

WATERSTOFWIJK PLAN VOOR WATERSTOF IN HOOGVEEEN



INHOUDSOPGAVE

LEESWIJZER	5	BIJLAGEN	79
1. HOOGVEEN VAN VEEN NAAR WATERSTOF	7	Bijlage 1. Eigenschappen waterstof in vergelijking met aardgas	80
2. WATERSTOF IN DE GEBOUWDE OMGEVING	13	Bijlage 2. Risico's	82
2.1 Waarom en wanneer	13	Bijlage 3. Veiligheidsaspecten in de keten vanaf het losstation tot aan de woning	83
2.2 Wat is waterstof?	16	Bijlage 4. Resultaten van het draagvlakonderzoek	86
2.3 De waterstofketen voor verwarming van woningen	17	Bijlage 5. Overzicht juridische scan	88
2.4 Draagvlak	23	Bijlage 6. Hoofdwetgeving Bouw	90
3. TOEPASBAARHEID WET- EN REGELGEVING	29	Bijlage 7. Hydrogreenn, Consortium en Projectteam	94
3.1 Juridische quickscan	30	LIJST VAN AFKORTINGEN	99
3.2 Juridische marktvergelijking	33	COLOFON	100
4. WATERSTOF EN VEILIGHEID	41		
4.1 Normen en regelgeving	41		
4.2 Risicoanalyse	45		
5. WATERSTOF TOT IN DE WONING	47		
5.1 Aanvoer waterstof en leveringszekerheid	48		
5.2 Het gasontvangststation	50		
5.3 Van gasontvangststation tot en met de meter	51		
5.4 Uitvoering	61		
5.5 Waterstof voor verwarming van de woning	63		
6. INDICATIEVE MKBA EN ALTERNATIEVEN	65		
6.1 Maatschappelijke kosten-batenanalyse	65		
6.2 Alternatieven	70		
6.2.1 Brandstofcel	70		
6.2.2 Waterstofwijkcentrale	71		
7. SAMENVATTEND	73		
7.1 Conclusies	74		
7.2 Aanbevelingen	75		
7.3 Eye-openers	76		
7.4 Implementatie	78		

LEESWIJZER

In dit publieke rapport wordt waterstof als een aanvullende mogelijkheid voor verduurzaming van de warmtevoorziening in woonwijken gepresenteerd. Het demonstratieproject Waterstofwijk Hoogeveen dient hierbij als rode draad. Voor andere wijken zal per geval bekeken moeten worden of de waterstofoptie echt past bij die wijk.

Hoofdstuk 1 geeft een overzicht en samenvatting van het project Waterstofwijk Hoogeveen en de resultaten.

Hoofdstuk 2 beschrijft het gebruik van waterstof in de gebouwde omgeving en de context. Ook besteden we aandacht aan wat waterstof is en aan de maatschappelijke steun voor waterstof in de (bestaande) gebouwde omgeving.

In **hoofdstuk 3** wordt een analyse gepresenteerd van de toepasbaarheid van bestaande wet- en regelgeving voor het gebruik van waterstof in de gebouwde omgeving.

In **hoofdstuk 4** wordt het gebruik van waterstof in de gebouwde omgeving in relatie tot veiligheid en risico's uitgewerkt.

Hoofdstuk 5 geeft een weergave van de keuzes die zijn gemaakt of worden beoogd voor de waterstofwijken in Hoogeveen: het aansluiten van 80 tot 100 woningen op een waterstofdistributienet in de nieuwbouwwijk Nijstad-Oost en het omzetten naar waterstof van ruim 400 huizen in de bestaande wijk Erflanden. Ook het waterstofvoorzieningssysteem dat zorgt voor de aanvoer van waterstof naar de wijken komt aan bod.

Hoofdstuk 6 bevat een korte analyse van alternatieven, het gebruik van brandstofcellen in huis of een wijkcentrale op waterstof, gekoppeld aan een lokaal warmtenet. Daarnaast komen de belangrijkste resultaten aan bod van een maatschappelijke kosten-batenanalyse waarin verwarmingsalternatieven voor ruim 400 bestaande woningen in Hoogeveen zijn vergeleken.

