Verkenning Randvoorwaarden UHS pilotproject in een Nederlands gasveld

Mei 2025

ebn

Publiek energiebedrijf
van en voor Nederland

Inhoudsopgave

1. **Samenvatting**

2 **Te nemen vervolgstappen**

3. **Context**

Achtergrond bij de Verkenning

Scope van de Verkenning

Verkenning Randvoorwaarden in beleidsstukken

4. **Randvoorwaarden**

Randvoorwaarde 1: gasveld beschikbaar

Randvoorwaarde 2: duidelijk gedefinieerde scope met beoogde learnings

Randvoorwaarde 3: kosten moeten gedekt worden

Randvoorwaarde 4: maatschappelijke inbedding en acceptatie

Randvoorwaarde 5: regulering en vergunningverlening

Randvoorwaarde 6: samenwerking en governance

5. **Conclusies Randvoorwaarden, Tijdlijn & Vervolg**

Samenvatting

Achtergrond

In opdracht van het ministerie van Klimaat en Groene Groei heeft Energie Beheer Nederland (EBN) in Q4 ’24 en Q1 ’25 een verkenning uitgevoerd naar de randvoorwaarden voor een demonstratieproject waarbij waterstof wordt opgeslagen in een leeg geproduceerd gasveld. Op verzoek van het ministerie lag de focus van deze verkenning op potentiële projecten en locaties die vóór 2030 operationeel kunnen zijn.

- Als onderdeel van de verkenning is er een screening van gasvelden op geschiktheid voor waterstofopslag uitgevoerd en zijn de randvoorwaarden voor een demonstratieproject van waterstofopslag in een Nederlands gasveld voor 2030 geïdentificeerd en verkend.
- De verkenning gaat niet in op nut & noodzaak van ondergrondse waterstofopslag en ook niet op mogelijke toekomstige marktmodellen en business cases, deze worden elders bekeken.
- De verkenning is op 24 april afgerond en levert de hierna volgende inzichten en aanbevelingen op.

Inzichten en Aanbevelingen

Demonstratieproject vóór 2030 haalbaar, afhankelijk van enkele kritische factoren

Het is een uitdaging, maar niet onhaalbaar, om een demonstratie voor waterstofopslag in een Nederlands gasveld op te zetten en uit te voeren vóór einde 2030. Kritische factoren met mogelijk grote impact op de tijdlijn zijn technische onzekerheden, vergunningen en financiering. Er moet zo snel mogelijk in een samenwerking naar een concreet, gefaseerd voorstel toegewerkt worden. Waterstof(opslag) is niet nieuw, lessen uit een demonstratieproject in Nederland zullen aanvullend moeten zijn op bestaande kennis en kennis die in andere projecten is/wordt opgedaan.

Verschillende gasvelden lijken geschikt voor waterstofopslag, detailanalyses nodig om haalbaarheid per veld vast te stellen

Er zijn in Nederland veel gasvelden die geschikt lijken voor ondergrondse waterstofopslag. Verdere detailanalyses zijn nodig om de werkelijke haalbaarheid van een (demonstratie)project in een gasveld vast te stellen. Naast geschiktheid gaat het ook om beschikbaarheid van een gasveld. De focus moet zijn op onshore en near-shoregasvelden nabij waterstofclusters in Noord-en Zuid-Holland.

Meerdere concepten haalbaar, keuze scope demonstratie doorslaggevend

De scope en learnings van het demonstratieproject moeten goed gedefinieerd, realistisch en haalbaar zijn. Het ontwerp hangt erg af van de scope met verschillen in formaat, duur, kosten, bron en gebruik van waterstof, etc. Er zijn meerdere concepten geanalyseerd, die allemaal haalbaar lijken. Ook de beschikbaarheid van het waterstof voor de demonstratie lijkt voldoende.

Met het oog op de maatschappelijke acceptatie van de demonstratie is het essentieel dat overheden de bekendheid van waterstofopslag vergroten en actief nut en noodzaak van de demonstratie uitdragen

Maatschappelijke inbedding en acceptatie zijn belangrijk bij het uitvoeren van de demonstratie. Hiervoor is zichtbare overheidssteun nodig, met een narratief en duidelijke kaders, op centraal en decentraal niveau.

Benut de lessen uit het demonstratieproject voor de ontwikkeling van een actueel en toekomstbestendig wet-en regelgevend kader voor waterstofopslag

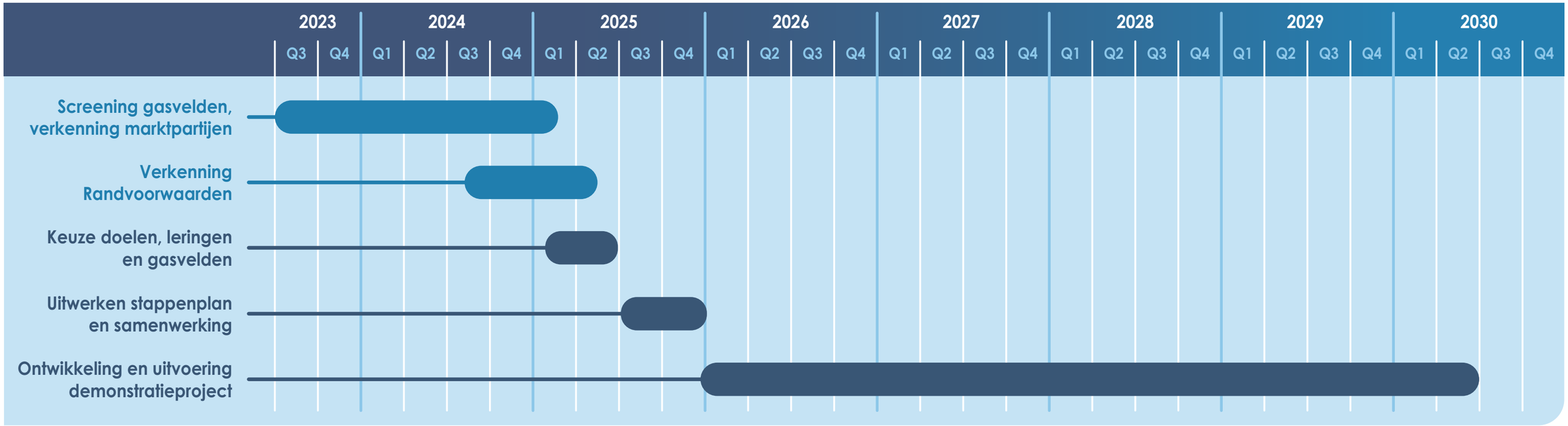
Bestaande wet-en regelgeving biedt het frame voor vergunningverlening voor een demonstratieproject, maar is hiervoor niet op maat gemaakt. Nieuwe richtlijnen moeten gefaseerd worden ontwikkeld in de komende jaren, in lijn met de fasering van het demonstratieproject. Nauwe samenwerking tussen overheid, toezichthouder en demonstratie-uitvoerders is essentieel.

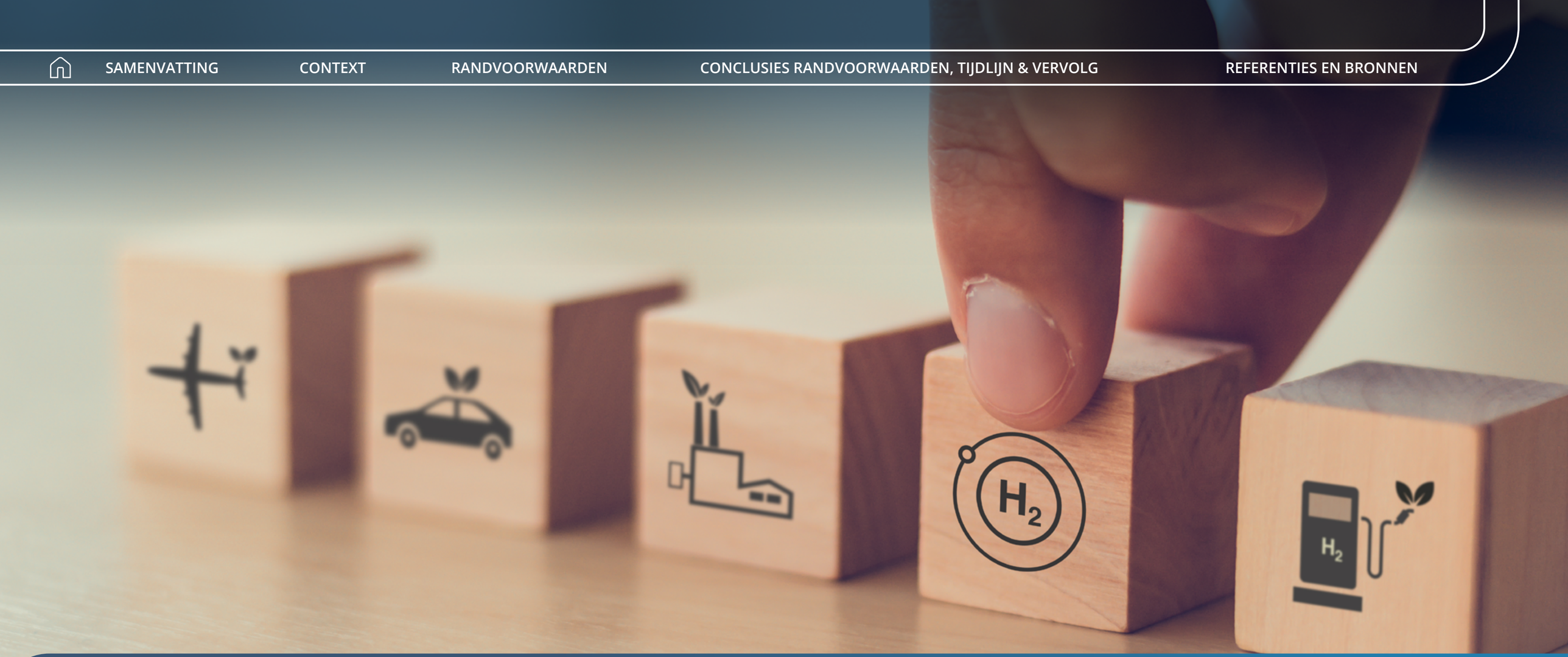
Kosten demonstratieproject sterk afhankelijk van gewenste schaal

