

Een win-win op systeemniveau: restwarmte uit waterstofproductie als aanjager voor de warmtetransitie

Christiaan van Soest - Greenvis / De Warmtetransitiemakers (DWTM)

Els van der Roest - KWR Water Research Institute

Nederland heeft ambitieuze waterstofambities, onder andere voor lokale productie met vooral groene stroom van wind op zee. Uiteindelijk zal deze waterstof ook vooral op zee worden geproduceerd, maar in eerste instantie komt de stroom aan land en vindt elektrolyse daar plaats. Daarbij biedt de locatiekeuze extra kansen voor systeemintegratie. Door omzettingsverliezen bij elektrolyse komt namelijk ook restwarmte vrij. Het nuttig inzetten van die restwarmte voor warmtenetten in steden kan zowel de opschaling van waterstofproductie als de warmtetransitie helpen versnellen.

Waterstofambities in Nederland

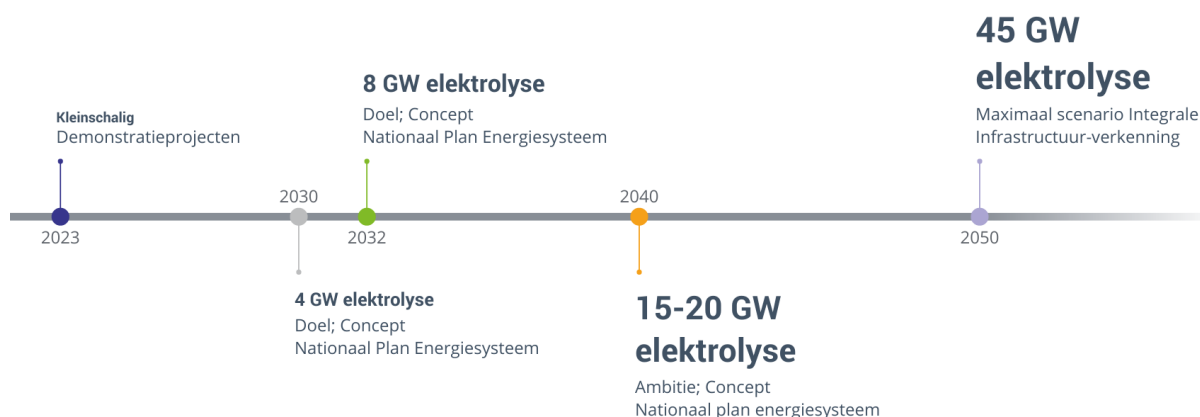
Het [Nationaal Plan Energiesysteem](#) zet in op een flinke nationale productie van waterstof: binnen 10 jaar moeten de demonstratieprojecten groeien naar 8 GW elektrolysecapaciteit. Voor de twee decennia daarna is elke 8 jaar een verdubbeling van de elektrolysecapaciteit voorzien. De geproduceerde groene waterstof vindt toepassingen in de industrie (hogetemperatuur-warmte), en in zwaar wegtransport, scheepvaart en luchtvaart. De groene waterstof dient daarbij als grondstof en als opslagmedium voor het balanceren van het energiesysteem (aldus het NPE).

Tot 2030 vindt de elektrolyse grotendeels op land plaats, met duurzame elektriciteit van wind op zee, die via kabels aan land wordt gebracht. Op termijn zal de groene waterstof steeds meer direct op zee worden geproduceerd en met buisleidingen aan land gebracht. Daarnaast zullen er kleinschaligere (tot 10-20 MW) locaties zijn voor productie van groene waterstof, bij zon- of windparken op locaties met bijv. netcongestie.

Het [Ontwerp-programma Energiehoofdinfrastructuur](#) heeft een aantal voorkeursgebieden aangewezen voor grootschalige elektrolyse (>100 MW), vooral bedoeld om industriegebieden nabij de kust de mogelijkheid te bieden over te stappen op groene waterstof. Voorbeelden daarvan zijn het Noordzeekanaalgebied, Rotterdam-Moerdijk, Eemshaven-Delfzijl en Terneuzen-Borssele.

