

**Rapport: Onderzoek
waterstof uit zout water
(M38 – 2025)**

12 maart 2026

Inhoud

Samenvatting	2
1. Inleiding	3
1.1 Aanleiding	3
1.2 Opbouw	3
1.3 Context	3
1.3.1 Waterstofbeleid	3
1.3.2 Europese en landelijke ontwikkelingen	4
1.3.3 Bijgestelde ambities	4
1.3.4 Elektrolyse	4
1.3.5 Watergebruik	5
1.3.6 Zout water	6
2. Kansen	7
2.1 Economische kansen	7
2.1.1 Extractie zouten en mineralen	7
2.1.2 Kenniscluster	8
2.2 Maatschappelijke kansen	8
2.2.1 Zoetwaterproductie	8
2.2.2 Elektriciteit opwek	8
2.2.3 Onttrekking CO ₂ uit zeewater	9
3. Stand van zaken	9
3.1 Ontziltingstechnieken	9
3.1.1 Membraandestillatie	9
3.1.2 Ontzilting door bacteriën	10
3.2 Pilots en onderzoeken	10
3.2.1 Wetsus	10
3.2.2 SeaHydrogen	10
3.2.3 PosHYdon	12
3.2.4 HOPE	13
3.2.5 HYGRO Energy	13
4. Belemmeringen	14
4.1 Milieu/gezonde leefomgeving	14
4.2 Financiën	14
4.3 Ruimtelijk	15
5. Advies	15
5.1 Conclusie	15
5.2 Aanbevelingen	16
Bijlage 1: Interviewlijst	18
Bijlage 2: PEM Electrolyser	19

Samenvatting

Om de doelstellingen uit het coalitieakkoord Verbindend Vooruit! 2023-2027 te behalen, zet de provincie vol in op CO₂-reductie. Hiervoor is een energietransitie vereist van fossiele brandstoffen naar duurzame energiebronnen. Groene waterstof, geproduceerd met hernieuwbare elektriciteit, speelt hierin een belangrijke rol. Groene waterstof wordt gemaakt door middel van elektrolyse van water. Hiervoor is water van een hoge kwaliteit (ultrapuur) vereist. Hiernaast is er ook een substantiële hoeveelheid koelwater nodig. Doordat zoetwaterbronnen van nature minder mineralen en zouten bevatten, worden voornamelijk deze waterbronnen gebruikt. Echter wordt voor grootschalige elektrolyseprojecten, de zoetwatervoorziening gezien als knelpunt. In droge periodes in Nederland is er sprake van een zoetwaterschaarste. Hierdoor is het van belang om te kijken naar andere bronnen, zoals zout water.

De motie (M38 – 2025) 'Waterstof uit zout water' bestaat uit twee onderdelen:

- 1) Waar mogelijk in te zetten op onderzoek en pilotprojecten voor groene waterstofproductie uit zout water in Noord-Holland, waarbij gebruik wordt gemaakt van innovatieve technieken zoals die genoemd worden door TNO, die naast waterstof ook zoet water en strategische grondstoffen als lithium kunnen opleveren;
- 2) Provinciale Staten uiterlijk binnen een jaar te informeren over de voortgang, kansen en belemmeringen, zodat op basis daarvan verdere beleidskeuzes kunnen worden gemaakt.

Het is niet de kerntaak van de provincie om als overheidsorgaan zelf pilots uit te voeren, het rapport is daarom gebaseerd op bestaande pilots en onderzoeken. Wel heeft de provincie een subsidieregeling opgesteld om duurzame waterstofprojecten in Noord-Holland te ondersteunen. Hiervoor kunnen ook projecten aangemeld worden die zich richten op waterstofproductie uit zout water.

Er zijn twee manieren om zout water te gebruiken voor waterstofproductie: door het zout water eerst te ontzilten en vervolgens een standaard elektrolyser te gebruiken, of door het zout water direct te gebruiken door middel van een aangepaste elektrolyser. De meest kostenefficiënte manier is door zout water eerst te ontzilten. Daarbij wordt momenteel voornamelijk de ontziltingstechniek Reversed Osmosis (omgekeerde osmose, RO) toegepast. Echter zitten er enkele nadelen aan. Zo is er veel elektriciteit nodig en ontstaat er brijn. Een andere techniek is membraandestillatie (MD), in specifieke omstandigheden kan deze innovatieve techniek toegepast worden, eventueel in combinatie met RO. Door MD te combineren met elektrolyse kan restwarmte efficiënt worden benut en ontstaan er mogelijk maatschappelijke en economische voordelen, zoals netto ultrapuur waterproductie en het winnen van mineralen en zouten.

Er zijn verschillende pilots actief op het gebied van waterstofproductie uit zout water. Veel pilots en onderzoeken bevinden zich nog in een vroeg stadium. Aandachtspunten zijn de ecologische impact van brijn, ruimtelijke randvoorwaarden en financiën.

De achterblijvende ontwikkelingen in de waterstofeconomie en de bijgestelde ambities van het Rijk voor windenergie op zee, maken dat grootschalige waterstofproductie uit zout water momenteel niet aan de orde is. Om hierop voorbereid te zijn, is het van belang om relevante kennis op te doen door middel van pilots en onderzoek. Dit rapport adviseert om als provincie hierin een faciliterende rol te pakken. Dit komt overeen met wat er beschreven staat in de Uitvoeringsstrategie waterstof 2025-2027. De volgende aanbevelingen worden gedaan:

1. Stimuleer meekoppelkansen bij ontzilting van zeewater voor waterstofproductie en versterk de kenniseconomie in de provincie.
2. Stel in een eventueel vervolg van de subsidieregeling duurzame waterstofprojecten randvoorwaarden vast die het gebruik van kansrijke ontziltingstechnieken stimuleren.
3. Stuur op opschalingsprojecten voor waterstofproductie aan de Noordzee kust.

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

Tijdens de PS-vergadering van 7 april 2025 is bij het agendapunt Waterstofprogramma Noord-Holland de motie Waterstof uit zout water (M38-2025) aangenomen.

In de motie is Gedeputeerde Staten gevraagd:

- Waar mogelijk in te zetten op onderzoek en pilotprojecten voor groene waterstofproductie uit zout water in Noord-Holland, waarbij gebruik wordt gemaakt van innovatieve technieken zoals die genoemd worden door TNO, die naast waterstof ook zoet water en strategische grondstoffen als lithium kunnen opleveren;
- Provinciale Staten uiterlijk binnen een jaar te informeren over de voortgang, kansen en belemmeringen, zodat op basis daarvan verdere beleidskeuzes kunnen worden gemaakt.

1.2 Opbouw

Het rapport begint met een inleiding over het waterstofbeleid, relevante Europese en landelijke ontwikkelingen en een toelichting op groene waterstofproductie en het bijbehorende watergebruik. Daarna gaat het rapport in op waterstofproductie uit zout water en worden de kansen, stand van zaken, en belemmeringen genoemd. Deze analyse is gebaseerd op een aantal bestaande pilots en onderzoeken. Het rapport eindigt met een conclusie en advies, waarin aanbevelingen worden gedaan voor de rol die de provincie Noord-Holland kan vervullen. Voor dit onderzoek zijn verschillende betrokkenen en deskundigen geïnterviewd (zie bijlage 1).

1.3 Context

1.3.1 Waterstofbeleid

Om de doelstellingen uit het landelijke Klimaatakkoord en het coalitieakkoord Verbindend Vooruit! 2023-2027¹ te behalen, 55% CO₂-reductie in 2030 ten opzichte van 1990 en klimaatneutraliteit in 2050, zet de provincie vol in op de reductie van CO₂-uitstoot. Dit betekent dat bedrijven en industrieën die gebruik maken van fossiele brandstoffen over moeten stappen op een duurzaam productieproces. Een manier om dit te bewerkstelligen is elektrificatie, waarbij fossiele brandstoffen worden vervangen door elektriciteit. Echter is dit niet een oplossing voor alle sectoren. In sectoren waarbij hoge temperaturen nodig zijn, en in bepaalde vormen van zwaar transport (bv. lucht- en scheepvaart), is volledige elektrificatie minder of soms helemaal niet haalbaar. Voor de verduurzaming van deze industrieën, zal groene waterstof, geproduceerd uit hernieuwbare energiebronnen, een sleutelrol spelen. Ook kan waterstof een functie vervullen in het balanceren van het elektriciteitsnet. Meer informatie over het belang van waterstof en de provinciale ambities en doelstellingen zijn te vinden in het waterstofprogramma².

