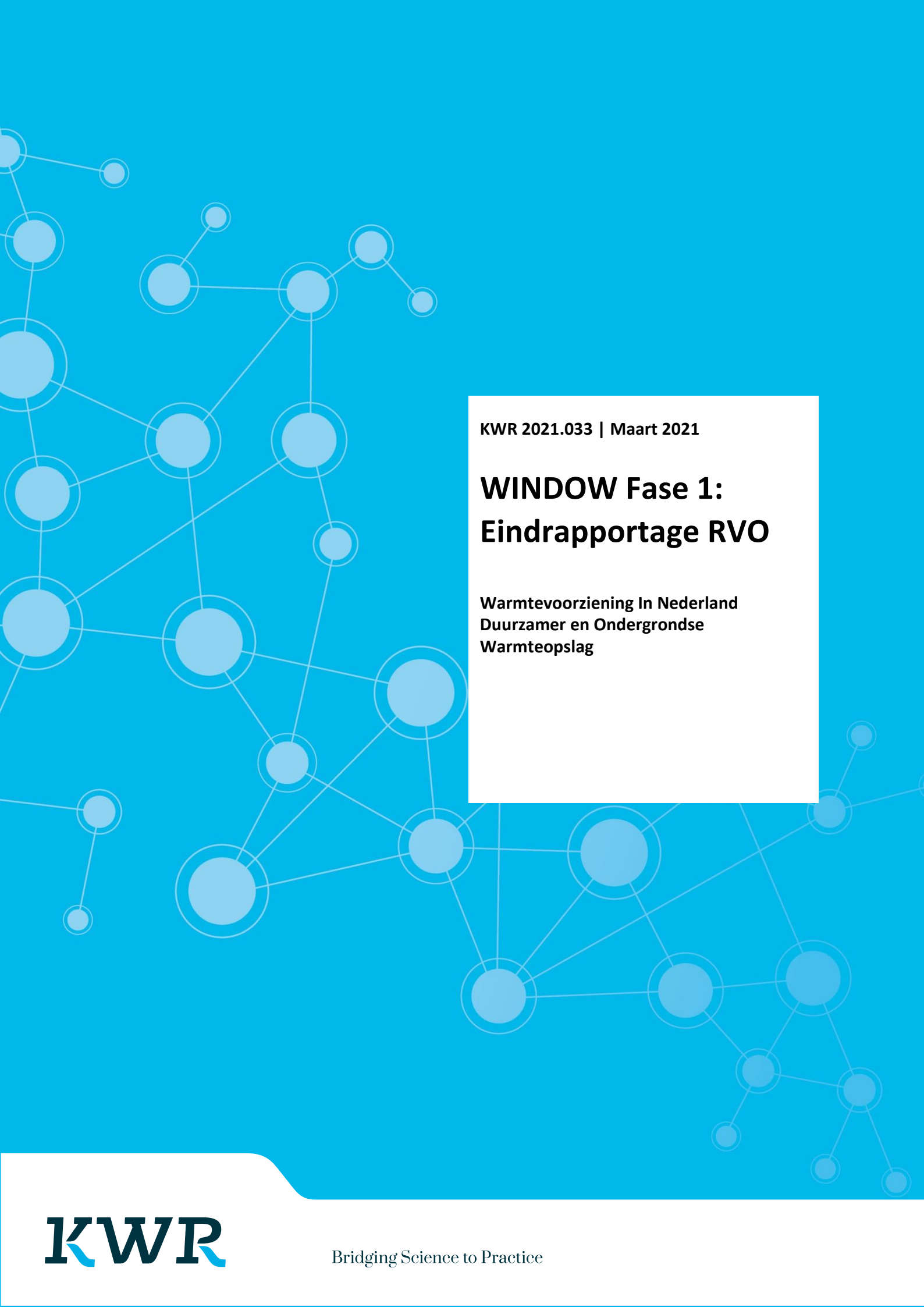


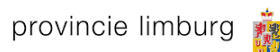
A network diagram with various sized light blue circles connected by thin white lines, set against a solid blue background. The circles are of different diameters, and the lines connect them in a non-uniform, web-like pattern.