De kosten zijn sterk afhankelijk van de gewenste informatie en daarmee gekozen scope en ontwerp. De kostenschattingen zijn nog onzeker, voornamelijk door onzekerheid in de prijs van waterstof en afhankelijk van de gekozen scope. Eerste kostenschattingen voor de concepten zijn: €10-15 miljoen voor een kleine demo en € 15-30 miljoen voor een middelgrote demo tot €150-200 miljoen voor een groot demonstratieproject. Kosten moeten in alle gevallen en in verschillende mate (deels) gedekt worden door bestaande en toekomstige subsidies schema's in Nederland en de EU.

Te nemen vervolgstappen

Naar het demonstratieproject voor waterstofopslag in een gasveld voor 2030





Context

Achtergrond bij de Verkenning

Verkenning Randvoorwaarden in beleidsstukken

Scope van de Verkenning

Veiligheid bij ondergrondse waterstofopslag

Achtergrond bij de verkenning

Belang van de pilot en van de verkenning van randvoorwaarden

In de Routekaart Energieopslag (Kamerstuk 29023, nr. 430) is voorzien dat voor einde 2030 een pilotproject voor ondergrondse waterstof-opslag in een leeg gasveld uitgevoerd moet worden en dat de randvoorwaarden hiervoor in 2024 duidelijk moeten zijn (#45 uit de actielijst). Met deze verkenning door EBN wordt deze actie ingevuld.

Waterstof speelt een grote rol in het creëren van een duurzaam, betrouwbaar en betaalbaar energiesys-teem in de toekomst. Het opslaan van waterstof in de ondergrond is daarbij een essentieel onderdeel van de waterstofketen, omdat het zorgt voor het balanceren van vraag en aanbod, en mogelijk het bieden van strategische voorraden.

Volgens het NPE groeit de behoefte van waterstofopslag in Nederland na 2030 tot tientallen cavernes en enkele gasvelden. De ontwikkeling van voldoende opslagca-paciteit voor waterstof is van essentieel belang voor de ontwikkeling van de waterstofmarkt en van groot strategisch belang voor de Nederlandse economie. De doorlooptijden voor het ontwikkelen van UHS zijn erg lang, bij de verwachte groei in behoefte komt de ontwikkeling hiervan op een kritiek pad.

Ondergrondse waterstofopslag kan plaatsvinden in zoutcavernes en in lege gasvelden op land of op zee. De opslag van waterstof in zoutcavernes op land is technisch bewezen in verschillende projecten (huidige TRL niveau 5-6). Momenteel wordt er gewerkt aan de ontwikkeling van vier opslagcavernes bij Zuidwending. Lege gasvelden bieden een aanzienlijk groter opslagpotentieel dan zoutca-vernes. De technische haalbaarheid van waterstofopslag in leeg-geproduceerde gasvelden moet nog beter worden vastgesteld (huidige TRL niveau 3-4).

Een pilot moet informatie geven over of en op welke manier waterstofopslag in gasvelden kan worden geïmplementeerd in Nederland. Voor een pilot dienen randvoorwaarden opgesteld te worden waaraan de pilot zal moeten voldoen om succesvol en veilig uitge-voerd te kunnen worden en de gewenste doelen te behalen.

EBN doet onderzoek naar belang en haalbaarheid van ondergrondse waterstofopslag in Nederland. Hierbij werkt EBN samen met een groot aantal partijen. Enkele gerap-porteerde inzichten en resultaten zijn deels afkomstig uit deze samenwerking.

Verkenning randvoorwaarden in beleidsstukken

Routekaart Energieopslag (2023):
pilot UHS in gasveld voor 2030

Routekaart Energieopslag (EZK, juni 2023) en begeleidende TK-brief DGKE-DE / 26610930 (7 juni 2023)

Instemmingsbesluit (2024):
EBN voert verkenning randvoorwaarden pilot UHS gasveld uit

Kamerbrief Voortgangsupdate routekaart energieopslag 17 februari 2025:
EBN actiehouder verkenning randvoorwaarden (2025)

TK-brief Voortgangsupdate routekaart energieopslag 2024 DGKE-DE / 96655309 (17 februari 2025)

Scope van de verkenning

Zoals afgestemd met opdrachtgever KGG

- Deze verkenning definiëert en verkent de randvoorwaarden en opzet van een demonstratieproject voor ondergrondse waterstofopslag in een Nederlands gasveld voor 2030. Deze randvoorwaarden zijn gekozen door EBN in afstemming met KGG.

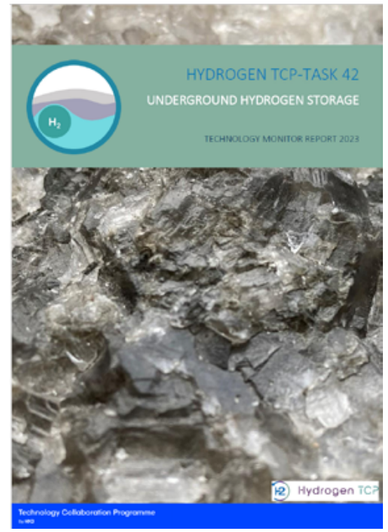
- De verkenning gaat niet in op nut & noodzaak van ondergrondse waterstofopslag en ook niet op mogelijke toekomstige marktmodellen en business cases daarvoor. Deze worden elders bekeken en vallen buiten de scope van deze verkenning.

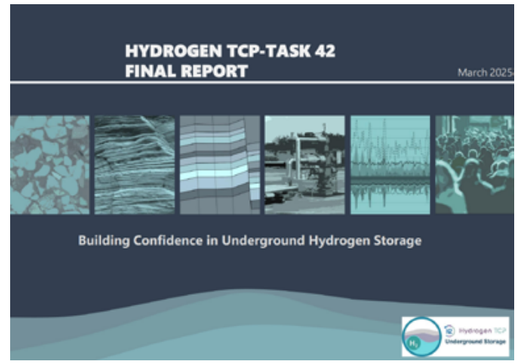
- De inzichten en resultaten van de verkenning zijn door EBN tussentijds gedeeld met en kunnen gebruikt worden door KGG TDO in beleidsontwikkeling en door de Gezant Energieopslag Nel Aland.

Veiligheid bij ondergrondse waterstofopslag

Veiligheid als randvoorwaarde staat buiten kijf

- **Veiligheid is een vanzelfsprekende voorwaarde voor ondergrondse waterstofopslag**
- In de verkenning is deze voorwaarde direct gekoppeld aan de 6 geanalyseerde voorwaarden.
- Een volledige analyse van potentiële bedreigingen, risico's en mitigerende maatregelen van UHS valt buiten de scope van de verkenning.
- Er zijn veel relevante openbare referenties beschikbaar:
  - TCP-TASK 42 UHS Technology Monitor Report (TMR – 2023)
    Download
  - TCP-Task 42 Final Report on UHS Confidence Levels (2025)
    Download
  - IEA – UHS TRL assessment reports (2022 and 2023)
- Daarnaast veel publicaties over specifieke onderwerpen.
- Er is en wordt veel relevant onderzoek naar veiligheid bij ondergrondse waterstofopslag uitgevoerd in projecten zoals HyTROS (GroenVermogenNL), EUH2STARS, HyStoreReact, HyUSPre, HyStock pilot, HyLife, KEM-28 etc. etc. voor UHS in poreuze media en UHS in cavernes, voor verschillende TRL-niveaus.





Randvoorwaarden

Randvoorwaarde 1: gasveld beschikbaar

Randvoorwaarde 2: duidelijk gedefinieerde scope met beoogde learnings

Randvoorwaarde 3: kosten moeten gedekt worden

Randvoorwaarde 4: maatschappelijke inbedding en acceptatie

Randvoorwaarde 5: regulering en vergunningverlening

Randvoorwaarde 6: samenwerking en governance

Randvoorwaarde 1 - Gasveld beschikbaar

Portfolio-analyse geschiktheid Nederlandse gasvelden voor ondergrondse waterstofopslag

Om de gasvelden te beoordelen op geschiktheid voor toekomstige ondergrondse waterstofopslag zijn een elftal criteria opgesteld (zie pagina 13) en toegepast op de Nederlandse gasveldenportfolio. Ze zijn gekozen 1) omdat deze criteria relevant zijn voor ondergrondse waterstofopslag én 2) er data van (bijna) alle velden publiek beschikbaar is voor deze criteria. Een vervolganalyse zou moeten uitwijzen of een bepaald veld echt geschikt is voor de ontwikkeling van een (demonstratie)project.