¹ Provincie Noord-Holland, Coalitieakkoord 2023-2027 Verbindend Vooruit! Beschikbaar via: <https://www.noord-holland.nl/bestanden/pdf/Coalitieakkoord%202023-2027.pdf>

² Provincie Noord-Holland, Waterstofprogramma 2025-2027. Beschikbaar via: https://www.noord-holland.nl/bestanden/pdf/Klimaat_Energie/Waterstofprogramma%202025-2027%20provincie%20Noord-Holland.pdf

1.3.2 Europese en landelijke ontwikkelingen

De strategische ligging van de havens in het Noordzeekanaalgebied en Den Helder maken Noord-Holland cruciaal voor de import, productie, opslag, doorvoer en export van duurzame waterstof¹. Hierdoor speelt de provincie een belangrijke rol in de waterstoftransitie voor Noord-Holland, Nederland en Noordwest-Europa. Dit is erkend door de EU door het toekennen van de Hydrogen Valley Status.

In het Programma Energie Hoofdstructuur (PEH)³ zijn de voorkeurslocaties voor de ontwikkeling van grootschalige elektrolyse in Nederland vastgesteld. Het gaat initieel om:

- Noordzeekanaalgebied
- Delfzijl en Eemshaven
- Rotterdam en Moerdijk
- Borssele en Terneuzen.

Op land wordt (toekomstige) grootschalige elektrolyse bij voorkeur geplaatst in de omgeving van (elektrische) aanlandlocaties van offshore windenergie en nabij de waterstofbackbone. De verwachting was dat omstreeks 2030 waterstofproductie op zee mogelijk zou worden door elektrolyse-installaties op zee, deze verwachtingen zijn inmiddels bijgesteld.

1.3.3 Bijgestelde ambities

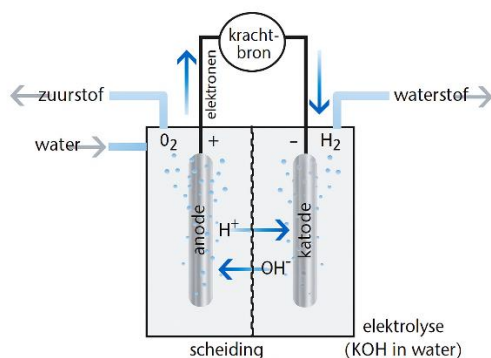
Nadat motie M38-2025 is aangenomen, hebben zich belangrijke ontwikkelingen voorgedaan op het gebied van waterstofproductie. Het ministerie van KGG heeft de ambities voor windenergie op zee bijgesteld. De eerdere doelstelling van 50 gigawatt (GW) in 2040 is verlaagd naar 30-40 GW in 2040⁴. Dit komt doordat de vraag naar duurzame elektriciteit lager uitvalt dan eerder verwacht en omdat de marktomstandigheden voor windturbines verslechterd zijn. Ook de waterstofmarkt ontwikkelt zich langzamer dan voorzien. Deze veranderingen hebben ertoe geleid dat de voorbereidingen voor de twee demonstratieprojecten voor waterstofproductie op zee, die gebruikmaken van de windenergie op zee en zeewater als waterbron, voor vijf jaar zijn gepauzeerd. In deze periode wordt geen (nieuwe) waterstofinfrastructuur op zee aangelegd. Door deze ontwikkelingen zal grootschalige waterstofproductie uit zout water voorlopig nog niet aan de orde zijn.

1.3.4 Elektrolyse

Waterstof wordt gemaakt door de elektrolyse van water. In een elektrolyser wordt water ($H_2O(l)$) door middel van elektrische energie gesplitst in waterstofgas ($H_2(g)$) en zuurstofgas ($O_2(g)$). Dit proces is weergegeven in onderstaande afbeelding (zie p.5).

³ Rijksoverheid, Programma Energiehoofdstructuur, 2024. Beschikbaar via: <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2024-03/Programma-Energiehoofdstructuur-maart-2024-Programma-Energiehoofdstructuur.pdf>

⁴ RVO, Waterstofproductie op zee, 2025. [Waterstofproductie op zee](https://www.rvo.nl/sites/default/files/2024-03/Programma-Energiehoofdstructuur-maart-2024-Programma-Energiehoofdstructuur.pdf) | RVO.nl



Figuur 1, elektrolyse van water waarbij zuurstofgas wordt gemaakt aan de anode (pluspool) en waterstofgas aan de kathode (minpool).

Voor de elektrolyse van water is energie nodig. Met de huidige technologische ontwikkelingen komt 60-70% van de energie terecht in de waterstof en de overige energie, 30-40%, komt vrij in de vorm van restwarmte. Zoals eerder genoemd, is er hierdoor een substantiële hoeveelheid koelwater nodig om deze warme af te voeren. De watervraag en benodigde waterkwaliteit is afhankelijk van het type koelsysteem. Meestal wordt voor elektrolyse-installaties een gesloten koelsysteem gebruikt met demi water (zuiver water). Demi water bevat zeer lage concentraties opgeloste zouten, waardoor het gebruik hiervan wenselijk is vanwege de gevoeligheid van elektrolyzers voor vervuiling. De watervraag voor een gesloten koelsysteem is ongeveer 5x zo groot als de watervraag voor de elektrolyser zelf. Er bestaan ook koelwatersystemen waarbij water van een minder hoge kwaliteit nodig is. Voor een doorstroomkoelsysteem kan bijvoorbeeld zeewater gebruikt worden. Echter is voor dit systeem de watervraag ongeveer 100x zo groot als de watervraag benodigd voor de elektrolyser. Hierdoor zijn doorstroomkoelwatersystemen alleen geschikt aan de kust waar zeewater of grote brakke wateren nabij liggen.

1.3.5 Watergebruik

De productie van groene waterstof vindt plaats door elektrolyse van water waarbij duurzame elektriciteit wordt gebruikt. Voor dit proces is ultrapuur water vereist. Dit betekent dat het water nagenoeg geen zouten of andere mineralen mag bevatten. Voor waterstofproductie wordt daarom voornamelijk gebruik gemaakt van zoetwaterbronnen. In zoet water zitten namelijk van nature minder zouten en mineralen waardoor het water minder intensief gezuiverd hoeft te worden. Naast het proceswater is er ook een substantiële hoeveelheid water nodig voor de koeling van de elektrolyser, wat maakt dat er voor de productie van waterstof grote hoeveelheden water nodig zijn. Meer informatie over het watergebruik voor de productie van waterstof is te vinden in het rapport Water voor waterstof⁵.

In het Programma Energie Hoofdstructuur (PEH)³ is de watervoorziening voor grootschalige elektrolyseprojecten benoemd als knelpunt. In (steeds vaker voorkomende) langdurige droge perioden staat de beschikbaarheid van zoet water onder druk in Nederland. Voor de verdeling van zoetwater in tijden van schaarste wordt er gekeken naar de verdringingsreeks. De verdringingsreeks geeft een rangorde voor de verdeling van de hoeveelheid water bij zoetwaterschaarste. Hierin zijn 4 hoofdcategorieën:

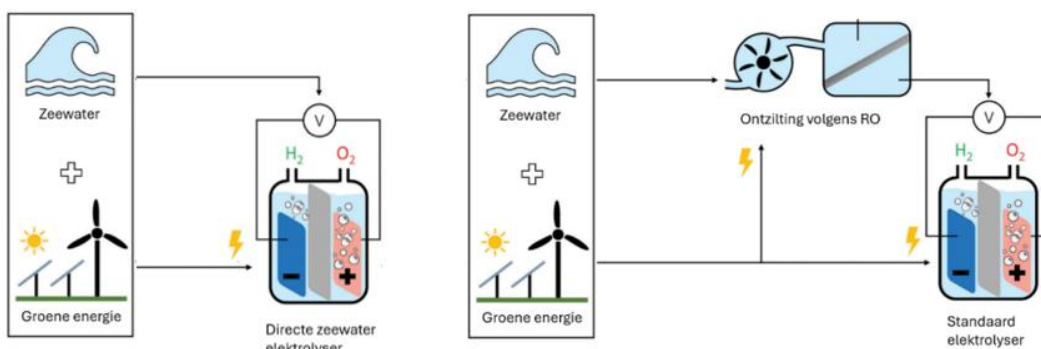
1. Veiligheid en voorkomen van onomkeerbare schade;
2. nutsvoorzieningen (in verband met leveringszekerheid);
3. kleinschalig hoogwaardig gebruik;
4. overige belangen (economische afweging, ook voor natuur).