KWR 2021.033 | Maart 2021

WINDOW Fase 1: Eindrapportage RVO

**Warmtevoorziening In Nederland
Duurzamer en Ondergrondse
Warmteopslag**

Samenwerkingspartners



Rapport

WINDOW Fase 1: Eindrapportage RVO

Warmtevoorziening In Nederland Duurzamer en Ondergrondse Warmteopslag

KWR 2021.033 | Maart 2021

Opdrachtnummer

1821402 (referentienummer); 402656 (KWR)

Projectmanager

Ir. Jan Willem Kooiman

Opdrachtgever

RVO

Auteur(s)

Ir. M.H. Zwamborn

Kwaliteitsborger(s)

nvt

Verzonden naar

RVO

Verantwoording

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie en Topsector Watertechnologie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Keywords

Ondergrondse Warmteopslag; bodemenergie

[Jaar van publicatie](#)
2021

[Meer informatie](#)
Ir. Marette Zwamborn
[T 030 6069677](tel:0306069677)
[E marette.zwamborn@kwrwater.nl](mailto:marette.zwamborn@kwrwater.nl)

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

[T +31 \(0\)30 60 69 511](tel:+3120306069511)
[E info@kwrwater.nl](mailto:info@kwrwater.nl)
[I www.kwrwater.nl](http://www.kwrwater.nl)

The logo for KWR, consisting of the letters 'KWR' in a bold, sans-serif font. The 'K' and 'W' are dark blue, and the 'R' is a lighter blue.

Samenvatting

Opslag van warmte in de ondergrond is een belangrijke schakel in de warmtetransitie en is een van de goedkoopste vormen van energieopslag. Het is belangrijk dat warmte overschotten in de zomer kunnen worden opgeslagen en gebruikt in de winter. Warmteopslag leidt tot optimale benutting van duurzame bronnen en kostenreductie op systeemniveau.

Het WINDOW programma richt zich op grootschalige ondergrondse warmteopslag voor toepassing in collectieve warmtenetten, met een ordegrrootte opslagcapaciteit van meer dan 200.000 m³ (ofwel meer dan 20 TJ) seizoensopslag en met temperatuurniveaus tussen 40°C en 90°C. De warmteopslag wordt gevoed door bijvoorbeeld geothermie, biomassa of industriële restwarmte.

Ondergrondse warmteopslag bij hogere temperaturen wordt nog beperkt toegepast in de Nederlandse ondergrond. Uitdagingen met betrekking tot de techniek, de effecten, de business case en het juridische kader zijn belangrijke punten. Het onderzoeksprogramma WINDOW pakt deze uitdagingen op, met als doel om ondergrondse warmteopslag te ontwikkelen tot een bewezen techniek.

In WINDOW fase 1 zijn verkenningen uitgevoerd op zeven locaties, om zicht te krijgen op de toepassing-conditions voor ondergrondse warmteopslag. Naast deze verkenningen, zijn in WINDOW fase 1 ook generieke kennis- en tools ontwikkeld op het gebied van potentie en inpassing, techniek en effecten en juridisch afwegingskader. Na afronding van fase 1 werken de consortiumpartners gezamenlijk verder in WINDOW fase 2.

Inhoud

Samenwerkingspartners	2
Rapport	3
Samenvatting	4
Inhoud	5
1 Gegevens project	6
2 Inhoudelijk Eindrapport	7
2.1 Inleiding	7
2.2 Doelstelling	7
2.3 Werkwijze	7
2.4 Resultaten	8
2.5 Discussie	9
2.6 Conclusies en aanbevelingen	9
3 Uitvoering van het project	10

1 Gegevens project

Projectnaam	Warmtevoorziening In Nederland Duurzamer en Ondergrondse Warmteopslag
Afkorting	WINDOW Fase 1
Referentienummer	1821402
PPS-toeslag jaar	TKI1821/2018
Penvoerder	KWR
Deelnemers	TNO Deltares IF Technology B.V. Eneco Vattenfall HVC Ennatuurlijk SVP Provincie Zuid-Holland Provincie Limburg Gemeente Den Haag EBN Shell Rijkswaterstaat Engie Hydreco
Projectperiode	01-05-2019 t/m 31-12-2020

2 Inhoudelijk Eindrapport

2.1 Inleiding

Opslag van warmte in de ondergrond is een belangrijke schakel in de warmtetransitie en is een van de goedkoopste vormen van energieopslag. Het is belangrijk dat warmte overschotten in de zomer (van geothermie, industriële restwarmte, zon of wind) kunnen worden opgeslagen en gebruikt in de winter. Ondergrondse warmteopslag bij temperaturen hoger dan 40°C wordt echter nog zeer beperkt toegepast in Nederland. Met betrekking tot de techniek, de effecten, de robuustheid van de business case en het bijbehorende juridische kader zijn er belangrijke uitdagingen. Kennisontwikkeling, kennisdeling en ervaring is nodig voor een snellere en verantwoorde implementatie van ondergrondse warmteopslag in Nederland.