Groene waterstofproductie met elektrolyse

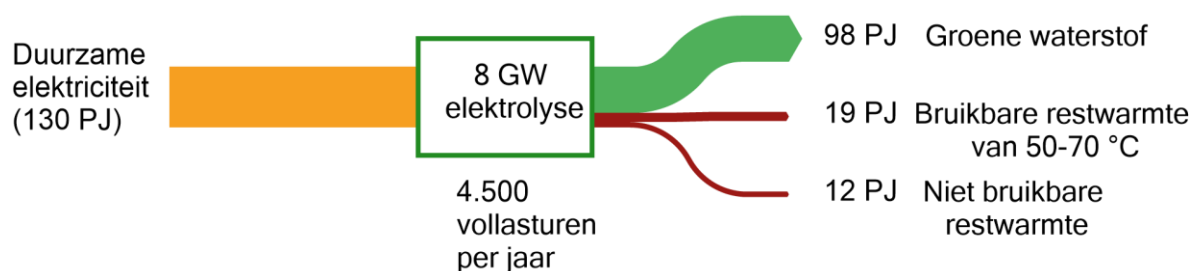
Groeiambities voor productie in Nederland



Kansen voor restwarmte

Bij de productie van waterstof uit elektriciteit en water gaat onvermijdelijk een deel van de energie verloren in de vorm van warmte. Deze restwarmte kan nuttig worden ingezet voor andere doeleinden in de nabije omgeving van de elektrolyser. Ongeveer 15% van de duurzame elektriciteit die de stack van de elektrolyser in gaat, [kan vrij eenvoudig worden hergebruikt als duurzame restwarmte van 50-70°C](#). Die temperatuur sluit goed aan op behoeften aan ruimteverwarming en (afhankelijk van de exacte temperatuur) ook op behoeften aan warm tapwater. Daarmee is de duurzame restwarmte uit elektrolyse een interessante warmtebron voor een warmtenet.

Wanneer we de 15% herbruikbare restwarmte projecteren op de 8 GW elektrolyse capaciteit in 2032 uit het Klimaatakkoord, dan hebben we het over 1,2 GW restwarmte. Per jaar gaat het om 5.400 GWh aan restwarmte, uitgaande van elektrolysers die 4500 vollasturen per jaar maken. Omgerekend is dat ruim 19 miljoen GJ bruikbare restwarmte met een 'midden temperatuur' van 50-70°C. Dat is voldoende om 648.000 woningen jaarlijks te voorzien van 30 GJ warmte.



Bovenstaande in perspectief

Bij elkaar opgeteld waren [de 22 grootste warmtenetten in Nederland in 2021 samen goed voor ruim 380.000 aansluitingen](#), inclusief bedrijfspanden en gebouwen met (nu nog) een laag energielabel. De grootste 22 warmtenetten leverden in 2021 in totaal ruim 23 miljoen GJ warmte aan afnemers. De 19 miljoen GJ duurzame restwarmte die (in 2032) beschikbaar komt bij 8 GW elektrolyse is in theorie dus ruim voldoende om onze bestaande warmtenetten grotendeels te voorzien van duurzame warmte.

Wat is de warmtevraag van warmtenetten?

Het PBL heeft eind 2022 alle gemeentelijke ambities voor de warmtetransitie geïnterpreteerd ([Overzicht Transitievisies Warmte: Signalen, Obstakels & Potentieel](#)). De gemeentelijke plannen blijken in veel gevallen nog behoorlijk vaag te blijven, wel bestaat er een aanzienlijke ambitie om gebouwen aan te sluiten op warmtenetten. Door op te tellen waar in de transitievisies warmte van de Nederlandse gemeenten een einddatum wordt genoemd, komen we op een totaal van:

- ruim 750.000 woningequivalenten met warmtenetaansluitingen in 2030 en
- ruim 2.500.000 woningequivalenten met een warmtenetaansluitingen in 2050.

Daarbij staat een woningequivalent gelijk aan een gemiddelde jaarlijkse warmtebehoefte van 30 GJ. Het aantal woningequivalenten zoals genoemd voor 2030 laat zich dus vertalen naar een behoefte aan warmtelevering van 22,5 miljoen GJ: dat ligt in dezelfde orde van grootte als de restwarmte die rond 2032 beschikbaar kan komen bij elektrolyse. We constateren daarom dat restwarmte uit elektrolyse de potentie heeft om een belangrijke duurzame warmtebron te worden voor warmtenetten in Nederland.

Als we deze warmtebron willen benutten, moeten we de productie van waterstof op land plaatsen nabij steden waar een warmtenet is of komt en tegelijkertijd rekening houden met zowel de waterstofinfrastructuur als de elektriciteitsinfrastructuur bij de aanlanding van elektriciteit uit wind op zee. Plaats elektrolyzers bijvoorbeeld nabij bedrijventerreinen om waterstof beschikbaar te maken voor de lokale industrie en verwarm een nabijgelegen stad met de restwarmte.

Aanvullende kans 1: MT-warmtenet vraagt minder isolatie en 'ontzorgt'

Restwarmte uit elektrolyse komt beschikbaar bij een 'midden temperatuur' (MT). Wanneer een warmtenet deze temperatuur kan leveren aan gebouwen, hoeft minder te worden geïnvesteerd in isolatiemaatregelen om comfortabel te kunnen verwarmen. Voor veel gebouwen kan een MT-warmtenet daarom een interessante manier van 'ontzorging' zijn.

