische of microbiële) effecten te kunnen voorkomen
- De energetische prestaties van MTO te verbeteren door oplossingen zoals bijvoorbeeld Power2Heat en Triplet.
- Hierbij zullen we ook gebruik maken van gegevens over het energetisch functioneren van het Koppert-Cress bodemenergiesysteem

*Beslismoment: wijze van beproeven beheerstrategieën in praktijkproeven*

##### 5. Beproeven van monitoringkader op praktijkschaal (2026 - 2027)

- Installeren van instrumentatie (door glastuibouwbedrijf):
  - o plaatsen tappunt bij alle bronnen voor het nemen van waterkwaliteitsmonsters.
  - o Plaatsen waarnemingsput met 1 monitoringfilter per pakket
  - o Tijdens aanleg van bronnen: plaatsen van extra waarnemingsfilter (in de annulaire ruimte van de winput) in de bovenliggende watervoerende lagen i.v.m. monitoring lokale effecten rond de put door uitstraling van warmte uit de casing (stijgbuis).
  - o Installatie van glasvezelkabel bij aanleg nieuwe peilbuizen en grondwaterput. (kabel wordt geleverd door KWR)
- Uitvoeren van chemische waterkwaliteitsmetingen (door glastuinbouwbedrijven/ subcontractor)
  - o Het monitoringkader zal lijken op het monitoringkader voor HTO welke vermeld staat in tabel 4-1 van Schout et al (2023)<sup>1</sup>.
  - o Het monitoringkader HTO voorziet in een nulmeting en 2 meetronden per jaar gedurende een periode van 2 jaar. De nulmeting wordt uitgevoerd op alle bronnen en de in het meetplan nog aan te wijzen waarnemingsfilters. Bij de overige meetronden worden de waarnemingsfilter(s) bemonsterd en één van beide bronnen. Het aantal waarnemingsfilters (3) is een schatting en is afhankelijk van de configuratie van het MTO-systeem en afspraken in het meetplan.
  - o Het analysepakket omvat temperatuur, pH, O<sub>2</sub>, EC (veldparameters), Cl, HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, PO<sub>4</sub>, Br, F, (anionen), Na, Ca, Fe, Mn, K, Mg, NH<sub>4</sub> (kationen), As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Mo, Hg, Pb, Ni, V, Zn, (sporenelementen), Al, Ag, Be, Cu, Li, Sb, Se, Sn, Sr, Te, Tl, Ti, U, W, Zr (sporenelementen-alleen bij nulmeting), DOC (organische chemie), CH<sub>4</sub> (gassen), ATP en NGS (microbiologie – uit te voeren door KWR).
  - o Het monitoringkader MTO zal maximaal de metingen verwachten die zijn opgenomen in het hiervoor genoemde monitoringkader voor HTO en mogelijk enkele versimpelingen bevatten.
- Uitvoeren en evalueren van microbiologische analyses (NGS, ATP, qPCR) (door KWR) en metagenomics (Normec). De metagenomics zullen slechts op een deel van de waterkwaliteitsmonsters worden uitgevoerd.
- Vergelijken van deze metingen met in eerder onderzoek uitgevoerde microbiologische experimenten op labschaal (kolomproeven) (actie KWR). Dit ter verificatie van deze labproeven c.q. om een indruk te krijgen van de bandbreedte (range) waarin de populaties in de praktijk veranderen. Als deze veranderingen in lijn zijn met de labproeven kan vanuit het oogpunt van vergunningverlening de toekomstige monitoring van microbiologische populaties achterwege blijven wat de monitoring goedkoper en eenvoudig houdt.

De glastuinbouwbedrijven dienen bovenstaande activiteiten zelf te financieren (m.u.v. werkzaamheden KWR en metagenomics). De kosten voor de glastuinbouwbedrijven zijn geschat op 25 k€ (plaatsen peilbuis) plus 40 k€ (uitvoeren chemische waterkwaliteitsmetingen). De werkelijke kosten zijn afhankelijk van de diepte van de peilbuis en het aantal waarnemingsfilters.

Toelichting op microbiologische analyses: Het onderzoek moet inzicht bieden in de samenhang tussen temperatuur gedreven verandering van de microbiologische populatie, het metabolisme van deze populaties en de chemische waterkwaliteit zodat bevindingen ook toepasbaar zijn in andere typen grondwater buiten Zuid Holland. Het is mogelijk om een literatuur/database met metabole functies te koppelen aan de microbiologische taxa die vastgesteld zijn door middel van NGS-analyses. Maar een directere methode om inzicht te krijgen in hoe microbiologische populaties de waterkwaliteit beïnvloeden en vice versa is door middel van metagenomics. Daarnaast willen we door middel van qPCR inzicht krijgen in de abundantie van bepaalde bacteriegroepen (zoals bijv. denitrificeerders en sulfaat reduceerders) bij verschillende temperaturen.