Deze screening bouwt voort op eerder werk van TNO/EBN (2018, 2021, 2023). Ook zijn inzichten meegenomen uit internationale publicaties* en uit verkenningen met enkele marktpartijen in Nederland.

Het toepassen van de screeningscriteria leidt tot de volgende classificatie:

- waarschijnlijk niet geschikt, veel geïdentificeerde risico's/onbekenden.
- misschien geschikt, maar geïdentificeerde risico's/onbekenden.
- mogelijk geschikt.

Velden die niet afgevallen zijn op basis van deze criteria, zijn niet per definitie geschikt voor ondergrondse waterstofopslag. Deze velden zijn interessant om in een veld-specifieke screening in meer detail te beoordelen.

*Bronnen o.a.: Van Klaveren et al. (2025), Dempsey & Higgs (2023), TCP (2023), TCP (2025), White (2024).

Screening methodiek

11 criteria* die relevant zijn voor ondergrondse waterstofopslag én waarvoor data voor alle velden beschikbaar en publiek is. 3x geel = rood

Criterium	**waarschijnlijk niet geschikt,** veel geïdentificeerde risico's/ onbekenden	**misschien geschikt** geïdentificeerde risico's/onbekenden	Welk risico?
1. Type koolwaterstof	Olie	Olie met gascap	Afsluitende laag niet bewezen voor gas, complexiteit
2. Volume (GIIP)	>15 Nbcm	>7,5 Nbcm	Hoge kosten
3. Seismiciteit	In het invloedsgebied Groningenveld en aquifer	In het veld	Aardbevingen
4. Geologische stratigrafie karakteristieken	Boven-Noordzee groep en Krijtkalk groep		Lekkage door de seal of lage permeabiliteit
5. Waddenzee	Velden in UNESCO en Natura2000 Waddenzee		Geen permits, sensitief gebied
6. CO_2-opslag	Porthos-velden		Permanente CO_2-opslag
7. Ontdekkingsjaar		<1976	Waterstoflekkage via oude putten
8. Temperatuur		<70°C (depth<2000m)	Verlies van waterstof en/of vorming ongewenste gassen
9. Ontwikkelfase		Gestrand Geabandoneerd	Lekkage oude putten en toegankelijkheid van het veld
10. Natuurlijke H_2S		>3,6 ppm	Hoge kosten zuivering
11. Hydraulische fracking		Fracked putten in het veld	Slechte productiviteit

Voortgaande abandonnering leidt tot verdere reductie van het aantal beschikbare velden.

Bron: Van Klaveren et al. [2025]

* Deze screening is niet specifiek voor een demonstratieproject. Verderop in het rapport (Randvoorwaarde 4, pagina 25) wordt een aantal randvoorwaarden vanuit maatschappelijk perspectief benoemd. Deze niet-technische criteria moeten ook worden meegenomen bij de keuze voor een demonstratielocatie

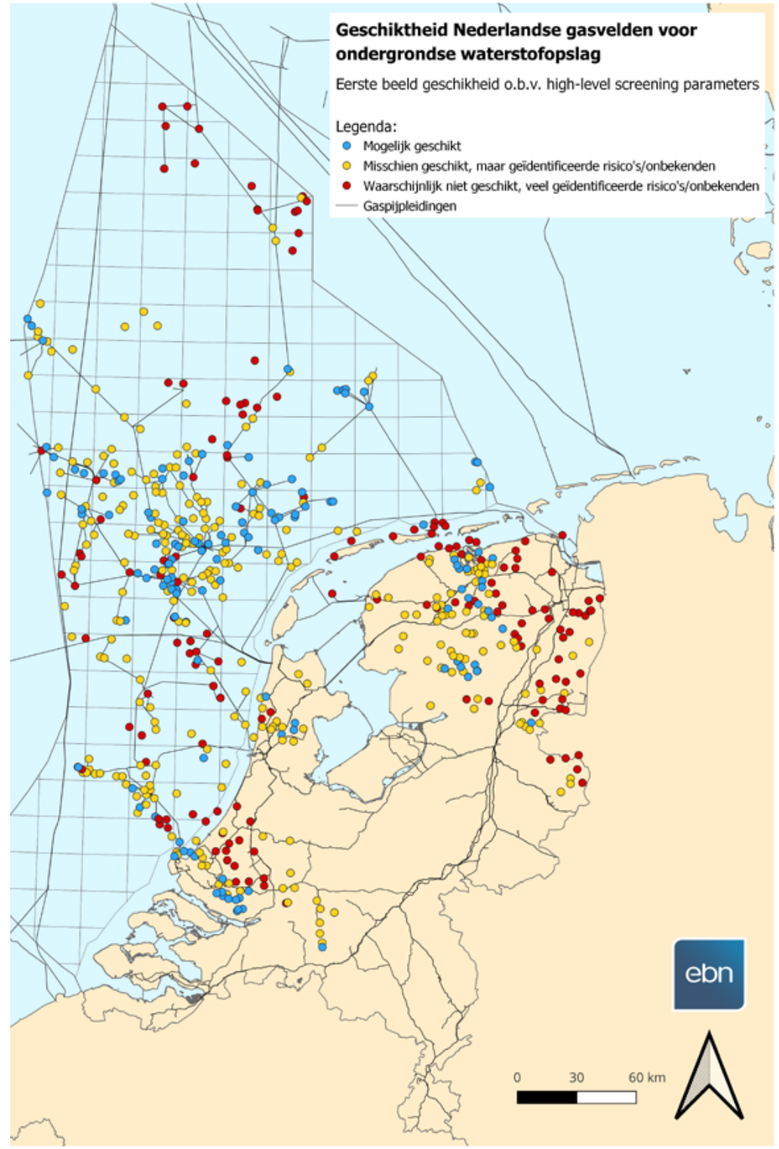
Screening methodiek

- De criteria zijn toegepast op de Nederlandse gasvelden portfolio. De kaart toont de resultaten van deze analyse.

- Uit deze analyse blijkt dat er veel potentieel is. 140 velden lijken geschikt voor ondergrondse waterstof-opslag, 280 velden lijken misschien geschikt, 160 velden lijken ongeschikt.

- Een vervolganalyse moet uitwijzen of een bepaald veld echt geschikt is voor de ontwikkeling van een (demonstratie)project. Daarbij moet gekeken worden naar bijvoorbeeld heterogeniteit van het reservoir, geometrie van het veld, productiviteit van de putten, data beschikbaarheid, beschikbaarheid van de locatie, bovengronds ruimtegebruik en maatschappe-lijk draagvlak en nabijheid van behoefte aan opslag.

- In de volgende stap is eerst gekeken naar de behoefte aan opslag in waterstofclusters.



UHS Clusters / Use Cases

Er zijn 5 waterstofclusters waar ondergrondse waterstofopslag naar verwachting een rol gaat spelen:

1. Rotterdam regio: bufferen van import/productie en doorvoer/gebruik waterstof
2. Amsterdam regio: bufferen van import/productie en doorvoer/gebruik waterstof
3. Noord-Nederland: bufferen van import/productie en doorvoer/gebruik waterstof
4. Offshore: balanceren van offshore waterstofproductie en transport
5. Offshore: offshore opslag voor de internationale waterstofmarkt