Het afsluitende **hoofdstuk 7** brengt de conclusies en aanbevelingen bij elkaar. Daarnaast is er een aantal 'eye-openers' te vinden: constatering en bevindingen die de partners tijdens het project zijn tegengekomen, en die ze vooraf niet hadden verwacht. Het hoofdstuk eindigt met enkele overwegingen over de implementatie van de resultaten van het demonstratieproject.

In de **bijlagen** zijn details, verdiepingen, opsommingen en achtergrondinformatie te vinden.

'Waterstof is de sleutel naar de klimaattransitie'

– Ed Nijpels (voorzitter Klimaatberaad)

Dit publieke rapport is bedoeld voor de volgende doelgroepen:

1. Beleidsmakers bij nationale overheid, provincies, gemeenten of veiligheidsregio's die inzicht willen krijgen in de impact die de inzet van waterstof voor een bestaande of nieuwbouwwijk heeft en de thema's die daarbij een rol spelen.
2. Bestuurders die inzicht willen krijgen in de mogelijke bijdrage van waterstof bij het ontwikkelen van een warmtevisie voor hun gemeente en de wijze waarop ombouw van een wijk naar waterstof – als duurzaam alternatief voor aardgas – eruit zou kunnen zien.
3. Ontwikkelingsmaatschappijen, projectontwikkelaars en consultants die inzicht willen krijgen in de stappen die nodig zijn om op wijkniveau waterstof in te zetten in het energiesysteem.
4. Samenwerkingsverbanden van burgers in wijk- of energiecoöperaties die actief willen meedenken en -doen bij het energieneutraal maken van hun eigen woonwijk.

1. HOOGEVEEN VAN VEEN NAAR WATERSTOF

Hoogeveen is letterlijk afgegraven en weer opgebouwd. De veenafgravingen waren van groot belang voor de energievoorziening van het westen van Nederland. Nu ligt er een kans om Hoogeveen met de 'Waterstofwijk' weer een vergelijkbare rol te laten spelen: laten zien dat duurzame waterstof een belangrijke bijdrage kan leveren aan het aardgasvrij maken van een deel van de Nederlandse woningvoorraad, met hergebruik van het bestaande aardgasnetwerk en met behulp van een nieuwe waterstof-cv-ketel.

Bij de ontwikkeling van de nieuwbouwwijk Nijstad-Oost met 100 woningen, wilde de gemeente niet alleen een duurzame landschappelijke buurt realiseren, maar ook inzetten op de combinatie van stedelijke ontwikkeling en het activeren van duurzame energieopwekking in de omgeving van de nieuwbouw. Zo is het demonstratieproject voor waterstof ontstaan. Via de provincie Drenthe is het project door een consortium van 22 partijen uit het netwerk HYDROGREENN geadopteerd als 'greenfield' pilotproject. De gemeente heeft van meet af aan ingezet op de daadwerkelijke realisatie van het demonstratieproject, als eerste bij de nieuwbouw van Nijstad-Oost, om te laten zien dat de toepassing van waterstof in een woonwijk uitvoerbaar is. De volgende stap is opschaling naar de naastgelegen bestaande wijk Erflanden, om te laten zien dat de waterstoftoepassing in een bestaande wijk en met gebruikmaking van het bestaande gasnet mogelijk is.

Zo wordt niet alleen een hoofdstuk toegevoegd aan de energiegeschiedenis van Hoogeveen, maar ook een extra oplossing geboden om bestaande woonwijken om te bouwen tot aardgasvrije wijken. Een oplossing met een zodanige mate van comfort, gemak van ombouw, veiligheid en betaalbaarheid voor inwoners, dat zij bereid zijn over te stappen. Een oplossing die in het lokale keuzeprocess meegewogen kan worden op basis van de lokale situatie, mogelijkheden en draagvlak. Want het is geen oplossing voor alle wijken: waterstof kan een *onderdeel* zijn van de energiemix in de gebouwde omgeving.

Als een wijk van aardgas naar groene waterstof kan worden overgezet, geeft dat bewoners toekomstige keuzevrijheid: meedoen zonder veel gedoe terwijl je de optie openhoudt om, indien de situatie veranderd, later over te stappen op andere oplossingen. Er wordt wel direct gebruik gemaakt van een duurzame oplossing. Het kan daarmee ruimte scheppen voor een geleidelijke overgang.