⁵ Ministeries van EZK en I&W, Water voor waterstof, 2024. Beschikbaar via: <https://open.overheid.nl/documenten/3cc7e7b5-7bca-4884-b6ce-1d58f61ddb5a/file>

Waterstofproductie valt in de huidige situatie doorgaans onder de 4^e categorie. Dit houdt in dat de productie bij schaarste kan worden afgeschaald, wat nadelig is voor de continuïteit van de energievoorziening en de businesscase. De positie van waterstofproductie in de verdringingsreeks kan in de toekomst verschuiven, wanneer waterstof een belangrijkere rol gaat spelen in de energievoorziening. Op het moment dat de leveringszekerheid van essentiële locaties voor waterstofproductie in het geding komt, kunnen deze locaties een hogere prioriteit krijgen. Indien zout water als bron wordt gebruikt, is de verdringingsreeks niet van toepassing en blijft de beschikbaarheid van water mogelijk te allen tijde gewaarborgd. Uit het onderzoek naar de relatie tussen waterbeschikbaarheid en grootschalige elektrolyse van de ministeries van EZK en I&W, blijkt dat zeewater en grote brakke wateren zoals de Westerschelde, Nieuwe Waterweg en Eems ruim voldoende water beschikbaar hebben voor elektrolyse in Nederland, nu en ook in de toekomst.

1.3.6 Zout water

Er zijn twee manieren om zout water te gebruiken voor de productie van waterstof: door het zout water eerst te ontzilten en vervolgens een standaard elektrolyser te gebruiken (zie rechts Figuur 2), of door het zout water direct te gebruiken door middel van een aangepaste elektrolyser (zie links Figuur 2). Uit onderzoek blijkt dat het direct elektrolyseren van zout water aanzienlijke nadelen heeft, zo is het onderhoudsintensief, onbetrouwbaar en onvoorspelbaar⁶. Daarom wordt deze methode niet meegenomen in dit rapport.



Figuur 2. Twee manieren om waterstof te maken uit zeewater.

Voor het elektrolyseproces is ultrapuur water nodig. Om deze kwaliteit water te behalen, moet het water eerst gezuiverd worden. In hoeverre het water gezuiverd moet worden, hangt af van de waterbron die gebruikt wordt. Als zoet water (zoals zoet oppervlaktewater, grondwater, gezuiverd afvalwater, drinkwater of gedemineraliseerd water) gebruikt wordt, is het zuiveringsproces minder intensief dan als zout water gebruikt wordt. Doordat zout water veel mineralen en zouten bevat, moet het water eerst gezuiverd worden door middel van ontzilting. Het ontzilten van zout water is energie intensief en levert niet dezelfde hoeveelheid ultrapuur water op als wanneer een zoetwaterbron gebruikt wordt. Een deel van het water vormt namelijk het restproduct brijn. Brijn is een vloeistof waarin de gefilterde zouten en mineralen in hogere concentratie overblijven. In onderstaande tabel is te zien dat er bij het gebruik van zeewater in plaats van zoet water, bijna twee keer zoveel water nodig is om dezelfde hoeveelheid waterstof te produceren.

⁶ Hausmann et al., Is direct seawater splitting economically meaningful? 2021. Beschikbaar via: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2021/ee/d0ee03659e>

Tabel 4-2: Benodigde hoeveelheid water voor alle locaties samen, gebaseerd op 6,50 GW in 2030 en 21,38 GW in 2050 in miljoen m³/jaar m.u.v. de onderste twee rijen. E = Elektrolyser, GK = Gesloten Koelsysteem of DK = Doorstroomkoelsysteem.

Bronnen	2030			2050		
	E	GK*	DK*	E	GK*	DK*
Zeewater	12,7	68	1079	42	225	3549
Brak oppervlaktewater	9,5	49	1079	31	161	3549
Zoet oppervlaktewater	7,1	40	1079	23	132	3549
Grondwater (brak)	11,4	57	1079	37	187	3549
Effluent rwzi	8,1	43	1079	27	140	3549
Drinkwater	7,1	38	1035	23	125	3405
Industriewater: Proces	7,1	38	1035	23	125	3405
Industriewater: Demi	5,8	34	1025	19	112	3371
Range miljoen m ³ /jaar	5,8 - 12,7	34 - 68	~ 1080	19 - 42	112 - 225	~ 3500
Range m ³ /uur	657 - 1444	3900 - 7800	~ 123000	2160 - 4751	12800 - 25700	~ 400000
Range m ³ /s	0,18 - 0,40	1,08 - 2,17	~ 34	0,60 - 1,32	3,6 - 7,1	~ 110

*De getallen in de tabel moeten niet bij elkaar opgeteld worden. Er wordt gekozen voor of GK of DK.

Figuur 3. Benodigde hoeveelheid water voor elektrolyse.⁵

De huidige meest gebruikte ontziltingstechniek wereldwijd is omgekeerde osmose (reverse osmosis, RO). Hierbij wordt water onder hoge druk door een semipermeabel membraan geduwd. Om de benodigde druk te genereren, wordt elektriciteit gebruikt. Alleen de watermoleculen kunnen door het membraan, de zouten en overige stoffen worden tegengehouden en vormen brijn. Hoewel RO in verhouding tot andere ontziltingstechnieken minder energie verbruikt, is er een aanzienlijke hoeveelheid elektriciteit nodig om de vereiste hoge druk te genereren. Grootchalige RO-systemen hebben 3-5 kWh/m³ nodig voor het ontzilten van zout water. Een elektrolyser heeft ter vergelijking 5500-6000 kWh/m³ nodig.

2. Kansen

Waterstofproductie uit zout water kan op verschillende manieren meerwaarde bieden. Hieronder worden de economische en maatschappelijke kansen voor de provincie benoemd. Op de nieuwe technieken en pilots die genoemd worden in onderstaande tekst wordt in hoofdstuk 3.2 Pilots en onderzoeken dieper op ingegaan.

2.1 Economische kansen

De keuze om zout water te gebruiken voor de productie van waterstof wordt beïnvloed door economische factoren. Bedrijven hebben immers een positieve businesscase nodig om concurrerend te zijn. Daarnaast moet het, met het oog op het versterken van de economie in de provincie, aantrekkelijk zijn voor bedrijven om zich hier te vestigen. Hieronder wordt ingegaan op de economische kansen die waterstofproductie uit zout water met zich meebrengt.

2.1.1 Extractie zouten en mineralen

Zeewater bevat verschillende waardevolle zouten en mineralen die bij ontzilting gewonnen kunnen worden uit het brijn. Voorbeelden van mineralen en zouten die gewonnen kunnen worden zijn NaCl (keukenzout), lithium, fosfaten, uranium en magnesium. Deze stoffen kunnen voor verschillende toepassingen gebruikt worden. Zeewater bestaat voor 96,5% uit water. De overige 3,5% zijn opgeloste zouten en mineralen. Doordat zeewater naar verhouding een kleine hoeveelheid mineralen en zouten bevat, waaronder voornamelijk de laagwaardige grondstof NaCl, is de absolute massa van de overige mineralen en zouten in verhouding erg laag. Hierdoor is het

lastig zijn om een sluitende businesscase te realiseren. Naar verwachting wordt het winnen van zouten en mineralen uit brijn aantrekkelijk bij de ontzilting van grote hoeveelheden zeewater, omdat daarbij pas een aanzienlijke hoeveelheid aan hoogwaardige grondstoffen gewonnen kunnen worden, zoals lithium en uranium. Er zijn verschillende startups actief in dit veld. Zo is de organisatie van de pilot PosHYdon benaderd door CANDLE Lithium, een Canadees bedrijf dat een pilot wil uitvoeren voor de winning van lithium uit brijn.