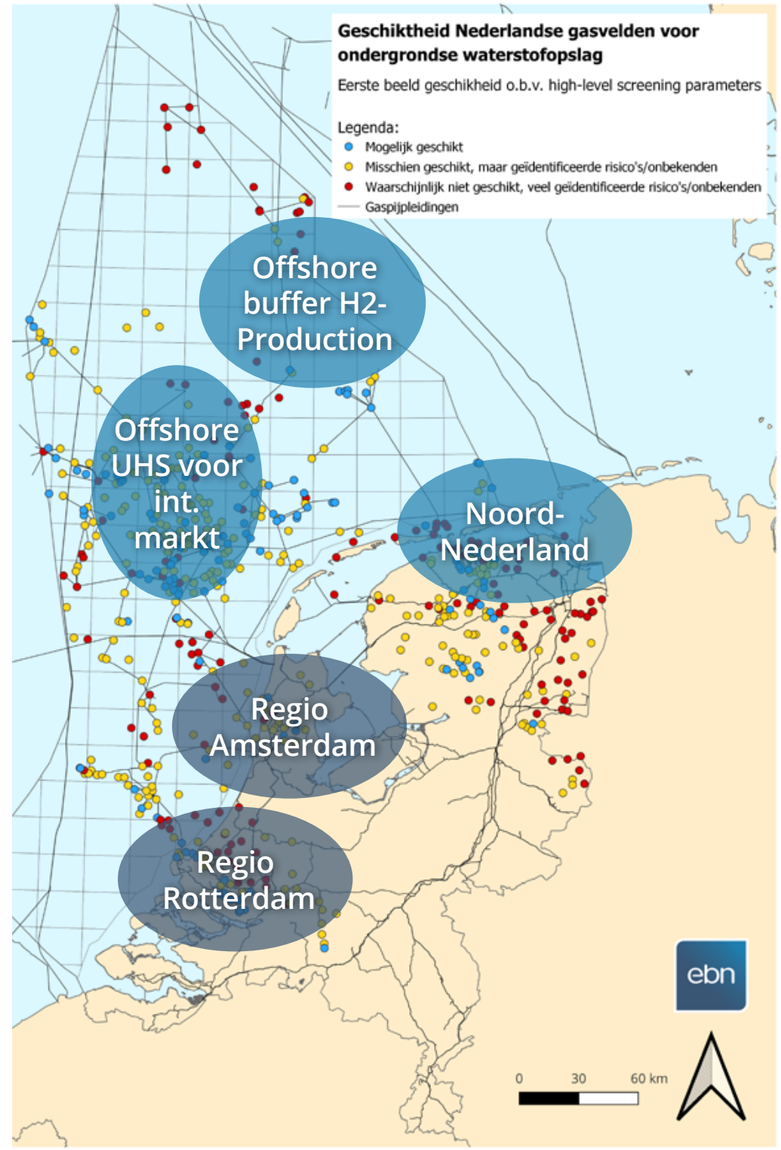
Overwegingen bij de rangschikking van de clusters op haalbaarheid en behoefte aan een demonstratieproject voor UHS in een gasveld:

- Een offshore demonstratieproject is technisch complexer en kostbaarder dan een onshore demonstratieproject. Ook zullen de tijdslijnen langer zijn offshore.
- De ontwikkeling van UHS in clusters 4 en 5 zal later in de tijd plaatsvinden. Ook zijn (generiek gezien) de meeste offshore velden te groot voor een demonstratieproject.
- In Cluster 3 is momenteel waterstofopslag in cavernes in ontwikkeling. Ook vinden in dit gebied al de nodige andere mijnbouwactiviteiten plaats, zoals gaswinning en zoutwinning".
- Clusters 1 en 2 hebben een waterstofstrategie waarin opslag van waterstof past. In beide regio's zijn er geen zoutstructuren, waardoor ze afhankelijk zijn van opslag in gasvelden. Vertraging en hogere kosten voor de waterstofbackbone maken deze afhankelijkheid groter.

Dit maakt clusters 1 en 2 de meest waarschijnlijke kandidaten voor een demonstratieproject.

UHS Projectontwikkeling in Nederland vanaf 2025

- Cluster 3: 4 cavernes (~1 TWh) begin jaren ’30 (HyStock), 10+ cavernes in 2050
- Cluster 1/2: demonstratieproject in gas veld in 2028-2030, 1 gasveld UHS rond 2035, daarna mogelijk meer



Conclusies en vervolg

Conclusies

- Er is in Nederland een groot aantal gasvelden dat geschikt lijkt voor ondergrondse waterstofopslag, ook binnen de voorkeursgebieden van de waterstofclusters.
- Detailanalyses zijn nodig om de technische en niet-technische haalbaarheid van de ontwikkeling van een (demonstratie)project in een gasveld vast te stellen. Naast geschiktheid gaat het ook om beschikbaarheid*.
- Voor een demonstratieproject moet gefocust worden op onshore en near-shore** gasvelden, nabij waterstofclusters in Noord-Holland en/of Zuid-Holland.

Vervolg

- Veldspecifieke analyses in 2025 door EBN en andere partijen.
- Resultaten van de screening worden in de loop van 2025 gepubliceerd in een whitepaper en op GeodeAtlas (www.geodeatlas.nl). De resultaten zijn ook input voor de Nationale Visie ondergrondse waterstofoplag van de Nationale Gezant Energieopslag (Nel Aland).

* beschikbaarheid van een gasveld hangt af van wanneer gestopt wordt met de productie van gas, de plannen van de mijnbouwmaatschappij(en) met een veld, de voorwaarden waaronder een veld beschikbaar is voor een demonstratieproject.

** met near-shore wordt hier bedoeld; een gasveld onder zee dat vanaf land ontwikkeld is.

Randvoorwaarde 2 - Duidelijk gedefinieerde scope en beoogde learnings

Waterstof(opslag) is niet helemaal nieuw

Een demonstratie is nodig om de haalbaarheid van waterstofopslag in gasvelden in Nederland vast te stellen. Echter is waterstofopslag in gasvelden niet volledig nieuw en onbekend. De industrie maakt al jaren gebruik van waterstof in haar processen en aardgasopslag in gasvelden vindt al decennia plaats. Daarnaast zijn er in Europa al meerdere (pilot-/demonstratie)projecten* voor waterstofopslag in de ondergrond, in cavernes en in gasvelden. De lessen uit een demonstratieproject in Nederland zullen aanvullend moeten zijn op bestaande kennis en kennis die in die andere projecten is/wordt opgedaan.

Scope

De scope van het demonstratieproject is afhankelijk van het doel van de demonstratie en de gewenste lessen en informatie, het daarbij gekozen gasveld, het beschikbare budget en hoe informatie beschikbaar gemaakt zal worden. De scope zal in een vroeg stadium duidelijk gedefinieerd moeten worden om de demonstratie succesvol te maken.

Learnings

Het doel van de demonstratie is om kennis op te doen die moet bijdragen aan het de-risken en de haalbaarheid van een grootschalig waterstofopslag project in een Nederlands gasveld. In de komende fase zal duidelijk moeten worden welke technische en niet-technische informatie essentieel is om dat doel te behalen.

* Zie TCP (2023) en TCP (2025) voor meer informatie over deze projecten. Zie https://www.rag-austria.at/ voor meer informatie over RAG's ondergrondse waterstofopslag in een gasveld in Rubensdorf, Oostenrijk

Learnings van een demonstratieproject

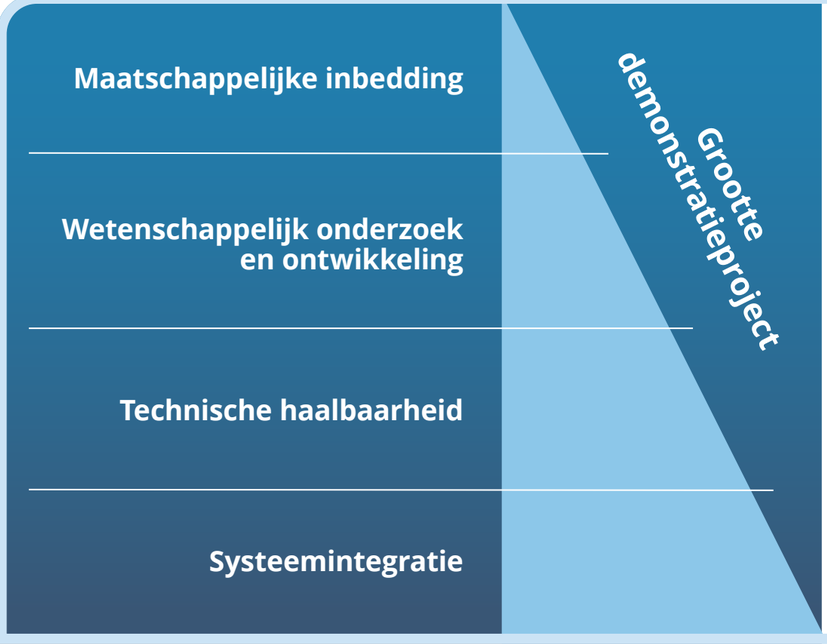
Afhankelijk van de opzet kan het demonstratieproject verschillende soorten informatie geven

- **Maatschappelijke inbedding:** Communicatie rondom en maatschappelijke inbedding van UHS worden versterkt door een demonstratie, met een adequaat narratief voor UHS.

- **Wetenschappelijk onderzoek en ontwikkeling;** Voeden van wetenschappelijk onderzoek, training van toekomstige professionals, en bijdragen aan de Human Capital Agenda – met het oog op het de-risken van de technologie, voorbij de belangen van een enkel project.