Reikwijdte van het demonstratieproject

Doel van dit project, mede mogelijk gemaakt door ondersteuning van rvo, is een ontwerp te maken voor de omzetting van aardgas naar waterstof voor de verwarming van een bestaande wijk in Nederland, met gebruikmaking van de bestaande gasinfrastructuur. Binnen dit project is primair een (technisch) ontwerp ontwikkeld voor de benodigde 100% waterstof-infrastructuur in een nieuwe wijk. Er is gekozen voor de 'greenfield' situatie van een nieuwe wijk, omdat daarmee alle parameters onder controle zijn en de veiligheid maximaal geborgd kan worden. Het uiteindelijke doel is een waterstofoplossing voor de bestaande bouw.

Ook is een brander ontwikkeld voor waterstof-cv-ketels en zijn verschillende componenten in de ketel aangepast. Duurproeven met de waterstof-cv-ketels en de te gebruiken gasmeters in de woning worden sinds juni 2020 uitgevoerd op EnTranCe.

In dit rapport laten we zien dat waterstof, naast andere gangbare duurzame alternatieven zoals warmtenetten en (hybride) warmtepompen, een belangrijke bijdrage kan leveren aan het verduurzamen van de warmtevoorziening van bestaande woningen.



Afbeelding 1.1 Luchtfoto met beoogde plandelen van de Waterstofwijk Hoogeveen.

Belangrijkste conclusies uit dit project:

- Waterstof in de gebouwde omgeving is een goede aanvulling op de bestaande oplossingen om woonwijken aardgasvrij te maken. Voldoende (lokale) beschikbaarheid van groene waterstof is wel een randvoorwaarde voor toekomstige opschaling.
- Bij voldoende beschikbaarheid kan de toepassing van groene waterstof resulteren in lage maatschappelijke kosten, het versneld bereiken van CO₂-doelstellingen en een geleidelijke energietransitie. De ontwikkelde oplossing heeft exportpotentieel.
- De NOx-uitstoot van de waterstof-cv-ketel is veel lager dan gedacht, en lager dan van de huidige aardgasketels. De waterstof-cv-ketel komt in de plaats van de huidige hr-ketel waarbij de rest van de verwarmingsinstallatie in de woning ongewijzigd kan blijven.
- De ontwikkelde oplossing kan dezelfde veiligheid bieden als een systeem op aardgas. Het aardgassysteem kan hergebruikt worden. Wel moet er meer ervaring worden opgedaan bij gebruikers, installateurs, overheden en netbeheerders.
- De overstap naar een op waterstof gebaseerde verwarming veroorzaakt voor bewoners relatief weinig overlast en biedt extra ruimte voor toekomstige keuzes, bijvoorbeeld voor 'all-electric'.
- Talloze aandachtspunten blijven van belang: de woonhuisverzekering, toestemming van instanties, vervanging van andere gasapparatuur naast de cv-ketel, borging van de leveringszekerheid enzovoort.
- Bestaande regelgeving biedt voldoende ruimte om, met wat creativiteit, pilots voor waterstofketens te realiseren. Wel vraagt de wet- en regelgeving bij afwijking (t.o.v. aardgas) soms om nadere onderbouwing, afspraken of creatieve keuzes met bijbehorende doorlooptijden. Uiteindelijk is het van belang dat de regelgeving – bij perspectief van opschaling van waterstof – aan gaat sluiten bij de toepassing daarvan.

Belangrijkste aanbevelingen uit dit project:

- Om de stammenstrijd tussen de verschillende aardgasvrije oplossingen tot een einde te brengen, moet nationaal beleid worden ontwikkeld of – en hoe – de totale kosten maatschappelijk te verdelen.
- Energietransitie is kwetsbaar, omdat het streven naar draagvlak niet wordt ondersteund door een zorgvuldige afsluit- of aansluitplicht. Dit zal moeten veranderen om het collectief omzetten van kansrijke wijken naar waterstof zeker te stellen.
- De optelsom van positieve randvoorwaarden kan helpen bij de realisatie van waterstofprojecten, waarbij een gunstige ligging een pre is. De waterstofwijk in het demonstratieproject ligt naast een locatie die zeer geschikt is voor de aanvoer, opslag en lokale productie van groene waterstof met ter plaatse opgewekte zonnestroom. De waterstofvoorzieningen passen binnen de bestaande externe veiligheidscontour¹, en de toekomstige waterstofbackbone van Gasunie loopt er vlak langs. In het kader van het oplossen van de regionale congestieproblematiek² in het elektriciteitsnet zijn ook de koppelkansen met de naastgelegen NAM-locatie, de RWZI Echten en de zoneroute A37 gunstig te noemen.