---

<sup>1</sup> [https://www.warmingup.info/documenten/schout-et-al-2023-effecten-bij-en-monitoring-van-hto-systemen\\_warmingup-rapport-thema-5.pdf](https://www.warmingup.info/documenten/schout-et-al-2023-effecten-bij-en-monitoring-van-hto-systemen_warmingup-rapport-thema-5.pdf)



Bij de interpretatie van (met name) microbiologische analyses zullen we de resultaten vergelijken met informatie en ervaring uit bestaande (en historische) ondergrondse opslagsystemen die water met temperaturen boven de 25 °C opslaan.

#### 6. Beproeven beheerstrategieën op praktijkschaal (2026 – 2027)

- Aanpassingen aan besturingsstelsel, beslissingsregels voor inzet van de MTO, etc. op basis van inzichten uit modelvoorspellingen (activiteit 3)
- Vergelijken van thermische rendementen met modelvoorspellingen

#### 7. Evaluatie en update monitoringkader (Q1 2028)

Evaluatie van het voor de MTO pilots gebruikte monitoringkader voor doelmatigheid en effectiviteit als beleidsinstrument. Op basis hiervan aanscherpen en actualiseren van het voorlopige monitoringkader MTO (zie activiteit 2).

#### 8. Disseminatie: Handboek MTO, workshops en excursies (Q4 2025 & Q2 2028)

De lessen voor de glastuinbouwsector zullen worden samengevat in een “handboek MTO voor de glastuinbouw”. De opzet hiervan wordt vergelijkbaar met het handboek voor warmtepompen <https://www.kasalsenergiebron.nl/handboek-warmtepompen/> en wordt in samenwerking met Glastuinbouw Nederland en energieadviseurs uit de sector opgesteld. In het boek zal nadrukkelijk aandacht worden geschonken aan de conversie van bestaande WKO naar MTO op basis van eerdere ervaringen bij o.a. Koppert Cress. Daarnaast organiseren we i.s.m. de Provincie Zuid Holland bij de afronding van het project een workshop voor andere Provincies over het monitoringkader en de ervaring bij de toepassing ervan in Zuid Holland.

Onze planning is om in 2025 een eerste versie van het handboek op te leveren en dit in 2028, na afronding van het project te actualiseren met de resultaten van het onderzoek. Zo ontsluiten we al in een vroeg stadium de thans beschikbare kennis over MKO voor glastuinbouwbedrijven waar potentie is voor ondergrondse warmteopslag.

#### 9. Projectorganisatie, communicatie (2025 – 2028)

## 5. Kennisvalorisatie en -disseminatie

### *Wie gaan de resultaten gebruiken en hoe wordt hiervoor gezorgd*

De beoogde gebruikers zijn de partners van het onderzoek en hun branchegeenoten. De glastuinbouwbedrijven en adviseurs willen we bereiken we door ze actief te betrekken bij het vormgeven van de beheerstrategieën. Dit vergemakkelijkt de implementatie. Wanneer oplossingen succesvol blijken, dan kunnen deze via de adviesbureaus die werkzaam zijn voor de glastuinbouwbedrijven ook geïmplementeerd worden bij andere bedrijven. De Provincie Zuid Holland vragen we om mee te denken over het voorlopig monitoringkader en dit ook enkele jaren toe te passen in vergunningen en handhaving en achteraf bij te dragen aan de evaluatie ervan zodat ook andere provincies een beeld krijgen van de toepasbaarheid van het monitoringkader voor zowel bedrijven als de overheid.

### *Communicatie-activiteiten naar toekomstige gebruikers:*

De inhoudelijke resultaten worden gedeeld via bestaande platforms waarin de deelnemers van het onderzoek al actief zijn: Glastuinbouw Nederland en het gebruikersplatform bodemenergie.

### *Communicatie-activiteiten naar wetenschappelijke gemeenschap:*

Wetenschappelijk relevante resultaten zullen door KWR-medewerkers worden gepresenteerd op congressen. Rapportages komen beschikbaar via de TKI-watertechnologie website en KWR-library.