- **Technische haalbaarheid:** Technische haalbaarheid aantonen van ondergrondse waterstofopslag in een Nederlands gasveld en gasopslagen - van een enkel veld, van meerdere velden of van meerdere typen velden.
  - Waarborg veiligheid en geef input voor toekomstige ontwikkeling van regelgeving (de-risking van veiligheid)
  - Ontwikkel technisch potentieel (de-risking van de technologie)
  - Optimalisatie van het ontwerp en de lifecycle operations van een volwaardig project (de-risking van 1 of meer projecten)

- **Systeemintegratie:** Informatie inwinnen om de energiesysteem waarde van waterstof opslag in Nederlandse gasvelden te bepalen.
  - Potentiële waarde creëren van waterstofopslag in waterstofhubs voor toekomstige gebruikers van waterstofopslag (chemische industrie, energiecentrales, waterstofproducenten



Demonstratieproject concept

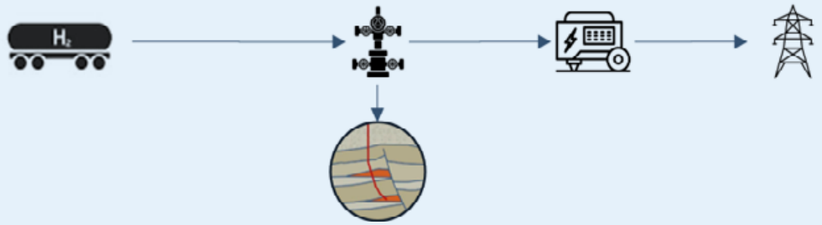
De scope heeft impact op de opzet van de demonstratie (formaat, duur, kosten) en daarmee het design van haalbare concepten. Een het demonstratieproject (d.w.z. met een groter waterstofvolume, langere operaties) kan ons meer leren over de technische haalbaarheid terwijl de omvang minder impact heeft op leringen rondom communicatie. Een afweging moet gemaakt worden betreffende het formaat, kosten en de gewenste informatie. Het formaat, duur en kosten van de demonstratie zijn ook afhankelijk van de locatie.

Haalbare concepten voor een demonstratieproject in een gasveld

Beoogde learnings bepalen het concept van een demonstratieproject. Onderstaande concepten geven een indicatie van de omvang en technologie.

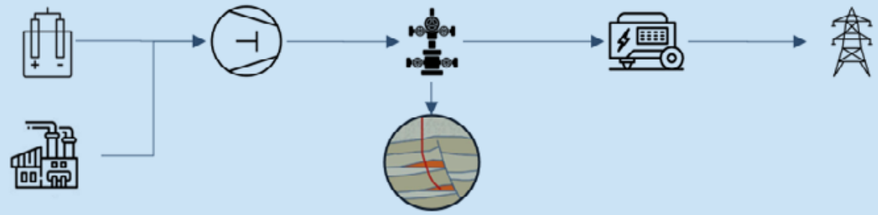
Low/small concept

- Duur demonstratieproject 0,5-1 jaar
- 20 ton H2, aangeleverd door tube trailers (0,5 ton per truck)
- Compressie door tube trailer (400 bar)
- Na scheiding van potentiële vervuilingen (H2S, water, vaste deeltjes), wordt de geproduceerde H2 omgezet in elektriciteit en aan het net geleverd



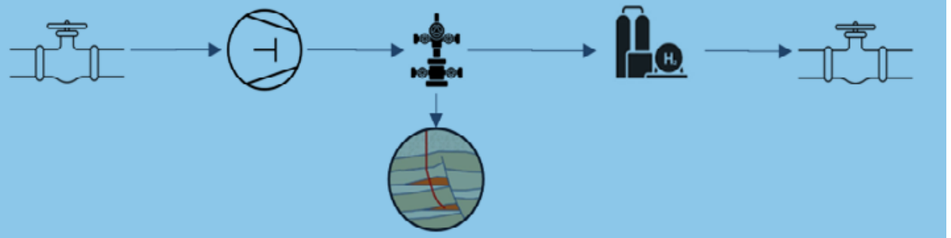
Midconcept

- Duur demonstratieproject 1-1,5 jaar
- 200 ton H2, op locatie gegenereerd (m.b.v. SMR/elektrolyse)
- Compressor voor injectie H2 en potentieel voor productie
- Na scheiding van potentiële vervuilingen (H2S, water, vaste deeltjes), wordt de geproduceerde H2 omgezet in elektriciteit en aan het net geleverd



High/large concept

- Duur demonstratieproject 2-3 jaar
- 20.000 ton H2, aangeleverd door een pijpleiding vanaf waterstofcluster
- Compressor voor injectie van H2 en potentieel voor productie
- Na scheiding van potentiële vervuilingen (Hydrocarbons, H2S, water, solid-particles), wordt de geproduceerde H2 terug geleverd aan het H2 cluster



*** Voor alle concepten gelden deze aannames:**

- Hergebruik van bestaande putten
- Kwaliteit en volume metingen tijdens injectie en productie van waterstof

Beschikbaarheid waterstof in Nederland

Low en Mid concepten zijn haalbaar, High concept is uitdagend

Waterstofmarkt in ontwikkeling

Op dit moment is de waterstofmarkt niet volwassen:

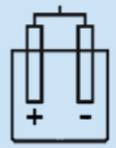
- Grijze waterstof wordt in significante hoeveelheden geproduceerd. Echter wordt deze waterstof vaak direct op locatie gebruikt in de industrie, voornamelijk in raffinaderijen.
- Blauwe en groene waterstof projecten zijn nog in de ontwikkelfase. Momenteel is er geen significante productiecapaciteit beschikbaar.
- Het is de verwachting dat in 2030 meer productiecapaciteit beschikbaar zal zijn.

Ordegrootte

Port of Rotterdam	Port of Rotterdam	chemelot	
Huidige jaarlijkse H2 productie	Jaarlijkse H2 productie in 2030	Huidige jaarlijkse H2 productie	Holland Hydrogen 1 jaarlijkse productie
~500 kT	~5.000 kT	~200 kT	~20 kT

Low/small concept

- 20 ton waterstof aangeleverd per truck
- 40-50 trucks nodig
- Deze hoeveelheden waterstof zouden beschikbaar moeten zijn
- Kleur H2: waarschijnlijk grijs, in 2030 misschien ook blauw of groen
- Conclusie: **Haalbaar**



Mid concept

- 200 ton waterstof gegenereerd op locatie
- 3 MW electrolyser nodig (of SMR van vergelijkbaar formaat)
- Geen waterstof nodig, aangezien het op locatie wordt gegenereerd. Wel een grote E/gas netaansluiting nodig
- Kleur H2: Groen, of grijs in geval van SMR
- Conclusie: **Haalbaar**

High/large concept

- 20.000 ton waterstof aangeleverd vanaf H2 cluster
- 20 kiloton zal uitdagend zijn in de huidige waterstof-markt. Tijdig aankopen van waterstof is essentieel
- 4% van huidige H2 productie in Rotterdamse haven (0,4% in 2030)
- 100% of HH1 capaciteit
- Conclusie: **Uitdagend**

Conclusies en vervolg

Conclusies

- De scope en beoogde learnings van de demonstratie moeten goed gedefinieerd zijn. En de scope moet realistisch en haalbaar zijn.
- Het concept en ontwerp (met verschillen in formaat, duur, kosten, bron van waterstof, etc.) hangen af van de scope.
- Er zijn meerdere concepten met verschillende formaten voor een demonstratie geanalyseerd, deze blijken voorlopig haalbaar.
- De beschikbaarheid van benodigde waterstof voor de demonstratie zal waarschijnlijk ook voldoende zijn.

Vervolg

- De gewenste informatie en leringen (met onderscheid in should/couldhaves) zullen in de komende fase opgesteld moeten worden en de scope van de demonstratie zal daarop gebaseerd worden. Met een verdere uitwerking van de haalbaarheid en kosten van verschillende concepten.

Randvoorwaarde 3 - Kosten moeten gedekt zijn

Eerste kostenschatting voor drie haalbare concepten

Kostenschatting

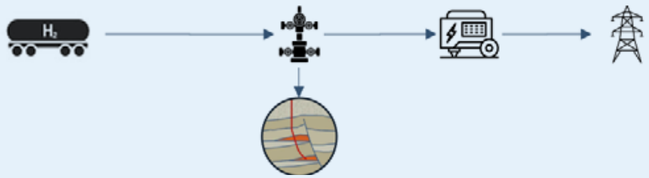
- De kostenschattingen zijn een ordegrootte schatting voor de drie haalbare concepten. Voor alle concepten zijn de kostendrijvers in beeld gebracht.
- Ontwikkelingskosten voor de demonstratie zijn niet meegenomen in deze schatting. Afhankelijk van het concept zullen deze ontwikkelingskosten rond de 1-3 miljoen EUR liggen. Dit zijn kosten gemaakt tijdens het verder ontwikkelen van het project zoals; technisch design, sociale inbedding, vergunningstraject, communicatie, etc..

Waterstofprijs

- In de schatting is uitgegaan van groene waterstof met een conservatieve prijs van 5 en 7,5 EUR/kg. Ook wordt verwacht dat de waterstof na gebruik in het demonstratieproject nog enige waarde heeft.
- De prijs van waterstof heeft een grote impact op de kosten van het demonstratieproject, gebruik van grijze of blauwe waterstof kan de kosten significant reduceren.