2.1.2 Kenniscluster

De waterstofeconomie kan leiden tot kennisontwikkeling en innovatie, wat nieuwe werkgelegenheid creëert en bedrijven aantrekt die actief zijn op het gebied van duurzame technologieën². De economische kansen voor waterstof uit zout water liggen aan de kant van het kenniscluster en innovatie. In de provincie Noord-Holland is een sterke kennis-economie aanwezig. De vele kennisinstellingen, startups en scale-ups die zich voornamelijk in Amsterdam hebben gevestigd, maken de provincie een interessante locatie voor innovatie. De nieuwe ontwikkelingen en technieken op het gebied van waterstofproductie uit zout water kunnen ervoor zorgen dat bedrijven zich in de provincie willen gaan vestigen.

Om nieuwe technieken en systemen van pilotprojecten in de praktijk te testen en te demonstreren, is er fysieke ruimte nodig. In Noord-Holland zijn er verschillende plekken waar dit mogelijk is. Een voorbeeld hiervan is InVesta. InVesta is een kenniscentrum in het Energy Innovation Park in Alkmaar en is bedoeld om innovaties te faciliteren voor het energiesysteem van de toekomst. Onderdeel hiervan zijn onderzoeken op het gebied van waterstof. Naast de ruimtelijke faciliteiten, beschikt InVesta ook over de expertise en het netwerk. Waardoor er naast ruimte ook kennis gedeeld wordt. Het project PosHYdon heeft de verschillende systemen (wind, gas en waterstof) en hun onderlinge interactie eerst op land getest bij InVesta.

Een andere locatie op Noord-Hollandse bodem is het TNO Faraday lab in Petten. Dit laboratorium is een van de grootste waterstof onderzoeksfaciliteiten van Europa. Hier wordt gewerkt aan de technologie om groene waterstofproductie op te schalen en de levelized cost of hydrogen te reduceren. Hiervoor wordt er gekeken naar optimalisaties van elektrolyser componenten en de integratie daarvan op cel en short stack niveau. Tijdens de validatie testen wordt er gekeken naar verschillende operationele condities, zoals hoge druk, temperatuurwisselingen, en fluctuaties in het aanbod van energie. Naast validatie van elektrolyser technologie wordt er ook gekeken naar eindgebruik en de opschaling van elektrolysecapaciteit.

2.2 Maatschappelijke kansen

2.2.1 Zoetwaterproductie

Voor de geplande productie van waterstof in Nederland is naar schatting 11 miljoen m³ zuiver water per jaar nodig, wat bij het gebruik van zoet water, neerkomt op 1% van de drinkwatercapaciteit in Nederland⁷. Bij het gebruik van zout water voor waterstofproductie, blijft de drinkwatervoorziening onaangetast. Onder specifieke omstandigheden waarbij membraandestillatie als ontziltingstechniek kan worden ingezet, kan er netto zoet water worden geproduceerd. Na verdere bewerking is dit water geschikt voor verschillende toepassingen, zoals in de landbouw, de levensmiddelenindustrie of als drinkwater.

2.2.2 Elektriciteit opwek

De restwarmte van de elektrolyser kan, naast de productie van ultrapuur water, ook omgezet worden in elektriciteit. Wageningen University & Research (WUR) is momenteel bezig met het ontwikkelen van deze technologie. De techniek is geen efficiënte manier om elektriciteit op te wekken en zal dan ook niet gebruikt worden als nieuwe elektriciteitsbron. Echter is deze techniek interessant in combinatie met de

⁷ Wageningen University & Research, Drinkwater, zouten en energie winnen uit zeewater. 2025.
<https://www.wur.nl/nl/longread/drinkwater-zout-en-energie-winnen-uit-zeewater>

productie van waterstof. Door de opgewekte elektriciteit te koppelen aan de elektrolyser, vermindert de elektriciteitsvraag van de elektrolyser van buitenaf wat leidt tot een hogere efficiëntie van het systeem.

2.2.3 Onttrekking CO₂ uit zeewater

Via een innovatieve techniek kan CO₂ uit zeewater gehaald worden. Doordat de zee als grote CO₂-opslag fungeert, kan dit voor grote maatschappelijke baten zorgen. Het CO₂-vrije water wordt terug de zee in gepompt, waar het opnieuw CO₂ uit de lucht kan opnemen. De Nederlandse startup SeaO₂ is bezig met het ontwikkelen van deze techniek waarbij duurzame energie gebruikt wordt. Doordat er bij de ontzilting al zeewater onttrokken wordt, kan de techniek volgens SeaO₂ hier relatief gemakkelijk op aangesloten worden.

3. Stand van zaken

Waterstofproductie uit zout water is nog een relatief nieuw thema, waarbij wereldwijd pilotprojecten worden uitgevoerd. Zowel in Nederland als in het buitenland lopen verschillende pilots en onderzoeken: sommige bevinden zich nog in de opstartfase, terwijl andere inmiddels zijn afgerond. Om de huidige stand van zaken weer te geven, zijn hieronder een aantal verder uitgelicht. Eerst wordt ingegaan op (innovatieve) ontziltingstechnieken, hierna volgen pilots en onderzoeken waarbij gekeken wordt naar een geïntegreerde aanpak voor waterstofproductie uit zout water.

3.1 Ontziltingstechnieken

Er bestaan verschillende ontziltingstechnieken om ultrapuur water te verkrijgen. Er wordt onderscheid gemaakt tussen drie soorten technieken: thermische ontzilting, ontzilting op basis van ladingsverschil en ontzilting door middel van membranen⁸. Bij omgekeerde osmose (RO), momenteel de meest gebruikte ontziltingstechniek, wordt gebruik gemaakt van water doorlaatbare membranen met uitsluiting van zouten. Andere bruikbare technieken zijn de thermische technieken multi-stage flashing (MSF), en multi-effect destillatie (MED). Deze technieken vereisen veel energie, waarbij vaak beschikbare restwarmte wordt gebruikt als energiebron. Doordat in het Midden-Oosten energie zeer goedkoop is, worden deze technieken daar op grote schaal toegepast. Vanwege de hoge energieprijzen in Nederland zijn deze technieken minder interessant voor Noord-Holland. Echter zijn er, gezien de toenemende bewustwording van zoetwaterschaarste in Nederland, verschillende bedrijven bezig met het opschalen van duurzame ontziltingsinstallaties. Een voorbeeld hiervan is SEA Water, een bedrijf gevestigd in IJmuiden dat drinkwater uit zeewater produceert en verkoopt⁹. In de volgende paragrafen wordt ingegaan op een paar ontziltingstechnieken die veelbelovend zijn in de Nederlandse context.

3.1.1 Membraandestillatie

De ontziltingstechniek die de afgelopen jaren veel ontwikkelingen heeft doorgemaakt is membraandestillatie (MD). Doordat de techniek gebruik maakt van thermische energie, is er weinig elektriciteit benodigd om zeewater te kunnen ontzilten. Net als bij RO ontstaat ook bij MD de restvloeistof brijn. Het volume van de brijn kan echter tot circa tien keer lager uitvallen dan bij RO, echter zijn de concentraties mineralen en zouten hoger. MD is een scheidingsproces waarbij een microporeus hydrofoob membraan gebruikt wordt. Bij de ontzilting van zeewater wordt het water eerst verwarmd waarbij waterdamp ontstaat. Hiervoor zijn relatief lage temperaturen nodig, rond 60-80 °C, waardoor restwarmte gebruikt kan worden. Vervolgens wordt het waterdamp door middel van de warmte door een membraan geduwd waar enkel de waterdampmoleculen als gas doorheen kunnen. De waterdamp komt vervolgens tegen een buis met koud zout water aan en condenseert tot ultrapuur water.

⁸ HZ water technology, Ontziltingstechnologieën, 2021. <https://www.zeeland.nl/digitaal-archief/ZLD2024-720>

⁹ SEA Water, SEA, 2026. <https://drinkseawater.com/about/>

De werking van deze techniek is bewezen, echter is marktintroductie voorlopig nog beperkt door de vaak beperkte robuustheid en kostprijs. Aquastill, een Nederlands bedrijf dat zich richt op het commercialiseren van membraandestillatie geschikt voor de industrie, heeft aangegeven in juli 2026 alle activiteiten te stoppen¹⁰. Het is ondanks de investeringen niet gelukt om een commercieel levensvatbare markt te valideren of een industriële partner te vinden die interesse heeft in het opschalen van de technologie. Verschillende kennisinstellingen, waaronder Wageningen University & Research (WUR), zijn bezig met het optimaliseren van membraandestillatie om de techniek rendabel te maken. Dit lijkt te lukken. Zo heeft WUR aangegeven een sluitende businesscase te hebben voor de integratie van membraandestillatie en elektrolyse, hier wordt in het kopje 3.2 Pilots en onderzoeken verder op ingegaan.

