



# Eindverslag projecttoeslag voor TKI's

## OPENBAAR EINDRAPPORT

### Gegevens project

Projectnummer : TKI2022 HyXchange  
Projecttitel : Blueprinting the HyXchange Spot Market  
Penvoerder : TNO  
Projectperiode : maart 2022-dec 2023

## Resultaten van de activiteiten

### Openbare samenvatting van de resultaten

#### Aanleiding

In het energiesysteem van morgen speelt waterstof een belangrijke rol. Veel is echter nog onbekend over de dynamiek en volatiliteit van dit nieuwe systeem. Deze simulatiestudie is bedoeld om meer inzicht te krijgen in het waterstofsysteem: de tijdsafhankelijke variaties in marktvolume en marktprijs. Een belangrijke vraag is of deze waterstofmarkt volatiel is zoals de elektriciteitsmarkt (met prijsverschillen per uur of zelfs per kwartaal) of langzamer zoals de gasmarkt (met een prijs per dag). Dit is belangrijke informatie en nodig om een robuuste blauwdruk voor een waterstofbeurs op te stellen.

#### Werkwijze

Gesimuleerd wordt de waterstofhandel over de regionale en nationale waterstofbuisleiding die momenteel wordt ontwikkeld door HyNetwork Services (HNS) en die de Nederlandse, Duitse (NRW-regio)- en Gentse industriële clusters en havenregio's tegen 2030 met elkaar zal verbinden. Het zeer gedetailleerde optimalisatiemodel I-ELGAS (dispatchsimulatie) wordt gebruikt om de dynamiek van een optimale markttoewijzing te verkennen. Dit model optimaliseert het energiesysteem op basis van marginale operationele kosten, gaat uit van de toekomstige vraag en aanbod en opgesteld vermogen, en houdt rekening met intermitterende elektriciteitsproductie, en wettelijke eisen zoals de 42% groene waterstof in de industrie doelstelling. Deze simulatiestudie kijkt naar drie scenario's, namelijk:

- een regionale opstart in 2027, met losgekoppelde regio's en zonder opslagcapaciteit;
- een nationale opstart in 2027, gesimuleerd met de aanname van één aangesloten zoutcaverne-opslag;
- een nationaal systeem in 2030, gesimuleerd met de aanname dat er vier zoutcavernes zijn aangesloten.

Om het effect van een bepaalde aanname of variabele op het marktgedrag te bepalen, is een aantal scenario's voor 2030 geanalyseerd. Deze scenario's en varianten zijn onder te verdelen in twee categorieën: fysieke varianten en marktvarianten. Inzichten uit deze studie helpen om de volgende stap in de ontwikkeling van de Nederlandse waterstofmarkt vorm te geven en de regels en de specificatie van het handelssysteem voor de Nederlandse waterstofbeurs (HyXchange) te ontwikkelen.

#### Resultaten en inzichten

Specifiek zijn de volgende inzichten verkregen waarmee in de toekomst rekening moet worden gehouden:

- De tijdsheid van de marktvariaties is uurlijks. In 2030 is een groot deel van de productievataties te wijten aan de variabele waterstofproductie van elektrolyzers, aangedreven door uurlijkse variaties in elektriciteitsproductie en e-spotprijzen.
- De dispatch van het waterstofsysteem wordt sterk beïnvloed door de infrastructuur (regionaal versus nationaal), de beschikbaarheid van ammoniak (groen/blauw) import en kraken, en opslagcapaciteit.
- Opslag en geïmporteerde ammoniak bieden netbalanceringsdiensten en zijn beide nodig. In alle gevallen zijn beide flexibiliteitsleverende faciliteiten nodig, zij het met een verschillend accent.
- Dag- en intradagvariaties worden gegenereerd door de per uur variërende hernieuwbare input (wind, zon) vanuit elektrolyzers. De toevoer van groene waterstof uit elektrolyse centrales is onderhevig aan intermitterende omstandigheden. Dit moet worden gebalanceerd. Belangrijke balancerings door ammoniakkraken en/of SMR/ATR-

gasreforming zal nodig zijn in de mix, afhankelijk van de prijzen van geïmporteerd LNG en ammoniak en de beschikbaarheid van geïmporteerd ammoniakkraken.