¹ In externe veiligheidsberekeningen wordt gebruik gemaakt van een kwantitatieve risicoanalyse waarmee veiligheidscontouren en veiligheidsafstanden rondom installaties worden berekend.

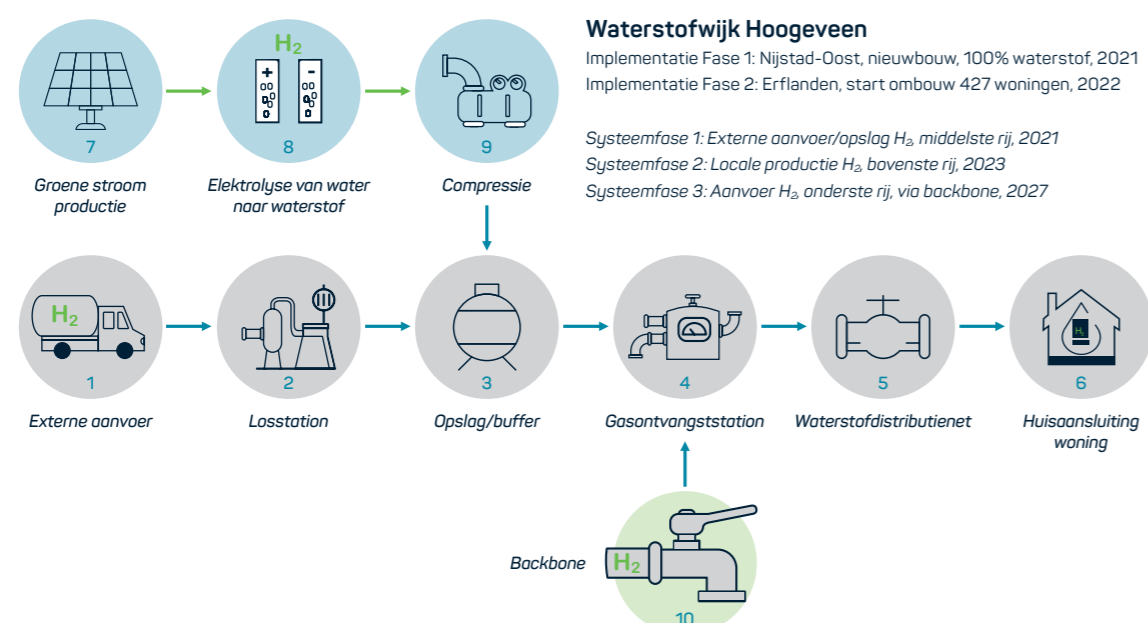
² Netcongestie: door toename van het aandeel duurzaam opgewekte elektriciteit door zon en wind kan op sommige momenten de regionaal beschikbare netcapaciteit onvoldoende zijn om alle aangeboden elektriciteit in het net te kunnen opnemen.

Droom

Naast het concrete projectdoel hebben we als consortium ook nog een *droom*: het toevoegen van een duurzame warmteoptie aan het bestaande portfolio. Per woonwijk zal bekeken moeten worden welke optie op welke termijn het beste past. Groene waterstof kan, als 'all-electric' of een warmtenet geen eerste keuze is, op een veilige manier en gedragen door de bewoners, de energietransitie vergemakkelijken. Voorwaarde is dat er voldoende betaalbare groene waterstof beschikbaar komt.

Fasering realisatie

Aansluitend aan dit demonstratieproject Waterstofwijk Nijstad-Oost, wordt gestreefd naar het realiseren van deze droom.



Waterstofwijk Hoogeveen augustus 2020

Afbeelding 1.2. De implementatiefase bestaat uit het aansluiten van de woningen op het waterstofdistributienet. De aanvoer van waterstof naar het waterstofdistributienet en de woningen gebeurt in drie systeemfasen.