3.1.2 Ontzilting door bacteriën

Een innovatieve techniek om zeewater te ontzilten, is doormiddel van genetisch gemodificeerde bacteriën. Naast het ontzilten, nemen de bacteriën ook CO₂ op uit de lucht om te groeien. De Nederlandse startup Aestuarium doet onderzoek naar deze technologie¹¹. De startup verwacht dat het concept 80% minder energie verbruikt in vergelijking met de ontziltingstechnieken RO en de thermische technieken en dat de kosten 50% lager liggen. Momenteel is de startup in samenwerking met de CHILL labs van de Brightlands Chemelot Campus en de startup Loft bezig met het ontwikkelen van de techniek tot een minimaal levensvatbaar product.

3.2 Pilots en onderzoeken

Zoals eerder genoemd, zijn er naast innovatieve ontziltingstechnieken ook verschillende pilots en onderzoeken waarbij gekeken wordt naar een geïntegreerde aanpak voor waterstofproductie uit zout water. Hieronder worden een paar nader toegelicht.

3.2.1 Wetsus

Naast het ontzilten van zeewater, is het ook mogelijk om puur water te onttrekken uit zeewater. Dit zorgt er, in tegenstelling tot het ontzilten van zeewater, voor dat er geen brijn geproduceerd wordt. Deze innovatieve techniek wordt bestudeerd door het onderzoeksinstituut Wetsus in Leeuwarden, wat zich richt op duurzame oplossingen en innovaties voor bestaande waterproblemen in de wereld¹². Wetsus werkt samen met Centre of Expertise Water Technology (CEW) en NHL Stenden Hogeschool aan technieken om op een duurzame manier waterstof uit zeewater te produceren. Hierbij wordt er gekeken naar een geïntegreerd systeem waarbij er puur water uit zeewater wordt onttrokken en waarbij in de elektrolyse cel geen schaarse metalen uit de platinagroep gebruikt worden, zoals Platinum en Iridium. Wetsus richt zich op de ontwikkeling van de enkele elektrolyse cel en de stackopbouw en voert dit onderzoek uit met de ondersteuning van NHL Stenden Hogeschool. Het doel is om de ontwikkelde technologie over te dragen aan Nederlandse bedrijven ter bevordering van de werkgelegenheid en kennis bij deze bedrijven.

3.2.2 SeaHydrogen

Zoals eerder werd genoemd, wordt 30-40% van de elektriciteit tijdens het elektrolyseproces omgezet in warmte. Om deze energie nuttig te gebruiken, onderzoekt Wageningen University & Research (WUR) in het project SeaHydrogen de combinatie van drie verschillende technieken die allemaal gebruik maken van de restwarmte⁷:

1. Membraandestillatie: het ontzilten van zout water; waarbij ultrapuur water wordt geproduceerd.

¹⁰ Aquastill, Sustainable Thermal Desalination, 2026. <https://www.aquastill.nl/>

¹¹ Aestuarium, Aestuarium, 2025. <https://www.aestuarium.nl/>

¹² Wetsus, about wetsus, 2026. <https://phdpositionswetsus.eu/about-wetsus/>

2. Membraandestillatiekristallisatie: het kristalliseren van het restproduct brijn tot zouten;
3. Mempower: het omzetten van warmte in elektriciteit.

Hierdoor ontstaat een proces voor de productie van zoet water, zouten en elektriciteit, waarbij de restwarmte wordt gebruikt die vrijkomt bij de elektrolyse. De eerste stap, membraandestillatie, heeft volgens de WUR een sluitende businesscase voor een membraanopstelling in een standaard zeecontainer, en kan binnen drie maanden operationeel zijn, met een productiecapaciteit van circa 100 m³ ultrapuur water per dag. Momenteel wordt er een pilot uitgevoerd met membraandestillatiekristallisatie, stap twee, bij Nobian op het Chemie Park Delfzijl. In deze pilot wordt er gekeken naar het terugwinnen van zouten uit o.a. zeewater. De pilot is onderdeel van het onderzoeksproject COMBRINE¹³. Als het systeem dusdanig ontwikkelt zou het mogelijk kunnen zijn om te schakelen tussen de productie van zoet water en kristallisatie van zouten, om hier per locatie optimalisatie in te vinden. De derde stap, mempower, bevindt zich nog in de ontwikkelfase. In onderstaande tekst wordt dieper ingegaan op het proces van de verschillende technieken. In Figuur 4 en 5 (zie p.12) is een schematische vergelijking te zien met de huidige meest gebruikte ontziltingstechniek: RO.

1. Membraandestillatie

Met deze techniek wordt de restwarmte die vrijkomt bij het elektrolyseproces gebruikt om zout water op te warmen en te verdampen, waarna het condenseert tot ultrapuur water waarbij een kleine hoeveelheid brijn overblijft. Het water dient als input voor de elektrolyser. Echter, er wordt naast de benodigde watervraag voor de elektrolyser, 2 à 3 keer zoveel netto ultrapuur water geproduceerd. Dit water kan dienen als waterbron voor drinkwater of water voor landbouw en industrie. De warmte die vrijkomt bij het ontziltingsproces wordt weer gebruikt om koud zeewater op te warmen. In het project SEA2H2 is membraandestillatie in combinatie met PEM elektrolyse getest op Texel, waarbij het systeem volledig is blootgesteld aan het zeeklimaat¹⁴. De test heeft positieve resultaten opgeleverd¹⁵.

2. Membraandestillatiekristallisatie

Membraandestillatiekristallisatie combineert de techniek van membraandestillatie met het kristalliseren van een zout, zoals keukenzout (NaCl). Het brijn wat ontstaat bij membraandestillatie wordt als input gebruikt. Aan het restproduct wordt een antisolvent toegevoegd. Dit is een ander zout wat beter oplosbaar is. Het zout dat de onderzoekers willen winnen, vormt dan kristallen, die vervolgens kunnen geoogst kunnen worden. Als NaCl eruit gefilterd is blijft er een kleine hoeveelheid vloeistof over (bittern). Uit deze vloeistof kunnen, door het proces te herhalen en een andere antisolvent toe te voegen, vervolgens andere producten gehaald worden, zoals lithium, fosfaten en magnesium. Membraandestillatiekristallisatie draait volledig op restwarmte. Het onderzoek naar deze techniek is in volle gang. De WUR focust zich eerst op het winnen van NaCl en het maken van een verdienmodel.

3. Mempower

Het laatste onderdeel van SeaHydrogen is de productie van elektriciteit uit restwarmte. Voor het proces wordt een aangepaste membraandestillatie-configuratie gebruikt. In deze configuratie wordt destillaat onder druk geproduceerd, waarmee via een Thermo-Osmotic Energy Converter (TOEC) elektriciteit kan worden opgewekt¹⁶. Daarnaast kan elektriciteit worden geproduceerd door het gecontroleerd mengen van ultrapuur water met brijn, waarbij gebruik wordt gemaakt van het verschil in zoutgehalte (bijvoorbeeld

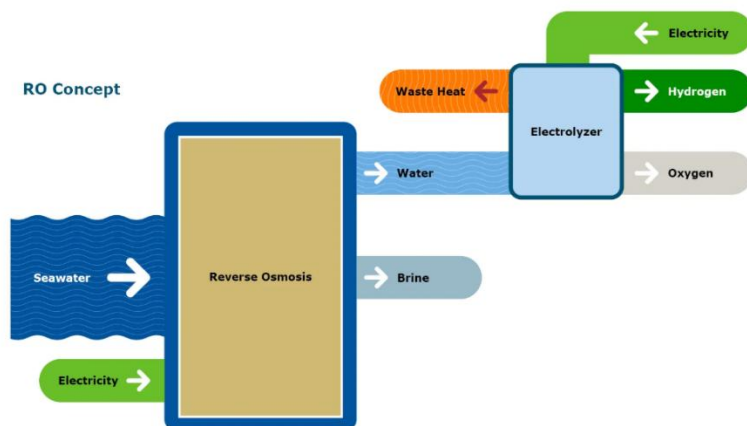
¹³ Industrie Linqs, Nobian Delfzijl gaat puur water en zouten winnen uit zeewater. 2025. <https://www.industrielinqs.nl/water/2025/12/nobian-delfzijl-gaat-puur-water-en-zouten-winnen-uit-zeewater/?gclid=deny>