- Elektrolyzers kunnen een deel van de elektriciteitsmarkt balanceren, dit geeft ze de mogelijkheid om wat extra inkomsten te genereren en ook de balans op het e-net te verbeteren.
- Er is een duidelijke premie voor het groene certificaat. We verwachten dat de waarde van het groene certificaat wordt vastgesteld op het verschil tussen de marginale productiekosten van blauwe en groene ammoniak (ervan uitgaande dat beide in voldoende mate beschikbaar zijn); dit verschil zal duidelijker worden richting 2030 en in toenemende mate afhangen van groene waterstofdoelstellingen (voor de industrie en andere sectoren) die door landen buiten de EU worden vastgesteld.

#### **Aanbevelingen**

Zorg voor de vroege marktomstandigheden; balanceren en liquiditeit is niet een gegeven. Uit deze studie blijkt dat de (groene) waterstofmarkt goed stabiel kan zijn, als er voldoende aanbieders van verhandelbare waterstof zijn (flexibiliteit en opslag). Het illustreert ook dat bij het opstarten van de markt (vanaf 2025), deze transporteerbare waterstof er misschien nog niet is, of misschien niet is aangesloten op alle regio's of eindgebruikers, ook vanwege de geleidelijke opbouw van de infrastructuur die tijd nodig heeft om volledig te worden ingezet. Dit kan ook leiden tot een tijdelijke ongelijkheid tussen regio's met betrekking tot eerlijke markttoegang tot groene waterstof en de waterstofbalanceren. Volgens de huidige inzichten kan dit ook worden verergerd door de strikte regels voor massabalanceren in groene H2 EU-certificaten (die het beste werken in een volledig ontwikkelde markt en infrastructuur). Tijdelijke maatregelen kunnen nodig zijn om de markt in de eerste jaren een veilige en voor iedereen eerlijke omgeving te bieden. Transparante toegang tot groene waterstofcertificaten en flexibiliteitscapaciteit zou een deel van de oplossing kunnen zijn.

### **Octrooien, artikelen en spin-offs**

<b>KPI</b>	<b>Omschrijving</b>
TRL bij start	Nvt
TRL bij afsluiting	Nvt
Vervolg	Anders, nl. verkenning opzetten van waterstof spot markt (beurs)
Aantal verwachte peerreviewed publicaties	0
Aantal gerealiseerde peerreviewed publicaties	0
Aantal gerealiseerde niet-peerreviewed publicaties	1
Aantal aangevraagde patenten	0
Aantal verleende licenties	0
Aantal prototypes	0
Aantal demonstrators	0
Aantal spin-offs (vervolgprojecten, spin-off bedrijven, etc)	2, toepassing van kennis door HyXchange en TNO in vervolg trajecten
Aantal nieuwe of verbeterde producten/ processen/ diensten geïntroduceerd	1, inzicht 2030 gebruikt voor analyse naar waterstof-index 2030
Impact	Project heeft in beeld gebracht wat de kansen en risico's zijn voor producenten, afnemers en handelaren in (groene) waterstof in twee tijdsperiodes. Studie geeft tevens inzicht in de economische waarde en onzekerheden tot periode 2030.
Eventuele toelichting resultaten:	

De modellen van TNO worden ook gebruikt in andere projecten, o.a. doorkijk naar 2035 tbv verdiepende analyse naar rol van ondergrondse opslag. HyXchange gebruikt resultaten om haar ontwikkelingsprogramma verder mee door te ontwikkelen.

### ***Uitvoering van de activiteiten***

Zie: [Spot market simulation | Hyxchange](#) voor het eindrapport (hoofdrapport en technisch rapport).

Contactpersoon (personen) voor meer informatie: Bert den Ouden, [b.denouden@hyxchange.org](mailto:b.denouden@hyxchange.org)

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