De eerste implementatiestap, eind 2021, is de realisatie van de nieuwe wijk Nijstad-Oost, die zal bestaan uit tachtig tot honderd woningen rondom acht erven. Zeven van deze erven worden aangesloten op een waterstofnet, en de huizen worden voorzien van een waterstof-cv-ketel. In het begin wordt de waterstof aangevoerd met behulp van een tubetrailer (een oplegger met buisvormige waterstoftanks) en opgeslagen bij Hoogeveen. Eén erf³ wordt niet aan het waterstofnet in de wijk verbonden, maar wekt zelf duurzame energie op, en de waterstof voor de betreffende huizen wordt centraal opgeslagen.

³ Dit laatste voorbeeld valt buiten de reikwijdte van dit publieke rapport.

De tweede implementatiefase gaat over bestaande bouw. Erflanden is een bestaande wijk van 1150 woningen aan de westrand van Hoogeveen. De woningen, grotendeels uit de periode 2000 tot 2005, zijn representatief voor de Nederlandse huizenvoorraad uit die periode. Ze zijn voorzien van een goed isolatiepakket, maar niet voldoende geïsoleerd om energieneutraal te zijn. Ook zijn de inmiddels twintig jaar oude huizen doorgaans niet voorzien van een laagtemperatuurverwarming. Ze voldoen dus niet meer helemaal aan het huidige niveau van eisen. Het is de bedoeling om tussen 2022 en 2026 stapsgewijs in totaal 427 bestaande woningen aan te sluiten op een 100% waterstofnet.

Bij het project Waterstofwijk Hoogeveen bestaat ook de optie om gebruik te blijven maken van het bestaande aardgasnet, waarbij dan maximaal twintig procent waterstof kan worden bijgemengd⁴. De projectpartners hebben er echter voor gekozen om dit alternatief niet uit te werken: het doel is immers om in 2050 geheel CO₂-vrije wijken te hebben.

Magie van de samenwerking

Het succes van dit project is voor een belangrijk deel te danken aan HYDROGREENN, een consortium van 22 partners vanuit bedrijfsleven, kennisinstellingen en overheden, dat in 2018 op initiatief van de Hanzehogeschool Groningen en Stork is gestart. Daardoor was er vanaf de start al voldoende draagvlak.

Het bij elkaar brengen van verschillende systeemwerelden bleek goed te werken. De welwillende uitwisseling van kennis en ideeën maakte het geheel groter dan de som der delen. Ook het in een vroeg stadium erbij betrekken van de toekomstige eindgebruikers van de woningen, nog voordat de plannen uitontwikkeld waren, heeft het project een belangrijke boost gegeven. Wat heb je aan techniek als er geen draagvlak bij de bewoners is? De aanpak die in dit project is gebruikt, gaat uit van het technische ontwerp. Aan de hand daarvan zijn vragen geformuleerd die betrekking hebben op de daadwerkelijke realisatie van het project. Te denken valt aan belangrijke onderwerpen als veiligheid, duurzaamheid, betaalbaarheid, leveringszekerheid, mensgerichtheid en marktordening. Deze aanpak is ook te gebruiken voor andere nieuwe duurzame oplossingen. Naar onze ervaring helpt het mee het 'grote probleem' stapsgewijs op te lossen.

De samenwerking gaat ook verder: Waterstofwijk Hoogeveen moet gezien worden in samenhang met talloze andere waterstofprojecten in de regio. Deze projecten samen vormen een kansrijke toekomstige infrastructuur. En die infrastructuur is een voedingsbodemp voor de verdere groei van de waterstofeconomie in Noord-Nederland.

⁴ Een langzaam toenemend percentage waterstof in aardgas bijmengen vraagt steeds opnieuw een aanpassing van de branderinstellingen in een cv-ketel. Dit geldt ook voor andere toestellen op aardgas, zoals gasfornuizen. In de transitieperiode tot 2050 kan deze bijmengstrategie een rol spelen. De bereikte CO₂-besparing is echter beperkt.

Hoe verder?