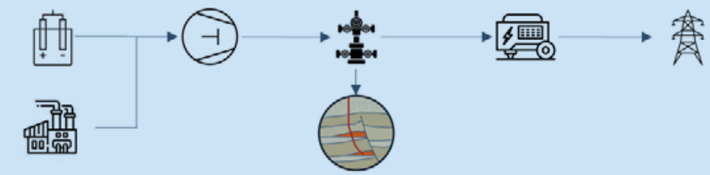
Low/small concept

- Kosten H2 (20t): 0,1 –0,15 mln EUR
- Kostendrijver: well completion 2 –5 mln EUR
  - Total 10 –15 mln EUR
- Potentiële return: 600 MWh H2 –› 400 MWh E –› +/- 50k EUR



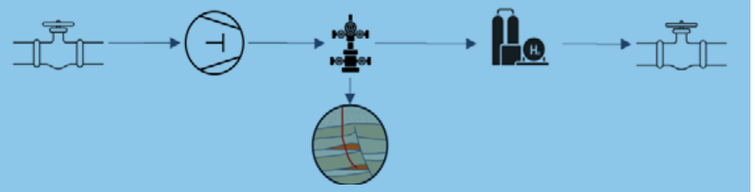
Midconcept

- Kosten H2 (200t): 1 –1,5 mlnEUR
- Kostendrijver: Electrolyser/SMR 5 –10 mln EUR
  - Total 15 –30 mln EUR
- Potentiële return : 6000 MWh H2 –› 4000 MWh E –› +/- 500k EUR



High/large concept

- Kosten H2 (20kt): 100 –150 mln EUR
- Kostendrijver: H2
  - Total 150 –200 mln EUR
- Potentiële return : 18 kt H2 –› 36 mln EUR (als grijze H2)



Financieringsopties (quick scan)

Financieringsopties

- **Private investeringen**
  Door ontbrekende opbrengsten tijdens een demonstratieproject zal project financiering geen optie zijn en zullen private investeringen minimaal zijn.

- **Financiering met support schemes**

CAPEX subsidie	Beste optie voor demonstratie projecten
Lening	Voorwaarden moeilijk vast te stellen
Contract for difference	Geen opbrengsten dus niet mogelijk
Minimum revenue floor	Geen opbrengsten dus niet mogelijk

Voorbeelden

- EUH2Stars (2025-2029)
  - 20 mln EUR – Horizon Europe subsidy
- RAG – Underground Sun Storage (2030)
  - Austria climate and energy fund
- Hystock (~2030)
  - 162 mln EUR
- HyNetwork Systems
  - 745,8 mln EUR – investering waterstofbackbone

NL subsidies

Voor:
- Maatwerk mogelijk
- Snel
- Efficiënt

Tegen:
- Moet in lijn zijn met EU
- Veel concurrentie

Subsidie	Scope fit	Budget fit	Timing fit
HyTROS II	Hoog	Laag	Hoog
TKI new gas	Gemiddeld	Laag	Laag
GroenVermogenNL	Gemiddeld	Hoog	Hoog
TSE industries	Gemiddeld	Laag	Geen fit
Klimaatfonds	Hoog	Hoog	Hoog
DEI+	Hoog	Hoog	Hoog
Afgebakende opdracht (SCAN)	Hoog	Hoog	Hoog

EU subsidies

Voor:
- EU samenwerking
- Gezamenlijke kennisontwikkeling
- Veel subsidie beschikbaar
- EUH2Stars als voorbeeld

Tegen:
- Complexer
- Lang proces
- Moet grensoverschrijdend zijn

Subsidie	Scope fit	Budget fit	Timing fit
IPCEI	Laag	Hoog	Hoog
Innovation fund	Hoog	Hoog	Hoog
Connection Europe (energy)	Laag	Gemiddeld	Laag
Horizon Europe (cluster 5)	Hoog	Hoog	Laag
Just transition fund	Laag	Hoog	Laag
InvestEU (Sustainable infra)	Gemiddeld	Hoog	Laag

Conclusies en vervolg

Conclusies

- De kosten zijn sterk afhankelijk van de beoogde learningsen daarmee gekozen scope en ontwerp.
- De kostenschattingen zijn onzeker, met name door de waterstofprijs en de afhankelijkheid van de scope.
- Eerste kostenschattingen voor de concepten zijn: €10-15 miljoen voor een kleine demo en € 15-30 miljoen voor een middelgrote demo tot €150-200 miljoen voor een groot demonstratieproject.
- Kosten moeten deels gedekt worden door subsidies, afhankelijk van of het een voorinvestering voor een commercieel project is.
- Bestaande en geplande subsidies (NL&EU) kunnen een match zijn, voorwaarden en tijdlijnen verschillen.

Vervolg

- Gedetailleerde screening mogelijke subsidies en de voorwaarden daarvan, in lijn met de voorgestelde fasering van het demonstratieproject.

Randvoorwaarde 4 - maatschappelijke inbedding en acceptatie

Maatschappelijke inbedding en acceptatie zijn erg belangrijk voor waterstofopslag, en dus ook voor een demonstratie project voor ondergrondse waterstofopslag in een Nederlands gasveld.

Hiervoor kunnen er ook lessen getrokken worden uit het verleden, bijvoorbeeld de Barendrecht casus, waar een pilot voor ondergrondse opslag van CO_2 werd voorgesteld. Deze werd technisch veilig en haalbaar geacht, maar waar de maatschappelijke weerstand dermate groot was dat het project afgeblazen is.

Een aantal randvoorwaarden vanuit maatschappelijk perspectief voor een UHS demonstratie worden benoemd. En de daaruit volgende niet-technische criteria die voor het screenen van velden voor een demonstratie meegenomen moeten worden.

Waarom zijn maatschappelijke inbedding en acceptatie erg belangrijk voor waterstofopslag?

- Steun voor mijnbouwactiviteiten is in Nederland niet meer vanzelfsprekend.
- Traditionele methoden van projectontwikkeling zijn niet meer toereikend en meer aandacht voor maatschappelijke factoren is noodzakelijk.
  Van: focus vaak op techniek en economie, niet op maatschappelijke vraagstukken, vertegenwoordiging van zeer weinig belangen, expertgedreven, cyclus: Decide, Announce, Defend and Abandon (Beslissen, Aankondigen, Verdedigen en Verlaten).
  Naar: Meer focus op maatschappij en stakeholders, brede maatschappelijke waardecreatie als uitgangspunt, lasten en lusten anders verdelen (bijvoorbeeld via lokaal eigenaarschap of een omgevingsfonds).
- Ondergrondse waterstofopslag is in Nederland nog een (relatief) onbewezen technologie. Een demonstratieproject is een eerste 'ervaring' en beeldbepalend, opslag in cavernes heeft een 'spillover'-effect in het beeld dat mensen hebben van opslag in gasvelden.
- Over de percepties rondom waterstof-en waterstopopslag is nog weinig bekend. Verschillende onderzoeksprogramma's, waaronder EUH2STARS, zijn daarom bezig om dit in kaart te brengen.

Randvoorwaarden vanuit maatschappelijk perspectief voor een UHS demonstrattie

- Overheidssupport op: alle niveaus, nationaal en regionaal/lokaal, met een heldere, gedeelde visie en verhaal van de overheid waarom waterstofopslag nodig is en voor wie

- Heldere scoping van de demonstratie: waar zegt men ja tegen? Gaat dit om een tijdelijke, wetenschappelijke demonstratie of is dit mogelijk het begin van een langdurig project?

- Clusteraanpak waar opslag, opwek en gebruik van waterstof dicht bij elkaar worden georganiseerd

- Consortium waar meerdere partijen (publiek en privaat) skin in the game hebben

- Duidelijke spelregels: hoe wordt toezicht gehouden op de demonstratie en door wie? En waar kunnen betrokken stakeholders terecht met vragen en bezwaren?

- Onderbouwde locatiekeuze, waarbij ook niet-technische aspecten (zwaar) worden meegewogen, zoals bijvoorbeeld seismiciteit, bodemdaling, natuur en leefomgeving

- Stakeholderengagement niet als 'sluitstuk', maar als vertrekpunt, waarbij de lokale gemeenschap op systematische wijze een plek krijgt in de projectontwikkeling

Randvoorwaarden vanuit maatschappelijk perspectief voor een UHS demonstratieproject

We onderscheiden 4 dimensies en 15 aspecten om vanuit een maatschappelijk perspectief te analyseren hoe geschikt een gasveld is voor een demonstratieproject voor ondergrondse waterstofopslag.
Deze zijn kwalitatief toegepast op gasvelden in de provincies Noord-Holland en Zuid-Holland. Een meer gedetailleerde analyse is vereist, op een kleine set gasvelden. Follow-up gaat o.a. plaatsvinden in een survey binnen het EUH2STARS programma.

Dimensies	Aspecten
Physical	Distance to Natura 2000 areas Distance to H2 backbone / Hydrogen Source / Offtaker Distance to houses/building Infrastructure - routes for supplying H2 - pipelines or trucks
Commercial	Current permit situation Permit for UHS possible Cessation of Production Owners field Commercial opportunities in the area (supply, demand etc.)
Safety	Seismicity category Subsidence risk
Stakeholders	Number of residents in area Important stakeholders Strategic policy fit Current relationship with important stakeholders

Niet-technische screening criteria die gebruikt moeten worden voor het screenen van velden voor een demonstratieproject

Conclusies en vervolg

Conclusies

- Maatschappelijke inbedding en voldoende draagvlak zijn belangrijk voor het uitvoeren van het demonstratieproject.
- Hiervoor is zichtbare overheidssteun op centraal en decentraal niveau nodig, met een narratief en duidelijke kaders.
- Maatschappelijke steun is een optelsom van meerdere factoren en is niet constant.