¹⁴ Medevoort, van J., Kuipers, N., & Hoopen, ten P., SEA2H2. 2022. Beschikbaar via: <https://projecten.topsectorenergie.nl/storage/app/uploads/public/655/4ba/deb/6554badebaa3c795644873.pdf>

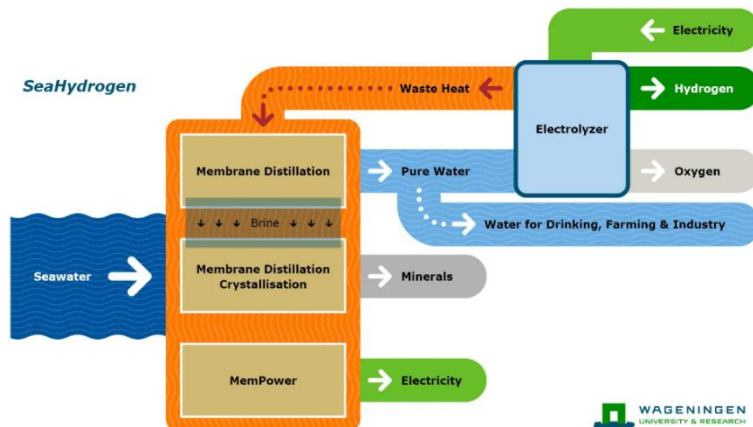
¹⁵ Waterstofnbn, Pilotproject van Hydron op Texel genereert groene waterstof uit zeewater. 2022. <https://waterstofnbn.nl/actueel/pilotproject-van-hydron-op-texel-genereert-groene-waterstof-uit-zeewater/>

¹⁶ Kuipers, M.J.N. & Medevoort, van J., SeaHydrogen, 2023. Beschikbaar via: <https://edepot.wur.nl/644081>

via Pressure Retarded Osmosis (PRO) of Reverse Electrodialysis (RED)). De opgewekte elektriciteit kan worden teruggeleid naar de elektrolyser. Wageningen University & Research beschikt over een patent op (delen van) deze concepten en onderzoekt de verdere ontwikkeling hiervan. Het onderzoek bevindt zich echter in een vroege ontwikkelfase.



Figuur 4. Schematische weergave van de huidige ontziltingstechniek: reversed osmose. Bron: WUR



Figuur 5. Schematische weergave van SeaHydrogen. Bron: WUR.

De Nederlandse startup Hydron Energy (onderdeel van het Duitse technologie concern Schaeffler) heeft voor het onderzoek naar membraandestillatie elektrolyzers geleverd aan de WUR en is momenteel bezig met het opschalen van membraanelektrolyse voor toepassing op industriële schaal.

3.2.3 PosHYdon

PosHYdon is wereldwijd de eerste pilot waarbij groene waterstof uit zout water wordt geproduceerd op een werkend offshore olie- en gasplatform: het Q13a-A gasplatform van Neptune Energy. Het volledig geëlektrificeerde platform ligt 13 kilometer uit de kust van Scheveningen en brengt drie systemen samen: offshore wind, offshore gas en

offshore waterstofproductie¹⁷. De installatie bevat een 1 MW PEM elektrolyser. Naast dat deze techniek compacter is dan de traditionele alkaline elektrolyser, is de elektrolyser ook efficiënter bij dynamische belasting, wat het geval is bij het gebruik van windenergie. Meer informatie over deze elektrolyse techniek is te vinden in Bijlage 2.

De pilot is in 2018 gestart, en is naar uitgebreide testen op land momenteel gereed om waterstof op zee te produceren. De geproduceerde waterstof wordt in bestaande gasleidingen naar land getransporteerd. Doordat er ook nog aardgas gewonnen wordt op het platform, wordt de waterstof bijgemengd met het gas in de verhouding 99,5% aardgas en 0,5% waterstof. Het doel van de pilot is dan ook niet om waterstof te produceren, maar kennis op doen en te begrijpen hoe de installatie werkt onder zeecondities. Met name wordt er gekeken naar de koeling van de installatie.

Bij de pilot zijn 15 partners betrokken vanuit de industrie, waaronder Eneco, Gasunie en InVesta. De pilot wordt gefinancierd door de partners, EBN en de subsidieregeling DEI+. Provincie Noord-holland heeft aan InVesta ten behoeve van PosHYdon subsidie verstrekt¹⁸. TNO is betrokken als kennispartner. Er is veel (inter)nationale interesse in de pilot. Zo heeft een partij uit Canada interesse getoond om onderzoek te doen naar het winnen van lithium uit zeewater. De pilot is veelbelovend voor de toekomstige opschaling van offshore waterstofproductie, vooral bij de aanleg van windparken verder uit de kust. Bij windparken van meer dan 100 km uit de kust wordt het omzetten van windenergie naar waterstof namelijk economisch aantrekkelijker.

3.2.4 HOPE

Het project HOPE¹⁹ betreft een 10 MW offshore elektrolyser op een nog te realiseren platform. Het platform word gepositioneerd op ongeveer 1,2 km van de kust van Oostende in België en is uitsluitend gericht op waterstofproductie. Het project wordt ondersteund door de Europese Unie via het Clean Hydrogen Partnership. Naar verwachting wordt het project in 2026 operationeel.

3.2.5 HYGRO Energy

De waterstofproducent HYGRO Energy houdt zich bezig met de gehele waterstofketen 'van wind naar industrie', waarbij gekeken wordt naar de opwekking van groene elektriciteit, de productie van waterstof, het transport en het eindgebruik. Een geïntegreerde aanpak van productie, hogedruk opslag en distributie kan volgens het bedrijf voor kostenvoordelen zorgen door kortere en geoptimaliseerde ketens. Het doel van deze aanpak is dan ook het verbeteren van de efficiëntie en het opschalen van de productie en het gebruik van groene waterstof. Hierbij wordt er ook gekeken naar innovatie mogelijkheden. Sinds 2017 is HYGRO Energy bezig om het concept waterstofmolen van de grond te krijgen. Een waterstofmolen is een windmolen met geïntegreerde elektrolyse om direct waterstof te maken. Met waterstof als primaire energiedrager zal uiteindelijk het ontwerp van een windturbine en dat van windparken veranderen. HYGRO geeft aan dat het naar verwachting kostenefficiënter is om windenergie om te zetten in waterstof dan in elektriciteit.

HYGRO Energy heeft aangegeven dat er geen economische belemmeringen zitten om een waterstofmolen te laten werken met zout water. HYGRO Energy is gelegen in de Wieringermeer, waardoor het grondwater wat gebruikt wordt voor de watertoevoer al zouten en mineralen bevat vanwege het kwelwater van de Noordzee. Volgens hen is de overstap naar zoutwater hierdoor niet zo groot. Omdat er veel uitdagingen zijn bij de lancering van het concept 'waterstofmolen', is dit nu nog niet aan de orde. De huidige wetgeving en de geringe overheidsdekking, zorgen volgens het bedrijf voor onzekerheid en continuïteit waardoor bedrijven minder risico's durven te nemen.

¹⁷ PosHydon, Over PosHYdon, 2025. <https://www.wetsus.nl/el-pilots-en-technieken-nog-in-het-beginstadium.n>

¹⁸ PosHYdon, Investa Expertise Centrum, 2021. <https://poshydon.com/nl/investa-werkt-samen-met-poshydon-aan-de-eerste-offshore-groene-waterstofpilot-ter-wereld/>

¹⁹ HOPE, Offshore groene waterstof op een nieuwe schaal, 2025. <https://hope-h2.eu/nl/>

4. Belemmeringen

Naast kansen zijn er ook aandachtspunten bij waterstofproductie uit zoutwater. Deze aandachtspunten kunnen bij grootschalige projecten tot belemmeringen leiden. Daarom is het van belang om hier bij de uitvoering van pilots al rekening mee te houden.