*Communicatie-activiteiten naar overige belanghebbenden:*

Het monitoringkader zal worden gepubliceerd via de TKI-watertechnologie website. De overige resultaten worden opgenomen in het handboek MTO dat beschikbaar komt via de website van glastuinbouw Nederland

## 6. Organisatie

### Samenwerking en organisatie

Er wordt een projectgroep gevormd die beslissingen neemt over de inhoudelijke voortgang en uitvoering van het project. Alle beoogde deelnemers zijn lid van deze projectgroep. De samenwerkingspartners zijn adviseur van de projectgroep.

### Deelnemers en rolverdeling

	Naam organisatie	Contactpersoon	E-mail	*Type organisatie	*Status
<b>Eindgebruikers</b>					
1	Anthura BV	<input type="text"/>	<input type="text"/> @anthura.nl	Grootbedrijf	S
2	Stolk Flora Bleiswijk BV	<input type="text"/>	<input type="text"/> flora.nl	MKB	S
3	Themato Productie B.V.	<input type="text"/>	<input type="text"/> @themato.nl	MKB	S
4	Zwingrow B.V.	<input type="text"/>	<input type="text"/> @zwingrow.nl	MKB	S
5	Kennis in je Kas	<input type="text"/>	<input type="text"/> @glastuinbouwnederland.nl	Overige	S
<b>Overheid</b>					
6	Provincie Zuid-Holland	<input type="text"/>	<input type="text"/> @pzh.nl	Provincie	S
<b>Technologie leveranciers</b>					
7	Normec	<input type="text"/>	<input type="text"/> @normecgroup.com	Grootbedrijf	S
8	BlueTerra	<input type="text"/>	<input type="text"/> @blueterra.nl	MKB	S
9	DivisionQ	<input type="text"/>	<input type="text"/> @divisionq.nl	MKB	S
<b>Kennisinstelling</b>					
10	KWR	<input type="text"/>	<input type="text"/> @kwrwater.nl	Onderzoeksorganisatie	S

	Naam organisatie	*Type activiteiten	Beschrijving rol in project (korte omschrijving)
1	Anthura BV	EO	Monitoren effecten MTO op chemische waterkwaliteit & faciliteren microbiologische metingen. Op praktijkschaal beproeven van beheerstrategieën. <a href="#">Reviewen van rapportages, projectoverleg, disseminatie.</a>
2	Stolk Flora Bleiswijk BV	EO	
3	Themato Productie B.V.	EO	
4	Zwingrow B.V.	EO	
5	Kennis in je Kas	n.v.t.	Levert alleen cash-bijdrage, geen in-kind. Betrokken vanwege vertaling onderzoeksresultaten naar beheerstrategieën en handboek.
6	Provincie Zuid-Holland	n.v.t.	Levert alleen cash-bijdrage, geen in-kind. Betrokken vanwege vertaling onderzoeksresultaten effecten waterkwaliteit naar beleid
7	Normec	IO	Metagenomics t.b.v extrapolatie effecten waterkwaliteit naar andere locaties. <a href="#">Hierbij worden metingen verricht op locaties met een MTO voor en na opwarmen</a> Daarnaast draagt Normec bij via overleg, rapportages en disseminatie.
8	BlueTerra	EO	Bijdragen aan onderzoek energiebeheerstrategieën (activiteit 4). Daarbij zal <a href="#">gewerkt worden aan het verbeteren van modellen om warmtenetten technische / economisch door te rekenen.</a> Daarnaast draagt BlueTerra bij via overleg, rapportages en disseminatie.

			Opstellen handboek MTO in glastuinbouw (NB: het adviesbureau is hoofdauteur, andere deelnemers en samenwerkingspartners dragen inhoudelijk bij). <b>Aangezien BlueTerra voor dit handboek een vergoeding zal ontvangen vanuit het project, telt deze activiteit niet mee als in-kind bijdrage.</b>
9	DivisionQ	EO / IO	Bijdragen aan handboek MTO in glastuinbouw met focus op praktijkervaring bedrijven MTO en inpassing in energiesysteem. Daarnaast draagt DivisionQ bij via overleg, rapportages en disseminatie. <b>(Faciliteren van) monitoring grondwaterkwaliteit (en microbiologie) bij temperaturen &gt; 25C en testen van beheerstrategieën.</b>
10	KWR	IO	Opstellen meetplan, uitvoeren numerieke experimenten, Evaluatie metingen op praktijkschaal, microbiologische analyses (m.u.v. metagenomics). Coördinatie onderzoek.