Vervolg

- Verder onderzoek op clusterniveau met als doel om beter begrip te krijgen van de maatschappelijke inbedding en acceptatie op regionaal en lokaal niveau.
- Deelname aan onderzoeksprojecten (o.a. in EUH2STARS, HyTROS) en vertalen van lessen uit het buitenland (Oostenrijk, Spanje) naar de Nederlandse context.

Randvoorwaarde 5 - Regulering en vergunningverlening

Samenvatting en Vervolg

- Bestaande wetgeving biedt het frame voor vergunningverlening voor een demonstratieproject. Maar een dergelijk project van waterstofopslag in een gasveld zal in een aantal opzichten een first of a kind project zijn, en de bestaande wet-en regelgeving is hiervoor niet op maat gemaakt.
- Nieuwe richtlijnen en inzichten moeten gefaseerd worden ontwikkeld in de komende jaren, in lijn met de fasering van het demonstratieproject. En een demonstratie kan ook bijdragen aan de ontwikkeling van wet- en regelgeving.
- Nauwe samenwerking tussen overheden, toezichthouders en demonstratie-uitvoerders is essentieel.
- Ook vanwege duidelijke kaders en normen die nodig zijn. Belangrijke vraag: wat zijn acceptabele risico's?

Voorbeelden:

- CCS, UGS, Zuidwending en de bestaande en toekomstige Richtsnoeren voor veiligheid van waterstof moeten meegenomen worden.
- Leringen en voorbeelden uit EUH2STARS en andere projecten

Randvoorwaarde 6 - samenwerking en governance

Waarom een demonstratieproject?

Een demonstratieproject is de opstap tot veilige ontwikkeling van UHS in een waterstofhub en tot veilige ontwikkeling van UHS breder in Nederland

- **2023/2024/2025** – UHS-veldscreening en identificatie van kansen
- **2025** – keuze veldkandida(a)ten, vorming consortium, eerste ontwerp
- **2026-2028** – detailontwerp demonstratieproject
- **2028-2030** – uitvoering demonstratie en analyse resultaten
- **2030-2035** – ontwikkeling van het eerste volwaardige UHS-project in gasveld, met leringen uit het demonstratieproject
- **2035+** - mogelijk ontwikkeling van 1 of meer volwaardige UHS-projecten elders in NL (indien nodig), met de leringen uit het demonstratieproject

RAG underground hydrogen storage facility, Rubensdorf , Oostenrijk

Verschillende typen partners en specifieke partijen zijn nodig om aan de randvoorwaarden te voldoen

Randvoorwaarde	Belangrijke aspecten	Mogelijke type partner / specifieke partijen
Gasveld en perceel beschikbaar	Op de juiste locatie, op het juiste moment, met een operator voor het demonstratieproject, aangesloten op de vereiste infrastructuur.	Gasveld operator en partners 'landlord', eigenaar/beheerder infrastructuur
Maatschappelijke inbedding en acceptatie	Narratief en lokaal stakeholdermanagement Overheidssteun op alle niveaus (narratief, kaders)	KGG, provincies, lokale autoriteiten en stakeholders
Goed gedefinieerde scope	Uitvoeren van R&D en implementatie Stepping stone naar UHS in waterstofhub Aanvoer en afname van waterstof	R&D-organisaties inclusief TNO, onderwijs Lokale overheden, waaronder RES en havens. Toekomstige leverancier(s) en gebruiker(s) van waterstof
Financiering	Beschikbaarheid van voldoende subsidies (NL en EU)	KGG, RVO, NWO, GVNL, TKI Nieuw Gas, EU
Regelgeving en vergunningen	Veiligheid first of a kind project in Nederland	KGG, SODM, provincie, lokale autoriteiten

Verschillende rollen zijn nodig om een demonstratieproject uit te voeren

- **Operationele capaciteit en verantwoordelijkheid**
  - Voor het opereren van een demonstratieproject in een onshore of near-shore gasveld
  - Met een operator die de ‘ins en outs’ van het gasveld kent. Hiervoor zijn er weinig opties
  - Met partijen die de waterstof die nodig is bij de demonstratie, kunnen leveren voor injectie en afnemen na terugproduceren.
  - Met partijen die ervaring hebben met ondergrondse moleculenopslag

- **Technische capaciteit en verantwoordelijkheid**
  - Vraagt om partijen die actief deelnemen aan onderzoek en ontwikkeling van UHS (in NL)
  - En/of relevante kennis van ondergrondse moleculenopslag hebben
  - En die daarmee relevante kennis, expertise en data inbrengen

- **Bestuurlijke verantwoordelijkheid**
  - Vraagt om koploper(s) in stakeholdermanagement en financiering
  - En een voorloper in het proces van vergunningsprocessen en maatschappelijke inbedding
  - Belangenbehartiger van of nauw verbonden met lokale stakeholders

- **Voldoende langetermijnbelang (skin in the game)**

- **Overheid heeft een belangrijke rol in tijdig faciliteren en steunen**

RAG underground hydrogen storage facility, Rubensdorf , Oostenrijk

Conclusies Randvoorwaarden, Tijdlijn & Vervolg

Conclusies Randvoorwaarden
Conclusies tijdlijn
Vervolgstappen
Referenties en Bronnen

Conclusies Randvoorwaarden

Inzichten en Aanbevelingen

Verschillende gasvelden lijken geschikt voor waterstofopslag, detailanalyses nodig om haalbaarheid per veld vast te stellen

Er zijn in Nederland veel gasvelden die geschikt lijken voor ondergrondse waterstofopslag. Maar detailanalyses zijn nodig om de werkelijke haalbaarheid van een (demonstratie)project in een gasveld vast te stellen. Naast geschiktheid gaat het ook om beschikbaarheid van een gasveld. De focus moet zijn op onshore en near-shoregasvelden nabij waterstofclusters in Noord-en Zuid-Holland.

Meerdere concepten haalbaar, keuze scope demonstratie doorslaggevend

De scope en gewenste informatie van het demonstratieproject moeten goed gedefinieerd, realistisch en haalbaar zijn. Het ontwerp hangt erg af van de scope met verschillen in formaat, duur, kosten, bron en gebruik van waterstof, etc. Er zijn meerdere concepten geanalyseerd, die allemaal haalbaar lijken. Ook de beschikbaarheid van het waterstof voor de demonstratie lijkt voldoende.

Kosten demonstratieproject sterk afhankelijk van gewenste scope en schaal

De kosten zijn sterk afhankelijk van de gewenste informatie en daarmee gekozen scope en ontwerp. De kostenschattingen zijn nog onzeker, voornamelijk door onzekerheid in de prijs van waterstof en afhankelijk van de gekozen scope. Eerste kostenschattingen voor de concepten zijn: €10-15 miljoen voor een kleine demo en € 15-30 miljoen voor een middelgrote demo tot €150-200 miljoen voor een groot demonstratieproject. Kosten moeten in alle gevallen en in verschillende mate (deels) gedekt worden door bestaande en toekomstige subsidies schema's in Nederland en de EU.

Met het oog op de maatschappelijke acceptatie van de demonstratie is het essentieel dat overheden de bekendheid van waterstofopslag vergroten en actief nut en noodzaak van de demonstratie uitdragen

Maatschappelijke inbedding en acceptatie zijn belangrijk bij het uitvoeren van de demonstratie. Hiervoor is zichtbare overheidssteun nodig, met een narratief en duidelijke kaders, op centraal en decentraal niveau.

Benut de lessen uit het demonstratieproject voor de ontwikkeling van een actueel en toekomstbestendig wet- en regelgevend kader voor waterstofopslag

Bestaande wet-en regelgeving biedt het frame voor vergunningverlening voor een demonstratieproject, maar is hiervoor niet op maat gemaakt. Nieuwe richtlijnen moeten gefaseerd worden ontwikkeld in de komende jaren, in lijn met de fasering van het demonstratieproject. Nauwe samenwerking tussen overheid, toezichthouder en demonstratie-uitvoerders is essentieel.

Demonstratieproject vóór 2030 haalbaar, de haalbaarheid hangt af van een aantal kritische factoren

Het is een uitdaging, maar niet onhaalbaar, om een demonstratie voor waterstofopslag in een Nederlands gasveld op te zetten en uit te voeren vóór 2030. Kritische factoren met mogelijk grote impact op de tijdlijn zijn technische onzekerheden, vergunningen en financiering. Om de demonstratie vóór 2030 uit te kunnen voeren, moet er zo snel mogelijk in een samenwerking naar een concreet, gefaseerd voorstel toegewerkt worden.

Conclusies tijdlijn

- Qua tijd is het een uitdaging, maar haalbaar, om een demonstratieproject voor waterstofopslag in een Nederlands gasveld op te zetten en uit te voeren vóór 2030

- Er zijn enkele kritische factoren met mogelijk grote impact op de tijdlijn voor een demonstratieproject. Deze omvatten technische onzekerheden, vergunningen en financiering.

- Om de demonstratie vóór 2030 uit te kunnen voeren, moet er zo snel mogelijk in een samenwerking naar een concreet voorstel toegewerkt worden

- Met meer details over de fasering van het project en de vereiste activiteiten en partijen om aan de uitdagende tijdlijnen te voldoen

Vervolgstappen voor de ontwikkeling van een demonstratie voor waterstofopslag in een Nederlands gasveld vóór 2030

- Bepaal de **doelen en leringen** van de het demonstratieproject en kies **gasvelden voor detailanalyses** bij de waterstofclusters in Noord-Holland en Zuid-Holland, op basis van technische en niet-technische criteria.