4.1 Milieu/gezonde leefomgeving

Naast dat het ontzilten van zout water volgens omgekeerde osmose (RO) energie kost en veel water benodigd is, ontstaat er bij het ontziltingsproces het afvalproduct brijn. De brijnstroom bevat verhoogde concentraties van de stoffen die in het bronwater aanwezig waren, zoals zouten, zware metalen, en verschillende anorganische en organische microverontreinigingen. Daarnaast bevat deze stroom ook verschillende toegevoegde chemicaliën, zoals antisclalants tegen bijvoorbeeld scaling van zouten op de RO-membranen. De samenstelling van de brijn is potentieel belastend en problematisch uit het oogpunt van lozing via de beschikbare lozingsroutes (oppervlaktewater, riool en afvalwaterzuiveringen, de zee of infiltratie in de bodem)²⁰.

Een grote hoeveelheid brijn kan nadelige gevolgen hebben op het ecosysteem waarin het geloosd wordt. Zo kan er een osmotische schok ontstaan door de plotselinge verschuiving van de zoutconcentraties. Daarom geldt voor het lozen van brijn een strenge regelgeving. Zo is de lozing van brijn in oppervlaktewater alleen toegestaan met een omgevingsvergunning voor lozingsactiviteiten. Hiervoor moeten per lozingslocatie immissietoetsen worden uitgevoerd om het effect van individuele parameters op de oppervlaktewaterkwaliteit te bepalen.

Over het algemeen geldt dat de brijn terug geloosd moet worden in de waterbron waar het water vandaan komt. Bij de pilot PosHYdon waarbij waterstof wordt geproduceerd uit zeewater uit de Noordzee, wordt de brijn ook geloosd in de Noordzee. Doordat dit op kleine schaal plaatsvindt en in een groot oppervlaktewater geloosd wordt, is dit verwaarloosbaar. Als de productie in de toekomst wordt opgeschaald, is het noodzakelijk om nader onderzoek te doen naar de effecten van brijn omdat er ecologische gevolgen kunnen zijn. Nieuwe technieken als membraandestillatiekristallisatie kunnen brijn omzetten in mineralen en zouten die als nieuwe grondstoffen gebruikt kunnen worden, wat de negatieve effecten van ontzilting op het milieu minimaliseert.

4.2 Financiën

Hoewel de potentie van waterstof in de energietransitie al lange tijd duidelijk is, komt de waterstofeconomie in Noord-Holland moeizaam op gang. De realisatie van de waterstofbackbone is vertraagd en er heerst onzekerheid over wanneer de waterstofinfrastructuur zal worden aangelegd. Hierdoor is de beschikbaarheid van waterstof beperkt en zijn bedrijven terughoudend met investeringen om hun productieproces aan te passen op waterstof. De ontwikkeling van de waterstofeconomie is cruciaal om groene waterstof tegen een betaalbare prijs te kunnen produceren. Indien waterstof als randvoorwaarde wordt aangemerkt en bedrijven genoodzaakt worden om waterstof te gaan gebruiken, zal de vraag naar waterstof toe nemen wat voor een impuls kan zorgen voor lokale waterstofproductie. Dit is echter onvoldoende om een volwaardige waterstofeconomie te realiseren. Voor bedrijven zal het produceren van waterstof pas aantrekkelijk zijn als deze op grote schaal kan plaatsvinden, doordat waterstof dan tegen een goedkopere prijs kan worden geproduceerd. Elektrolyzers zijn namelijk prijzig in aanschaf en gebruik. Bovendien zal lokaal geproduceerde waterstof moeten concurreren met geïmporteerde waterstof. Doordat voor waterstofproductie uit zout water het water eerst ontzilt dient te worden, zijn de operationele kosten voor waterstofproductie uit zout water hoger

²⁰ Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Concentraat/brijnproblematiek bij toepassing ontziltingstechnologie, 2024. Beschikbaar via: <https://open.overheid.nl/documenten/4e21a636-2092-4a5e-9f4f-8a930c3902d5/file>

dan wanneer er zoet water wordt gebruikt. Gezien de huidige waterstofeconomie, is het voor bedrijven vaak niet mogelijk om een sluitende businesscase te krijgen voor waterstofproductie uit zout water.

Ondanks dat de provincie niet de capaciteit en middelen heeft om zelf pilots uit te voeren, zijn er wel middelen beschikbaar voor het stimuleren van pilots om de financiële belemmeringen voor bedrijven te verlichten. Zo heeft de provincie een subsidieregeling: Duurzame waterstofprojecten Noord-Holland ingesteld. Hiermee stimuleert de provincie duurzame waterstofprojecten in Noord-Holland door subsidies te verlenen voor:

1. het opstellen van een businesscase voor een duurzaam waterstofproject;
2. het uitvoeren van een pilot rond een duurzaam waterstofproject;
3. het realiseren van een duurzaam waterstofproject.

Waterstofprojecten waarbij zout water wordt gebruikt vallen ook binnen de doelgroep van deze regeling, mits aan de voorwaarden wordt voldaan. Een belangrijke voorwaarde om in aanmerking te komen voor de subsidie is het bijvoegen van een waterplan. In het waterplan moet een beschrijving staan van de effecten op de beschikbaarheid van zoet water, de waterkwaliteit en de te verwachten overstromingsrisico's. Meer informatie over de subsidieverlening is hier te vinden: [Duurzame waterstofprojecten Noord-Holland, subsidie](#). De regeling vergoedt maximaal 50% van de noodzakelijke kosten tot maximaal € 250.000,-. Voor deze regeling is in totaal € 1.500.000 (het subsidieplafond) beschikbaar. Tot nu toe hebben drie partijen zich hiervoor aangemeld en zijn ook gegund: Rainbow Colors B.V. Andijk, Hydevco B.V. en Moose Power B.V.. Geen van de partijen richt zich op waterstofproductie uit zout water.

Naast de subsidie vanuit de provincie, zijn er ook mogelijkheden voor financiering vanuit Europese fondsen voor waterstofprojecten. De verkiezing van de Hydrogen Hub Noord-Holland tot European Hydrogen Valley of the Year 2023 tijdens de Europese waterstofweek in Brussel, heeft de provincie goed op de kaart gezet. Een voorbeeld van een project uit Noord-Holland dat gefinancierd wordt door Europese gelden is het Reformers project, wat kijkt naar de gehele waardeketen, productie, opslag, conversie, en toepassing, van meerdere duurzame energiedragers o.a. waterstof²¹.

4.3 Ruimtelijk

Een andere belemmering voor waterstofproductie in Noord-Holland is de ruimte claim die dit met zich meebrengt. Gezien de beperkte fysieke, milieu en geluidsruimte in de provincie en de bestaande uitdagingen bij ruimtelijke inpassing, is de ruimte voor grootschalige waterstofproductie beperkt. Offshore waterstofproductie kan een uitweg bieden. De beschikbaarheid van groene elektriciteit door wind op zee en zout water, maakt het aantrekkelijke locaties voor waterstofproductie uit zout water, ook voor pilotprojecten. Voor het testen van technieken en systemen van pilotprojecten zijn er verschillende locaties in Noord-Holland beschikbaar, zoals het Faraday lab in Petten en Investa in Alkmaar (zie 2.1.2 Kenniscluster).

5. Advies

5.1 Conclusie

Er zijn twee manieren om zout water te gebruiken voor de productie van waterstof: door het zout water eerst te ontzilten en vervolgens een standaard elektrolyser te gebruiken, of door het zout water direct te gebruiken door middel van een aangepaste elektrolyser. De meest kostenefficiënte manier is door zout water eerst te ontzilten. Daarbij wordt momenteel voornamelijk de ontziltingstechniek Reversed Osmosis (omgekeerde osmose, RO) toegepast. Echter zitten hier enkele nadelen aan. Zo is er

²¹ New Energy coalition, REFORMERS, 2026. <https://www.newenergycoalition.org/projecten/reformers/>

veel elektriciteit nodig en ontstaat er de restvloeistof brijn. Brijn bevat een hoge concentratie mineralen en zouten en kan in grote volumes negatieve effecten op de omgeving hebben. Een andere techniek is membraandestillatie (MD), in specifieke omstandigheden kan deze innovatieve techniek toegepast worden, eventueel in combinatie met RO. Door MD te combineren met elektrolyse kan de restwarmte efficiënt benut worden. Veel pilots en onderzoeken bevinden zich echter nog in een vroeg stadium.