In april 2020 heeft de gemeente Hoogeveen tevens een aanvraag gedaan voor een bijdrage voor de tweede proeftuin in het Programma Aardgasvrije Wijken. Deze aanvraag bevat een onderbouwde businesscase om 427 woningen in de bestaande wijk Erflanden de komende jaren om te zetten van aardgas naar waterstof. De aanvraag is gedaan in samenwerking met de bewonersraad Waterstofwijk Erflanden en N-TRA, onderdeel van de regionale netwerkbeheerder RENDO. Eind oktober 2020 is de financiële bijdrage vanuit het Programma Aardgasvrije Wijken toegekend.

Spin-off

Los van de resultaten binnen het rvo-waterstofwijkproject heeft de samenwerking tijdens de looptijd al een aantal spin-offs opgeleverd, zoals deelname in de Europese subsidie voor Hydrogen Valley voor de hele waterstofketen in Noord-Nederland en het ontwerpen en bouwen van een Waterstof Tiny House, samen met onderwijs en het lokale bedrijfsleven, betaald uit de regiodeal Zuid en Oost-Drenthe.



2. WATERSTOF IN DE GEBOUWDE OMGEVING

2.1 WAAROM EN WANNEER

Het feit dat bij de productie en verbranding van waterstof geen CO₂ vrijkomt, maakt (groene) waterstof tot een interessante energiedrager met het oog op de noodzakelijke terugdringing van de uitstoot van broeikasgassen. Daarom wordt in het Klimaatakkoord van december 2018 het belang van waterstof voor verschillende sectoren onderstreept. Eind maart 2020 is de Waterstofvisie⁵ van de regering gepubliceerd. Het project Waterstofwijk Hoogeveen wordt in de Waterstofvisie expliciet genoemd als kansrijke pilot. De overheid zal vóór 2021 een nationaal waterstofprogramma opstellen.

In de Waterstofvisie worden mogelijkheden gezien voor het gebruik van waterstof als duurzame energiedrager voor mobiliteit en (zwaar) transport, als grondstof of energie voor de industrie, als grootschalig opslagmedium voor de energiesector en mogelijk óók in de gebouwde omgeving. In de industrie wordt waterstof al langere tijd gebruikt, en de ervaringen uit die sector zijn waardevol voor de verkenning van de mogelijkheden in de gebouwde omgeving.

Doel is om de randvoorwaarden voor het veilig toepassen van waterstof in de gebouwde omgeving op orde te krijgen. De verwachting op basis van de huidige plannen is dat er pas na 2030 significante volumes (groene) waterstof beschikbaar zullen zijn.

Hoewel waterstof op dit moment^{6,7} nog geen optie is die grootschalig kan worden toegepast, neemt de overheid waterstof al wel mee in de leidraad voor gemeenten voor de verduurzaming en het aardgasvrij maken van de gebouwde omgeving. Daarbij wordt rekening gehouden met de onzekerheid rond de beschikbaarheid en de prijs van groene waterstof voor de gebouwde omgeving. Naar verwachting zal de beschikbaarheid van groene waterstof op de middellange termijn (2025-2030) blijven toenemen.

⁵ Waterstofvisie maart 2020 <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2020/03/30/kamerbrief-over-kabinetsvisie-waterstof>

⁶ Outlook for a Dutch hydrogen market https://www.rug.nl/ceer/blog/ceer_policypaper_5_web.pdf

⁷ TNO 2020: 'Waterstof als optie voor een klimaatneutrale warmtevoorziening in de bestaande bouw' <https://www.tno.nl/nl/over-tno/nieuws/2020/3/waterstof-als-alternatief-voor-aardgas/>

De waarde van een demonstratieproject als Waterstofwijk Hoogeveen ligt in het uitzoekwerk voor het ontwerp, de ervaringen die worden opgedaan door het daadwerkelijk realiseren van een waterstofwijk, het ontwikkelen en testen van de waterstof-cv-ketel en het delen van de kennis.