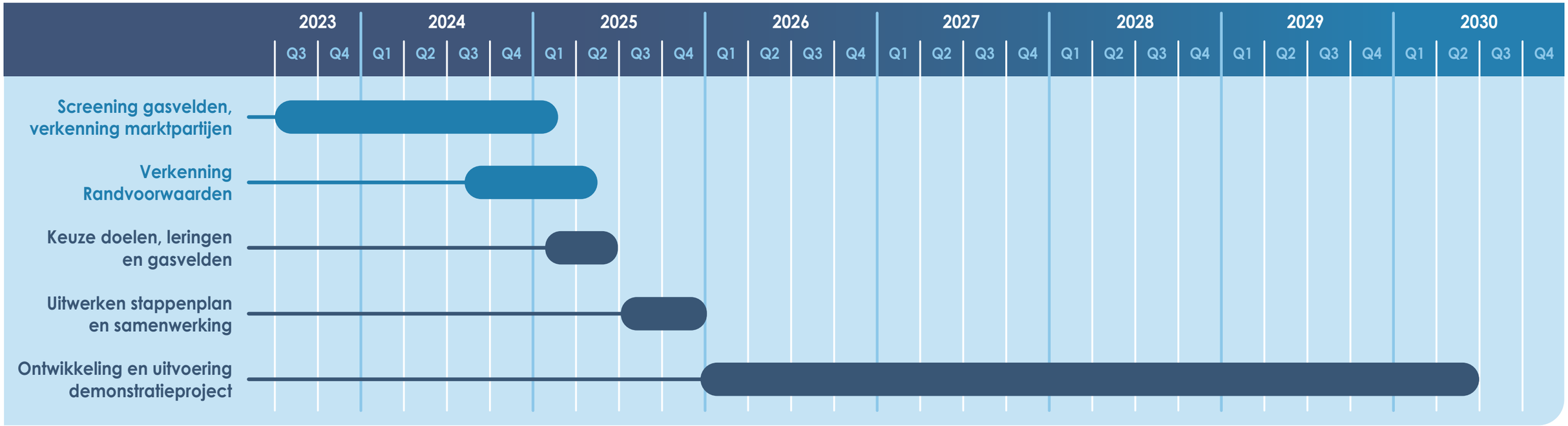
- Vorm een **samenwerking**–partijen met verschillende rollen die samen aan de randvoorwaarden kunnen voldoen.

- Ontwikkel daarmee in 2025 het gefaseerde **stappenplan** voor de ontwikkeling van de demonstratie.
  - Met een plan voor **communicatie en maatschappelijke inbedding.**
  - Met **de concepten** voor de doelen van de demonstratie.
  - Met een **financieringsplan** van opeenvolgende fasen.
  - Met een invulling van de **wet-en regelgeving** en **vergunningtrajecten** in opeenvolgende fasen.
  - En een fit-for-purpose **onderzoeksagenda** waarin stapsgewijs de relevante vragen voor de demonstratie beantwoord worden.

- Succesfactoren daarbij zijn:
  - Behoud momentum, met concrete acties.
  - Kom zo snel mogelijk tot shortlist van velden en operator(s), en bepaal de doelen van de demonstratie.
  - Behoefte aan “orchestrator” van het proces.
  - Gefaseerde ontwikkeling van demonstratie tot en met uitvoering (met verschillende bronnen van financiering).
  - De wens om voor einde 2030 een demonstratieproject te realiseren is ambitieus en vereist een strakke tijdsplanning.

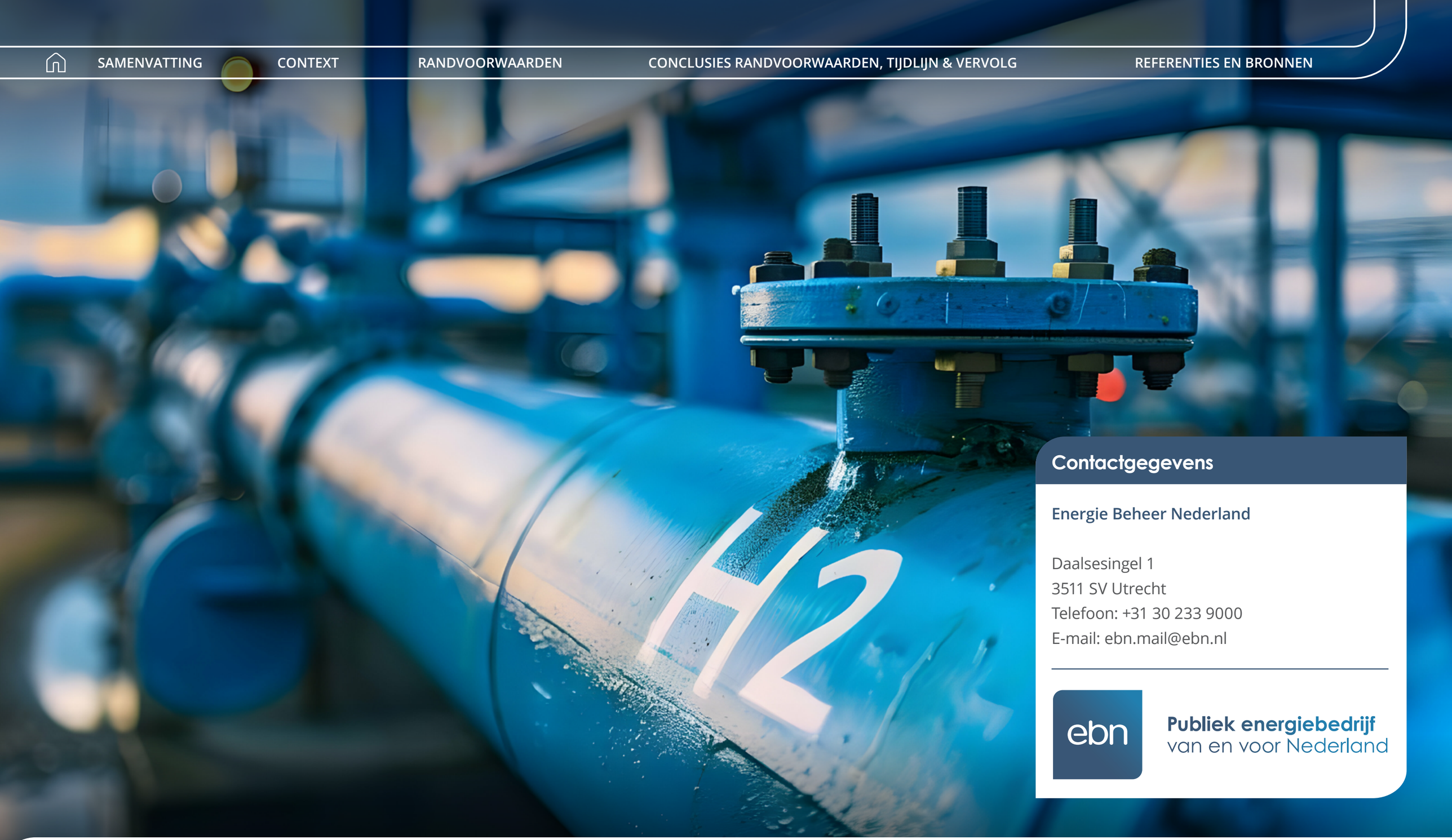
Te nemen vervolgstappen

Naar het demonstratieproject voor waterstofopslag in een gasveld voor 2030



Referenties en Bronnen

1. **TNO/EBN (2018)** -Ondergrondse Opslag in NL: Technische Verkenning
2. **TNO/EBN (2021)** -Ondergrondse Energieopslag in NL 2030-2050; Technische evaluatie vraag en aanbod
3. **TNO/EBN (2022)** -Haalbaarheidsstudie Offshore Ondergrondse Waterstofopslag
4. **TCP (2023)** - Hydrogen TCP-Task 42, “Underground Hydrogen Storage: Technology Monitor Report”
5. **TCP (2025)** - Hydrogen TCP-Task 42, “Building Confidence in Underground Hydrogen Storage”.
6. **TCP-webinar 7 December 2023** - **David Dempsey** (University of Canterbury, NewZealand **and Karen Higgs** (external consultant) on the project **“Pūhiko Nukutū: A green hydrogen geostorage battery for Taranaki”**.
7. **UHS Summer School 2024 Edinburgh presentatie 11 juli 2024** - “Screening ranking and selection” by **Prof. Josh White** (LLNL, USA)
8. **Van Klaveren et al. (2025, in voorbereiding)** - Portfolio-analyse geschiktheid Nederlandse gasvelden voor ondergrondse waterstofopslag



Contactgegevens

Energie Beheer Nederland

Daalsesingel 1
3511 SV Utrecht
Telefoon: +31 30 233 9000
E-mail: ebn.mail@ebn.nl

Publiek energiebedrijf
van en voor Nederland