Aanvullende kans 2: Waterstof als regelbaar vermogen voor elektriciteitsnet plus restwarmte

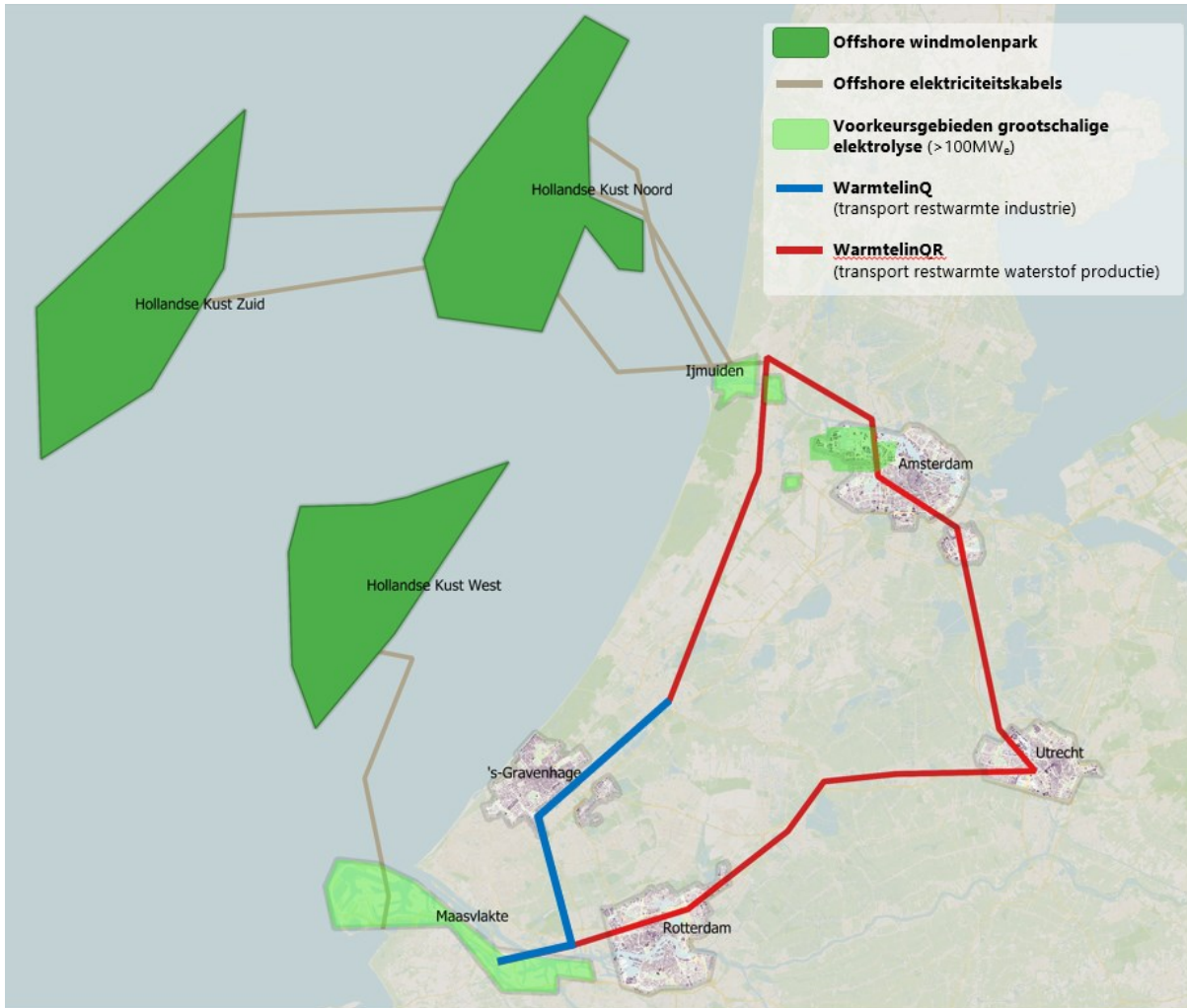
Waterstof zal gedeeltelijk ook worden ingezet als CO₂-vrij regelbaar vermogen voor onze elektriciteitsvoorziening. Indien nodig, kan waterstof worden omgezet in elektriciteit (eerst met gasturbines, op termijn ook met brandstofcellen). De omzetting in brandstofcellen heeft een rendement van ongeveer 60%, er komt hierbij dus ook veel restwarmte beschikbaar die net als bij elektrolyse kan worden ingezet voor een warmtenet.