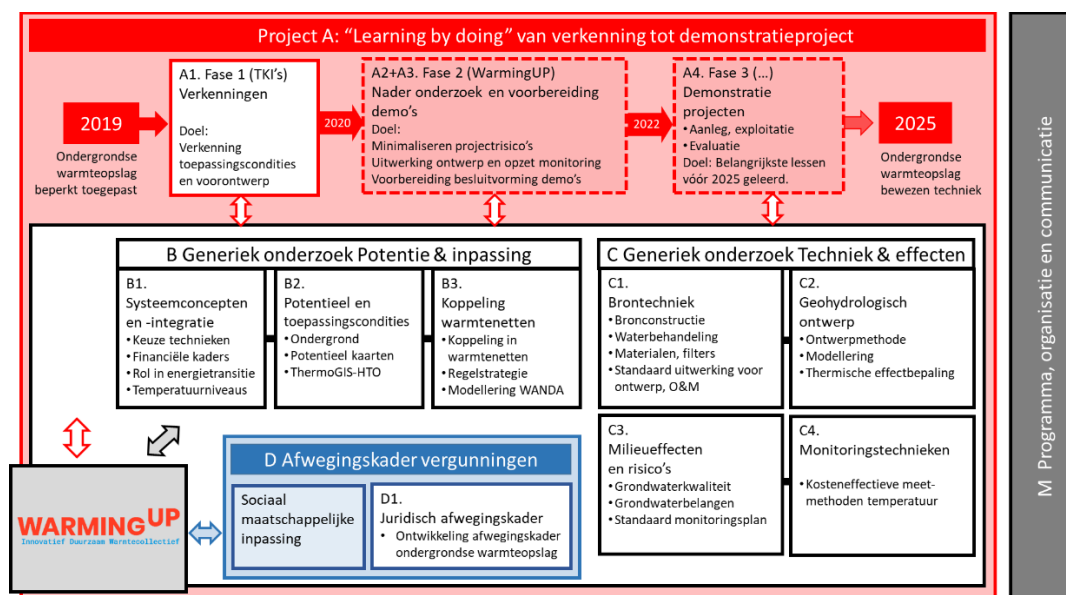
2.2 Doelstelling

Doel van het WINDOW programma is het wegnemen van technische, juridische en bedrijfseconomische belemmeringen en beter inzicht te krijgen in de effecten voor het verantwoord kunnen toepassen van ondergrondse warmteopslag, zodat ondergrondse warmteopslag na 2025 als bewezen techniek kan worden toegepast. De resultaten dragen bij aan kostenreductie van collectieve systemen op systeemniveau en een optimale benutting van duurzame warmtebronnen.

Doelstelling van WINDOW fase 1 is het uitvoeren van verkenningen, om vroegtijdig zicht te krijgen op de toepassing-conditions op ten minste vijf potentiële locaties voor ondergrondse warmteopslag. Naast deze verkenningen, heeft WINDOW fase 1 tevens als doel om generieke kennis- en tools te ontwikkelen op het gebied van potentie en inpassing, techniek en effecten en juridisch afwegingskader.

2.3 Werkwijze

Het programma is zodanig opgezet, dat een optimale uitwisseling ontstaat tussen project A 'learning-by-doing' (project A) en een generiek onderzoeksprogramma (projecten B, C en D). Praktijkervaring wordt benut in het generieke deel, en andersom wordt generiek ontwikkelde kennis direct toegepast in de praktijkcases van project A. Uitvoering van de projecten vindt plaats door KWR, TNO, Deltares en IF Technology, met inbreng van warmtebedrijven, provincies, gemeentes en overige stakeholders. In figuur 1 is de opzet van WINDOW weergegeven.



Figuur 1 – Opzet van het WINDOW programma.

