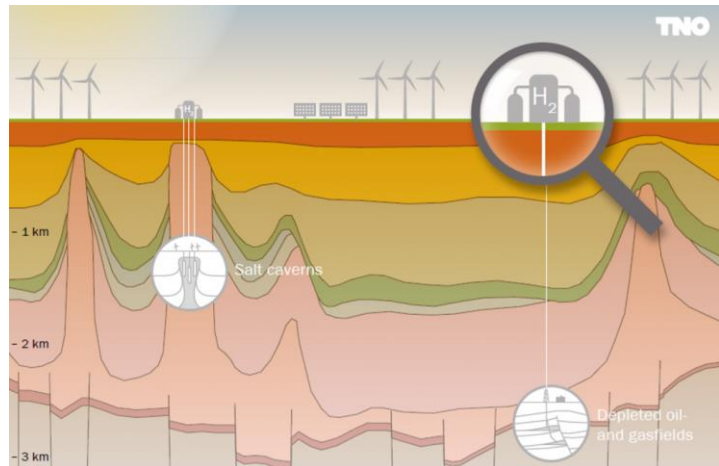


Factsheet | Opslag: waterstofopslag in de ondergrond

Opslag

- Achter-de-meterbatterijen
- CAES
- Systeembatterijen
- **Waterstofopslag in de ondergrond**
- Ijzerpoeder



Bron: [Geologische Dienst Nederland](#).

Algemeen: wat is het?

Waterstofopslag in de ondergrond biedt een oplossing voor grootschalige langetermijn-energieopslag. Waterstof kan worden opgeslagen in ondergrondse reservoirs, zoals zoutcavernes, lege gasvelden of gasbergingen. De waterstof kan op verschillende manieren geproduceerd of gewonnen worden. Groene waterstof wordt geproduceerd uit overtollige elektriciteit van hernieuwbare bronnen, zon en wind. Blauwe of grijze waterstof vanuit aardgas, en witte waterstof wordt als natuurlijke bron uit de ondergrond gewonnen. Bovengrondse waterstofopslag is niet realistisch, vanwege het grote volume dat hiervoor nodig is. Wanneer er vraag is naar energie, wordt de opgeslagen waterstof naar waterstofcentrales getransporteerd, waar het wordt omgezet in elektriciteit via verbranding of brandstofcellen. Dit opslagtype biedt een seizoensgebonden buffer voor schommelingen in hernieuwbare energieopwekking en draagt bij aan een stabiele energievoorziening zonder CO₂-uitstoot ([Geologische Dienst Nederland, 2024](#)).

Kenmerken

- **Vermogen opslag:** 1-10 GW.¹
- **Capaciteit per zoutcaverne:** 0,125-0,25 TWh.
- **Tijdsduur ontladen op vol vermogen:** enkele dagen tot enkele maanden.
- **Toepasbaarheid op schaalniveau:** hogedruk gasnet.
- **Technische realisatie:**
 - zoutcavernes: al mogelijk;
 - lege gasvelden of gasbergingen: moet nog worden aangetoond.
- **Investeringskosten:** zie criterium 'Betaalbaarheid'.
- **Efficiëntie:** ketenrendement elektriciteit naar (groene) waterstof naar elektriciteit: ~40%.
- **Realisatietijd ondergrondse opslag:** 2-5 jaar bij bestaande caverne, > 5 jaar als nieuwe caverne nodig is.
- **Ruimtelijke impact:** 7 m² per MWh.
- **Veiligheidsaspecten:** mogelijk risico op bodemdaling, seismiciteit of lekkage van waterstof ondergronds met bijbehorend brand- en explosierisico.

(NP RES, 2022)

Toepassing

Seizoensgebonden energieopslag: hernieuwbaar opgewekte elektriciteit kan langdurig worden opgeslagen via groene waterstof. In de ondergrond opgeslagen waterstof kan later, bijvoorbeeld in de winter (hoge vraag) of bij weinig opwekking door hernieuwbare bronnen, worden gebruikt om elektriciteit op te wekken. Ook kunnen andere soorten waterstof, zoals blauwe en witte, worden opgeslagen in de bodem.

Industriële toepassingen: waterstof kan naast elektriciteitsopwekking ook worden gebruikt als brandstof of grondstof voor industriële processen, zoals staalproductie, chemische processen en (bio)raffinage. Door gebruik te maken van groene waterstof kan de CO₂-uitstoot van deze sectoren drastisch worden verminderd.

Specifieke punten

Opslag in zoutcavernes of lege gasvelden: waterstof kan zeker worden opgeslagen in zoutcavernes, echter is de technische haalbaarheid voor gasopslag in lege gasvelden en gasbergingen nog niet bewezen. De potentie voor waterstofopslag in zoutcavernes, en geen aanvullende opslag, is alleen haalbaar als de vraag naar waterstof klein is. De potentiële opslagcapaciteit in zoutcavernes is namelijk beperkt. Als de toekomstige waterstofvraag voor lange-termijnopslag groot blijkt, zal waterstofopslag in lege gasvelden onderzocht moeten worden. In theorie zouden lege gasvelden vele malen grotere volumes kunnen bergen dan zoutcavernes. Daarnaast ligt de gasinfrastructuur bij lege gasvelden en gasbergingen er al, wat een groot voordeel is ([Pondera & CE Delft, 2023](#)).