De achterblijvende ontwikkelingen in de waterstofeconomie en de aangepaste ambities vanuit het Rijk maken dat grootschalige waterstofproductie uit zout water momenteel niet aan de orde is. Echter is het van belang om hierop voorbereid te zijn door kennis op te doen aan de hand van pilots en opschalingsprojecten, zodat in de toekomst de juiste technieken en middelen hiervoor beschikbaar zijn. Hoewel de provincie als overheidsorgaan niet de kerntaak heeft om zelf pilots uit te voeren, kan zij hierin wel een rol spelen.

Op basis van het onderzoek zijn drie aanbevelingen geformuleerd. Deze sluiten aan bij de faciliterende rol van de provincie in de waterstoftransitie, zoals beschreven in de Uitvoeringsstrategie waterstof 2025-2027²². Hierin staat dat de provincie onder meer richting geeft, kennis deelt en beperkte financiële ondersteuning biedt.

5.2 Aanbevelingen

1. Stimuleer meekoppelkansen bij ontzilting van zeewater voor waterstofproductie en versterk de kenniseconomie in de provincie.

Bij de ontzilting van zeewater zijn er een aantal maatschappelijke en economische meekoppelkansen. Er zijn verschillende (inter) nationale bedrijven en start-ups actief in deze gebieden. Door deze initiatieven te stimuleren met subsidies en samen te werken met kennisinstellingen zoals TNO en KWR, kan kennis en innovatie naar Noord-Holland worden gehaald. Dit zorgt ervoor dat de maatschappelijke en economische baten in de toekomst, bij opschaling van waterstofproductie, optimaal kunnen worden benut. Doordat veel pilots en technieken nog in het beginstadium zitten is er behoefte aan kennis en middelen. Noord-Holland beschikt over de juiste middelen voor pilotprojecten, gezien de aanwezige kennis en testlocaties. Om duurzame waterstofprojecten in Noord-Holland te stimuleren, heeft de provincie een subsidieregeling opgesteld (zie 4.2 financiën). Hiernaast zijn er Europese fondsen beschikbaar.

2. Stel in een eventueel vervolg van de subsidieregeling duurzame waterstofprojecten randvoorwaarden vast die het gebruik van kansrijke ontziltingstechnieken stimuleren.

Innovatieve technieken voor de ontzilting van zout water zijn vaak energie efficiënter en hebben minder negatieve effecten op het watersysteem dan de huidig gebruikte omgekeerde osmose (RO) installaties. Een goed voorbeeld hiervan is membraandestillatie (MD), waarbij restwarmte van de elektrolyser gebruikt wordt om water te ontzilten. Hierdoor hoeven er geen aparte koelsystemen of koeltorens geïnstalleerd worden. De businesscase voor MD was in het verleden ongunstig, echter vanwege de opkomende groene waterstofeconomie en de toenemende behoefte aan zoetwater, is er volgens Wageningen University & Research (WUR) momenteel wel een interessante businesscase. Vanwege het maatschappelijke belang bij het testen van de techniek, is het een logische stap dat de provincie als overheidsorgaan hier een rol in gaat spelen. Door randvoorwaarden op te stellen voor het gebruik van bepaalde ontziltingstechnieken in pilots, kan het gebruik van innovatieve technieken in de praktijk gestimuleerd worden.

²² Provincie Noord-Holland, Uitvoeringsstrategie waterstof 2025-2027, 2026.
<https://noordholland.bestuurlijkeinformatie.nl/Reports/Document/525078b7-a484-4819-9e5b-5bb77663883b?documentId=3aa1d13d-c196-459c-80f3-623af2c6d964>

3. Stuur op opschalingsprojecten voor waterstofproductie aan de Noordzee kust.

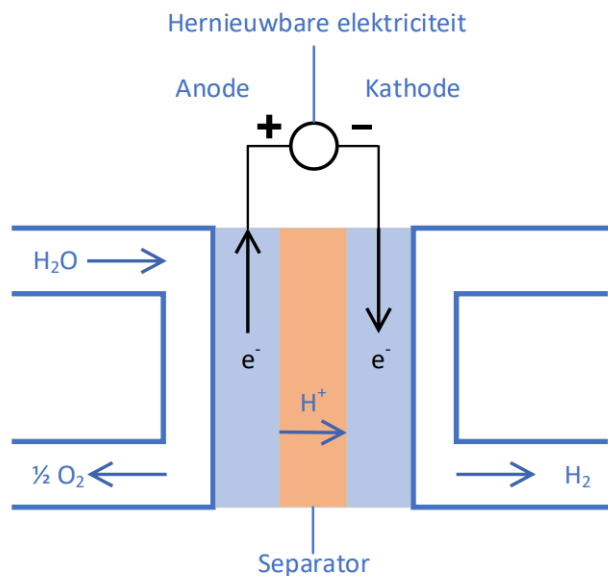
De waterstofmarkt ontwikkelt zich langzamer dan verwacht. De nationale ambities van windenergie op zee zijn bijgesteld en de twee demonstratieprojecten voor waterstofproductie op zee gepauzeerd. Hierdoor is het op dit moment niet opportuun om in te zetten op grootschalige waterstofproductie uit zout water. Zoals beschreven in het PEH, bevinden de voorkeurslocaties voor grootschalige elektrolyseprojecten zich in Noord-Holland in het Noordzeekanaalgebied en de kop van Noord-Holland. Door de beschikbaarheid van zout water en aanlandingen van groene elektriciteit op zee, bieden locaties aan de Noordzee kust mogelijkheden om in de toekomst over te stappen naar waterstofproductie uit zout water. Hiernaast zal kleinschalige waterstofproductie uit zout water, gezien de ruimte schaarste op land, vooral offshore moeten plaatsvinden. Door te sturen op opschalingsprojecten aan de Noordzee kust kan de benodigde kennis worden opgedaan, zodat de overstap naar waterstofproductie uit zout water soepel verloopt.

Bijlage 1: Interviewlijst

Naam	Organisatie
Irma Steemers-Rijkse	Wageningen University & Research (WUR)
Rene Peters	TNO
Tara van Abkoude	TNO
Jan Willem Langeraar	HYGRO
Michel Saakes	Wetsus
Kim Ruijs	Provincie Noord-Holland (Beleid)
Dave van Balkum	Provincie Noord-Holland (Beleid)
Hilde van der Wal	Provincie Noord-Holland (Beleid)

Bijlage 2: PEM Electrolyser

Op het gebied van elektrolyse zijn er verschillende ontwikkelingen. De meest belovende en geschikte techniek voor de productie van groene waterstof is de Proton Exchange Membrane (PEM) Electrolyser. De PEM-elektrolyser is een geavanceerde technologie die, in tegentelling tot de gebruikelijke alkaline elektrolyzers, geen gebruik maakt van circulerende vloeistof waardoor elektrische geleiding plaatsvindt, maar van een protonuitwisselingsmembraan (zie figuur 6).



Figuur 6. Schematische weergave van een proton exchange membrane (PEM) cel.

Dat membraan is een vaste stof waardoor enerzijds de protonen worden geleid en anderzijds de waterstof en zuurstof van elkaar worden gescheiden. Doordat er geen grote hoeveelheden corrosieve vloeistof circuleert, is de PEM elektrolyser een stuk compacter dan de alkalische variant. De snelle respons op variabele elektriciteitsvraag maakt de PEM-elektrolyser ideaal voor toepassingen met fluctuerende energieaanbod, zoals bij duurzame energiebronnen als zonne- en windenergie. De compacte bouw, hoge zuiverheid van de geproduceerde waterstof en het snelle reactievermogen maken de PEM-elektrolyser efficiënt voor kleinschalige en mobiele toepassingen. Uit onderzoek is gebleken dat deze techniek goed werkt en in praktijk aantrekkelijker is ten opzichte van andere elektrolyse technieken.

Provincie Noord-Holland
Gedeputeerde Staten

BEL/EN

Postbus 3007
2001 DA Haarlem
Telefoon (023) 514 3143
Fax (023) 514 3030

Houtplein 33
2012 DE Haarlem
www.noord-holland.nl