2.4 Resultaten

Resultaten van het project zelf:

- Quickscans naar de potentie van HTO voor 21 locaties uitgevoerd, waaruit kansrijke locaties zijn geselecteerd.
- Verkenningen voor zeven locaties naar de toepassing van HTO, en een vergelijking tussen deze locaties om de meest kansrijke locaties te selecteren. De voor- en nadelen van verschillende manieren van koppeling van warmteopslag aan warmteopslag aan het warmtenet zijn per situatie beoordeeld. Door vergelijking van locaties is steeds duidelijker welke condities zorgen voor een optimaal rendement van de ondergrondse warmteopslag.
- Potentieel kaarten voor HTO in Nederland, die helpen om vroegtijdig in te schatten of de ondergrond van een locatie geschikt is voor grootschalige warmteopslag.
- Een prototype van de gekoppelde WANDA HEAT en SEAWAT software waarmee de koppeling tussen ondergrond en bovengrond van het HTO systeem gemodelleerd kan worden.
- Een literatuurstudie brontechniek, met input vanuit diverse deelnemers. De twee grootste kennisleemten, bronontwerp en waterbehandeling, worden in fase 2 opgepakt.
- Een literatuurstudie naar de effecten van ondergrondse warmteopslag op grondwaterkwaliteit.
- Een juridisch achtergronddocument en een discussiedocument afwegingskader vergunningverlening warmteopslag, met input vanuit de betrokken provincies die tijdens workshops.

Rapportages van WINDOW fase 1 en de potentieelkaarten zijn publiek beschikbaar:

<https://www.warmingup.info/thema/5/ondergrondse-warmteopslag>

Mogelijkheden voor spin off en vervolgvactiteiten:

- De drie meest kansrijke locaties (Rotterdam, Delft en Leeuwarden) gaat het WINDOW consortium in fase 2 verder uitwerken. De betrokken stakeholders van deze locaties willen graag verder met de verdere uitwerking van HTO op deze locaties binnen WarmingUP.
- In de projecten B, C en D wordt in WINDOW fase 2 verder gewerkt, waarbij wordt voortgebouwd op de resultaten van WINDOW fase 1.

- Mede naar aanleiding van de verkenning op de locatie Tilburg, wordt bij de provincie Noord-Brabant en binnen het programma Verduurzaming Amernet nagedacht over het opzetten van verder onderzoek naar ondergrondse warmteopslag in Noord-Brabant.

2.5 Discussie

De reacties op de resultaten in WINDOW fase I waren erg positief, zowel bij de onderzoeksorganisaties als bij de overige consortium deelnemers. Het parallel werken aan concrete locaties voor warmteopslag in project A, gecombineerd met onderbouwend onderzoek in de projecten B, C en D heeft goed gewerkt. De betrokkenheid van deelnemers was hoog en gezamenlijke inbreng van kennis en ervaring heeft bijgedragen aan de ontwikkeling van ondergrondse warmteopslag in Nederland.

Bij het opstellen van het projectplan van het WINDOW programma, was het perspectief dat veel locaties zouden afvallen en dat we blij mochten zijn als er bij twee locaties voldoende commitment zou zijn voor verdere uitwerking. Het is goed om te constateren, dat er aan het einde van WINDOW fase 1 bij drie locaties een groot commitment bestaat: Rotterdam Nesselande, Leeuwarden en TU Delft.

Na afronding van de verkenningen is de kansrijkheid van ondergrondse warmteopslag op de locaties beoordeeld op basis van het uitgewerkte voorontwerp van het HTO-systeem, met de volgende criteria:

- Business case
- Juridische haalbaarheid
- Risico's – technisch, geohydrologisch, milieu en veiligheid
- Commitment stakeholder
- Planning (warmtenet – warmtebron – inpassing opslag)

De gebruikte criteria en de gemaakte afwegingen bij de vergelijking en selectie van de locaties biedt inzicht, hoe de kansrijkheid van ondergrondse warmteopslag is beoordeeld binnen het WINDOW project. Dit kan als voorbeeld dienen voor de beoordeling van de mogelijkheden voor HTO op andere locaties.

2.6 Conclusies en aanbevelingen

- Met de resultaten van WINDOW fase 1 hebben we meer inzicht gekregen in de potentie en inpassing, techniek en effecten en in het juridische kader van ondergrondse warmteopslag in Nederland.
- Het parallel werken aan concrete locaties voor warmteopslag ('learning-by-doing'), gecombineerd met onderbouwend onderzoek heeft goed gewerkt in het project.
- Binnen WINDOW fase 2 worden drie geselecteerde locaties verder uitgewerkt in het kader van 'learning-by-doing', en er wordt verder onderzoek gedaan naar de generieke randvoorwaarden en toepassingscondities van ondergrondse warmteopslag in Nederland.