Groot durven denken: een Hollandsche WarmtelinQR

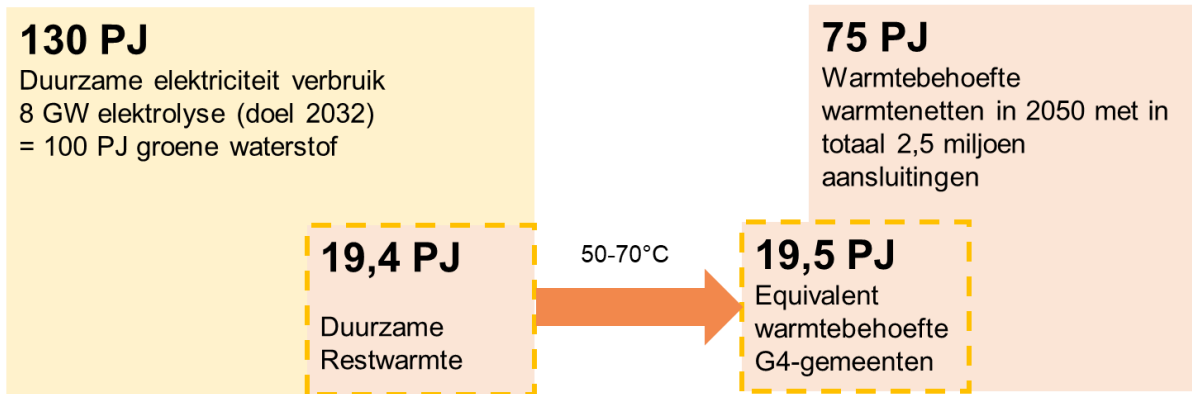
Warmtetransportleidingen zoals de WarmtelinQ zijn een soort snelweg voor warmtetransport. Aanzienlijke vermogens kunnen met beperkte verliezen over redelijke afstanden worden getransporteerd. Stel dat de WarmtelinQ die nu wordt aangelegd doorgroeit en dat ook de steden Haarlem, IJmuiden, Amsterdam, Utrecht, Woerden en Gouda worden aangesloten. Op die manier ontstaat een ringleiding voor warmtetransport, een WarmtelinQR (spreek uit als 'warmtelinker').

Hieronder hebben we verschillende inzichten gecombineerd op één overzichtskaart voor een toekomstvisie waarin we bewust groot denken. Die visie omvat:

- De windmolenparken Hollandse Kust (noord, zuid en west) en aanlanding van elektriciteitskabels op de Maasvlakte en bij IJmuiden;
- Gebieden die in het Ontwerp-programma energiehoofdstructuur waarschijnlijke locaties voor elektrolyse op land zijn;
- Een uitbreiding op het tracé van de WarmtelinQ transportleiding, zodat via een ringleiding warmte uitwisseling mogelijk is tussen de warmtevraag en het duurzame restwarmte aanbod uit elektrolyse. Een dergelijke ringleiding zou in ieder geval duurzame warmte kunnen leveren aan de G4 gemeenten.



In de bovenstaande figuur is het tracé van een WarmtelinQR zo uitgebreid dat duurzame restwarmtelevering aan de G4 steden mogelijk wordt. Bij elkaar opgeteld omvat de bebouwde kom van deze vier steden ruim 648.000 panden. Met isolatiemaatregelen kunnen we de gemiddelde warmtevraag per pand naar 30 GJ/jaar reduceren. De totale jaarlijkse warmtevraag van de G4 is dan circa 19,5 miljoen GJ. Dit sluit goed aan bij de restwarmte die beschikbaar komt uit 8 GW elektrolyse (zie figuur hieronder). De WarmtelinQR zal natuurlijk ook door andere duurzame en restwarmtebronnen worden gevoed, maar het is duidelijk dat de restwarmte uit elektrolyse een niet te onderschatten bron is.



Een bijkomend voordeel is dat er nu nog gekozen kan worden waar de elektrolyse wordt gerealiseerd. Productie van waterstof (en dus restwarmte) nabij Tata Steel en op de Maasvlakte is een 'no-brainer', maar ook de binnenlandse industrie kan worden voorzien van lokaal geproduceerde waterstof. Op die manier maak je het energiesysteem robuuster, terwijl de restwarmte uit elektrolyse kan worden ingezet als boost voor de WarmtelinQR.

Warmte als integraal onderdeel van waterstofontwikkeling

De ontwikkelingen rondom waterstof en warmte kennen allebei hun eigen uitdagingen, maar zoals we hier hebben laten zien ligt er meerwaarde in de koppeling van beide sectoren. Laten we bij de ontwikkeling van waterstof projecten de restwarmte niet vergeten. Gebruik van restwarmte kan zelfs sturend zijn voor de plaatsing van elektrolyzers. Op die manier kan er een win-win situatie ontstaan. De efficiëntie van het totale elektrolyse-systeem (waterstof + restwarmte) kan tot 90% worden verhoogd als restwarmte nuttig wordt ingezet, en onze steden hebben er een grote duurzame warmtebron bij.