Huidige stand van zaken Groningen

Waterstofopslag wordt nog niet toegepast in Groningen. GasUnie onderzoekt grootschalige waterstofopslag in zoutcavernes in Groningen bij Zuidwending.

Betaalbaarheid

Investeringskosten: dit zijn de kosten (in euro) die nodig zijn om één kWh aan opslagcapaciteit te realiseren. Operationele kosten worden niet meegenomen.

Investeringskosten: tot € 1 per kWh ([Common Futures](#)). Deze opslagkosten zijn niet direct te vergelijken met batterijopslag, aangezien er veel energie verloren gaat bij de omzetting van elektriciteit in waterstof en weer terug.

Betrouwbaarheid

Nog niet toegepast op grote schaal: het is via verschillende projecten aangetoond dat waterstof stabiel kan worden opgeslagen in zoutcavernes. Echter ontbreekt de schaal-grootte nog, waarmee het in de toekomst zou moeten worden opgeslagen. Opslag in lege gasvelden moet nog worden aangetoond ([GasUnie](#)).

Bodemrisico's: waterstofopslag in de ondergrond kan bepaalde risico's met zich meenemen. Het is bekend dat aardgaswinning tot seismische activiteit kan leiden, zoals in Groningen. De vraag heerst of waterstofopslag in de ondergrond een vergelijkbaar effect kan hebben. Daarnaast kan de doorlaatbaarheid van waterstof door bepaalde materialen en gesteenten risico's met zich meebrengen, zoals lekkages. Meer praktijkervaring en onderzoek zal moeten uitwijzen wat de risico's hiervan zijn.

Toekomstbestendigheid

Seizoensopslag: waterstofopslag kan voor lange periodes duurzame energie opslaan, waarvoor in Nederland weinig alternatieven zijn. Batterijopslag zal namelijk voornamelijk worden ingezet voor kortere termijn, vanwege technische en financiële redenen. Hiermee kan waterstofopslag een strategische rol vervullen binnen het toekomstige energiesysteem.

Zeldzame metalen elektrolyzers: groene waterstof wordt geproduceerd met elektrolyzers, waar zeldzame metalen voor nodig zijn, zoals platina en iridium. Deze materialen zijn schaars, maar het is niet te voorspellen hoe de beschikbaarheid van deze grondstoffen zich zal ontwikkelen. Onderzoek richt zich op het beperken van gebruik van deze schaarse metalen.

Beschikbaarheid

Waterstofcentrales: voor de inzet van waterstof als langdurig opslagmedium van elektriciteit zullen waterstofcentrales nodig zijn om de waterstof weer om te zetten in elektriciteit.

Beperkte productie van groene waterstof: momenteel wordt groene waterstof nog niet op grote schaal geproduceerd in Nederland. Er zijn verschillende grootschalige elektrolyseprojecten in ontwikkeling. De waterstofmarkt is nog in een opbouwende fase.

¹ Vermogenopslag geeft de snelheid aan waarmee waterstof kan worden opgeslagen in of onttrokken uit de ondergrond.

Ruimtelijke effecten

Weinig bovengronds ruimtegebruik: waterstofopslag vindt plaats onder de grond, waardoor het ruimtegebruik bovengronds zeer beperkt is. Naast opslag in ondergrondse reservoirs, zal een uitgebreid netwerk van ondergrondse gasleidingen nodig zijn om de waterstof te transporteren.

Ruimtelijke inpassing: waterstofopslag is mogelijk bij zoutcavernes en in de toekomst mogelijk ook in lege gasvelden. Ook is een aansluiting op het landelijke waterstofnetwerk van belang. Waterstof kan volgens GasUnie worden getransporteerd door het bestaande aardgasnetwerk, mits deze wordt aangepast. Bij lege gasvelden of gasbergingen ligt de infrastructuur er vaak al, bij zoutcavernes nog niet. Er worden momenteel plannen uitgewerkt voor waterstofopslag in vier zoutcavernes ([GasUnie](#)).

Overig

Alternatieve waterstoftoepassingen: waterstof kan naast de energieopslagtoepassing ook als grondstof voor de industrie worden gebruikt voor de productie van brandstoffen, kunstmest, basischemicaliën en in de toekomst ook staal.

Alternatieve energieopslagtechnieken: naast grootschalige waterstofopslag in de bodem kunnen andere opslagtechnieken worden toegepast. Duurzame elektriciteit kan ook worden omgezet in ammoniak of methanol.

Colofon

Delft, CE Delft, februari 2025

Deze publicatie is geschreven door:

Charley Bakker

Frans Rooijers

Joeri Vendrik

Marieke Nauta

Publicatienummer: 25.240321.003-15

Opdrachtgever: Provincie Groningen

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al sinds 1978 werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.