3 Uitvoering van het project

Wijzigingen in consortium, looptijd en gemaakte kosten

Het project is grotendeels volgens projectplan uitgevoerd. Belangrijkste wijzigingen waren:

Wijzigingen in consortium

- Havenbedrijf Rotterdam en Tata Steel hebben zich terug getrokken.
- Shell is als Partij toegetreden tot het consortium.
- Provincie Limburg heeft met een ondertekende toezeggingsbrief laten weten om WEL actief deel te nemen aan het WINDOW-project en te voldoen aan alle geplande verplichtingen inzake inzet en budget, maar ook om de SWO niet te ondertekenen: daar zagen zij bestuurlijk geen kans toe. Zij geven een dusdanig commitment aan WINDOW en het consortium dat zij een gelijkwaardige partner naast de andere partners zijn.

Wijzigingen in looptijd

- WINDOW fase 1 heeft volgens het projectplan een looptijd t/m september 2020. In de periode dat er binnen het consortium veel informatie-uitwisseling nodig was over uitgangspunten voor deze verkenningen, werd de communicatie bemoeilijkt door Corona-maatregelen. Daardoor is vertraging opgelopen. De afsluitende consortium bijeenkomst was in november 2020, afronding van de rapportages in december 2020. De betrokken TKI's hebben per mail goedkeuring gegeven voor verlenging van de looptijd.

Begroting en gemaakte kosten

- Er zijn géén substantiële wijzigingen tussen de begroting en de werkelijk gemaakte kosten.

Technische en organisatorische uitvoering

- Voorafgaand aan de geplande vijf verkenningen zijn quick-scans uitgevoerd. In het projectplan stonden 14 potentiële locaties genoemd. Door de project partners zijn extra locaties aangedragen, waardoor uiteindelijk 21 zijn gescreend.
- In de periode jan-feb 2020 is besproken welke locaties verder uitgewerkt worden in de vorm van een verkenning. In onderling overleg is er voor gekozen om zes verkenningen uit te voeren, één extra ten opzichte van gepland. Parallel heeft de TUD een zevende verkenning uitgevoerd. In het selectieproces zijn behalve technische en economische criteria ook juridische en maatschappelijke criteria meegewogen. Alle deelnemers waren betrokken bij het selectieproces, waarbij een open discussie over de randvoorwaarden en toepassingscondities van ondergrondse warmteopslag ontstond.
- In de periode maart-oktober 2020 zijn de verkenningen uitgevoerd. Consortiumpartners hebben bijgedragen met gegevens over energetische en ruimtelijke inpassing, uitgangspunten, financiële randvoorwaarden, juridische haalbaarheid, en bijdrage aan risico-analyses voor besluitvorming door investeerders en vergunningverleners.
- In oktober-november 2020 is in onderling overleg met de consortiumpartners een besluit genomen welke kansrijke locaties verder worden uitgewerkt in WINDOW fase 2 (thema 5 van WarmingUP). Door afstemming en terugkoppeling waren de consortiumpartners unaniem over de keuze voor de locaties.
- Gedurende de gehele looptijd van het project is gewerkt aan de projecten B, C en D, waarbij de kennis en inzichten werden uitgewisseld met project A.

Rapporten

Rapporten publiek beschikbaar via: <https://www.warmingup.info/thema/5/ondergrondse-warmteopslag>

Project A

- Kleinlugtenbelt, R., Zwamborn, M.H.. (2020) WINDOW fase 1 - Verkenning HTO Den Haag HAL. WINDOW fase 1 rapport.
- Kleinlugtenbelt, R., Zwamborn, M.H.. (2020) WINDOW fase 1 - Verkenning HTO Heerhugowaard. WINDOW fase 1 rapport.
- Kleinlugtenbelt, R., Zwamborn, M.H.. (2020) WINDOW fase 1 - Verkenning HTO Het Groene Net. WINDOW fase 1 rapport.
- Kleinlugtenbelt, R., Zwamborn, M.H.. (2020) WINDOW fase 1 - Verkenning HTO Leeuwarden. WINDOW fase 1 rapport.
- Kleinlugtenbelt, R., Zwamborn, M.H.. (2020) WINDOW fase 1 - Verkenning HTO Rotterdam Nesseland. WINDOW fase 1 rapport.
- Kleinlugtenbelt, R., Zwamborn, M.H.. (2020) WINDOW fase 1 - Verkenning HTO Tilburg. WINDOW fase 1 rapport.
- Bloemendal, M., Vardon, P.J. et al. (2020) Feasibility study HT-ATES at the TU Delft campus. WINDOW fase 1 rapport.
- Zwamborn, M.H., Kleinlugtenbelt, R. (2020) WINDOW fase 1 - A1 - Notitie vergelijking verkenningen en selectie locaties. WINDOW fase 1 rapport.