	Naam organisatie	Adres	PC + Plaats (+ Land*)	KVK-nummer
1	Anthura BV	Anthuriumweg 14	2665 KV Bleiswijk	
2	Stolk Flora Bleiswijk BV	Albert van 't Hartweg 42	2665 MJ Bleiswijk	
3	Themato Productie B.V.	Munnikenweg 24	2651 LZ Berkel & Rodenrijs	
4	Zwingrow B.V.	Poeldijksepad 14B,	2675 CL Honselersdijk	
5	Kennis in je Kas	Louis Pasteurlaan 6	2719 EE Zoetermeer	
6	Provincie Zuid-Holland	Zuid-Hollandplein 1	2596 AW Den Haag	
7	Normec	Honthorststraat 3	1071 DC Amsterdam	
8	BlueTerra	Lunet 5	3905 NW Veenendaal	
9	DivisionQ	De Poel 1	2681 MB Monster	
10	KWR	Groninghaven 7	3433 PE Nieuwegein	

*\*Type organisatie (kies één uit):*

- Onderzoeksorganisatie
- MKB
- Grootbedrijf
- Belangenorganisatie/ANBI
- Rijksoverheid
- Provincie
- Gemeente
- Anders overheid
- Overig

*\*Status bij indienen van projectvoorstel:*

- E Eerste contact gelegd
  - M Mondelinge toegezegd
  - S Schriftelijke intentie
  - SOW Samenwerkingsovereenkomst getekend
- Deze status is ter informatie aan TKI en programmaraad t.b.v. beoordeling van het voorstel*

### Samenwerkingspartners

Koppert Cress beschikt over een bodemenergiesysteem dat **gedurende de loop van het jaar kortstondig** opereert bij temperaturen **boven de 30 C** welke ze beschikbaar zal stellen voor het uitvoeren van metingen.

Omgevingsdienst Haaglanden is als uitvoeringsinstantie door de provincie Zuid Holland belast met de beoordeling van omgevingsvergunningen welke vereist zijn voor MTO alsmede de handhaving. Hun rol is vergelijkbaar met de Provincie, namelijk het meedenken over opzet van monitoringkader, beproeven van dit kader in de praktijk en evaluatie op basis van eerste ervaringen.

Greenport West-Holland: Stimuleert duurzame en vitale tuinbouwclusters door verbinding te stimuleren tussen ondernemers, overheden en kennisinstellingen. Rol in dit onderzoek is oog hebben voor het strategische belang van duurzame energievoorziening voor glastuinbouwsector.

Glastuinbouw Nederland: werkt aan beleidsbeïnvloeding en innovatieprogramma's voor de glastuinbouwsector. Is in dit onderzoek betrokken bij begeleiding van onderzoek, **faciliteren van bijeenkomsten met de glastuinbouwsector** en communicatie resultaten naar de sector.

## 7. Projectbegroting

Projectkosten	Kosten (k€ excl. BTW)	Type activiteit (FO/IO/EO)
<p>Personele kosten voor inzet onderzoekers:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Normec</li> <li>- BlueTerra</li> <li>- DivisionQ</li> <li>- KWR Water</li> </ul> <p>Materiële kosten en diensten door derden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Glastuinbouwbedrijven (x4: Anthura BV, Stolk Flora Bleiswijk BV, Themato Productie B.V., Zwingrow B.V.) **</li> <li>- KWR Water</li> </ul> <p>Investerings in apparatuur en afschrijvingen</p> <p>Eventuele overige kosten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Monstername, microbiologische analyses, zaalhuur</li> </ul>	<p>Totale projectkosten:</p>	<p>IO EO EO/ IO IO EO/ IO IO IO</p>
<b>Projectfinanciering</b>	<b>Subtotaal (k€ excl. BTW)</b>	<b>Totaal (k€ excl. BTW)</b>
<p>Cash bijdrage bedrijven:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kijk</li> </ul> <p>In natura bijdrage bedrijven:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Glastuinbouwbedrijven (x4) **</li> <li>- Normec</li> <li>- BlueTerra</li> <li>- DivisionQ</li> </ul> <p>Publieke financiering (Provincie):</p> <p>In natura bijdrage (waterschap, regio etc.):</p> <p>Gevraagde PPS-programmatoeslag:</p>	<p>Totale projectfinanciering:</p>	
<p>PPS-programmatoeslag uit jaar: ...</p> <p>PPS toeslag / totale projectfinanciering 44 %</p>		

*(\*\*) In het projectplan en de begroting gaan we er vanuit dat ten minste 3 van de 4 glastuinbouwbedrijven deelnemen. De bijdrage per glastuinbouwbedrijf is 25 k€, wat neerkomt op een in-kind bijdrage van ten minste 75 k€. De deelname van de glastuinbouwbedrijven is niet geheel zeker omdat deze nog afhankelijk is van de toekenning van een omgevingsvergunning voor de MTO.*