Project B

- van Bergen, F. (2020) WINDOW fase 1 Werkpakket B1 – Systeemconcepten en integratie. WINDOW fase 1 rapport.
- Dinkelman, D., van Bergen, F., Veldkamp, H. (2020) WINDOW fase 1 Werkpakket B2 – Potentieel en toepassingscondities. Geologisch model, temperatuurmodel voor de ondiepe ondergrond en potentieelkaarten voor HTO in Nederland. WINDOW fase 1 rapport.
- Valstar, J., Heinsbroek, A. (2020) WINDOW fase 1 - B3 - Koppeling model warmtenet met ondergrond. WINDOW fase 1 rapport.

Project C

- Bloemendal, M., van Lopik, J. et al. (2020) WINDOW fase 1 - C1 - Literatuurstudie brontechniek. WINDOW fase 1 rapport.
- Beernink, S., Bloemendal, M., Hartog, N. (2020) WINDOW fase 1 - C2 - Prestaties en thermische effecten van ondergrondse warmteopslagsystemen. WINDOW fase 1 rapport.
- Schout, G., Hartog, N. (2020) WINDOW fase 1 - C3 - Effecten van hoge temperatuur warmteopslag op grondwaterkwaliteit. WINDOW fase 1 rapport.

Project D

- Oerlemans, P., Bloemendal, M. (2020) WINDOW fase 1 - D1 - Juridisch achtergronddocument. WINDOW fase 1 rapport.
- Bloemendal, M., Oerlemans, P., Monier, S. (2020) WINDOW fase 1 - D1 - Discussie document afwegingskader vergunningverlening. WINDOW fase 1 rapport.

Artikelen

- Schout, G. en Hartog, N. (2021). Effecten van HTO op grondwaterkwaliteit. Tijdschrift Bodem, nummer 1 februari 2021.

Presentaties en webinars

Tijdens de projectuitvoering zijn tijdens consortium meetings (4x) en digitale workshops van de onderzoeksresultaten gedeeld.

Kennisverspreiding buiten het WINDOW consortium:

Zwamborn, M. (2019) Presentatie in het Intermediair Kennisnetwerk Bodemenergie (samenwerkingsverband tussen gemeentes en provincies)

Zwamborn, M., Pothof, I. (2020) Verkenning van ondergrondse warmteopslag in Nederland. Webinar Thema 5, 7 juli 2020.

<https://www.warmingup.info/actueel/21/webinar-verkenning-van-ondergrondse-warmteopslag-in-nederland>

Hartog, N. (2020) Effecten van HTO. Intermediair Kennisnetwerk Bodemenergie, 15 okt. 2020.

Zwamborn, M. (2020) Ondergrondse warmteopslag. Kennisplatform Bodemenergie, 23 sept. 2020.

Bloemendal, M. (2020) Bijdrage in de sessie Warmtetransitie & Bodem. Follow UP Festival – Samenwerking geeft veerkracht aan de bodem, 25 nov. 2020.

Zwamborn, M., Kleinlugtenbelt, R. (2020) Ondergrondse warmteopslag. Werksessie i.h.k.v. Nationaal Warmte Congres 2020 - Warmteweek 2020, 8 dec. 2020.

PR project

Een projectbeschrijving van WINDOW is toegevoegd in de projectenlijst van de Topsector Energie en TKI Watertechnologie, en opgenomen als thema 5 op de website van WarmingUP. Ook op de KWR-website is een projectbeschrijving opgenomen.

[Warmtevoorziening In Nederland Duurzamer met Ondergrondse Warmteopslag - Topsector Energie](#)

[WINDOW: Warmtevoorziening In Nederland Duurzamer door Ondergrondse Warmteopslag \(tkiwater Technologie.nl\)](#)

[WINDOW warmtevoorziening in Nederland duurzamer door ondergrondse warmteopslag \(KWR website\)](#)

Bijdragen in nieuwsberichten, onder andere in nieuwsbrieven van WarmingUP en in de nieuwsbrief van het kennisplatform bodemenergie.