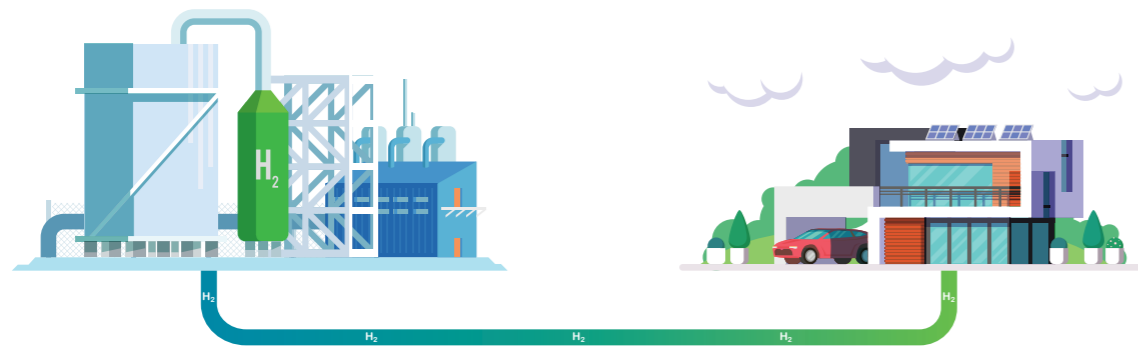
“... Om al wel zoveel mogelijk kennis op te doen, zal er een aantal gerichte pilots in de gebouwde omgeving in de periode 2020-2025 gerealiseerd worden, waarbij onder andere gekeken wordt naar de plannen in Rozenburg, Stad aan 't Haringvliet en Hoogeveen. Voor het faciliteren hiervan wordt waar nodig ruimte gecreëerd in wet- en regelgeving.”

Uit: Kabinetsvisie Waterstof, 30 maart 2020

Duurzame gassen infrastructuur

In de toekomst zijn niet langer de eigenschappen van het aardgas bepalend voor de technische eisen waaraan een (gas)distributienet moet voldoen, maar die van duurzame gassen zoals duurzaam geproduceerd waterstof en groen gas. Als bij de introductie van deze duurzame gassen (een deel van) de bestaande gasinfrastructuur kan worden hergebruikt, kunnen dure aanpassingen, vervanging of ontmanteling van het gasdistributienet worden voorkomen. Bijkomend voordeel is dat er in Nederland veel ervaring met gasinfrastructuur is opgedaan: we zijn er goed in.

Uit onderzoek⁸ blijkt dat het bestaande gasnetwerk – met de juiste maatregelen – prima ingezet kan worden om duurzame gassen zoals (100%) waterstof en groen gas te distribueren. Voor de netbeheerders zitten de belangrijkste aanpassingen in het meten en de verrekening van de geleverde hoeveelheid energie. En uiteraard bij de veiligheids- en beheersmaatregelen: waterstof heeft immers enigszins andere eigenschappen dan aardgas. Bij de eindgebruikers zitten de belangrijkste fysieke aanpassingen in de overschakeling op een toestel dat geschikt is (gemaakt) voor 100% waterstof.



⁸ KIWA 2018 distributienetten: https://www.netbeheernederland.nl/_upload/Files/Toekomstbestendige_gasdistributienetten_133.pdf

Waterstof kan in de toekomst een vergelijkbare rol gaan spelen als het huidige aardgas. Het kan worden gebruikt voor het verwarmen van onze huizen en zelfs om op te koken. De eerste cv-ketels op waterstof zijn inmiddels al ontwikkeld.

Op veel fronten is er nog behoefte aan kennisontwikkeling. Niet alleen om de technologische aspecten uit te werken, maar ook om te ondervinden welke kwesties op maatschappelijk, economisch of juridisch vlak aandacht verdienen.

‘Een geprobeerd idee heeft veel meer waarde dan een idee op papier’

– Eric Wiebes (minister Economische Zaken en Klimaat)

Bij het beleid dat gemeenten ontwikkelen voor het verduurzamen van de gebouwen op hun grondgebied moeten de duurzame alternatieven voor de desbetreffende wijk of buurt tegen elkaar worden afgewogen. Een standaard antwoord is niet te geven: er zal steeds sprake zijn van maatwerk.

Maatschappelijk debat over inzetbaarheid waterstof nodig⁹

Omdat groene waterstof voorlopig beperkt beschikbaar is, is het (toekomstige) gebruik ervan onderhevig aan flinke discussies. Verdeling van schaarste is daarbij een belangrijk onderwerp. Het gevaar bestaat dat daarmee de belangrijkste discussie wordt overgeslagen: hoe lossen we de schaarste aan groene waterstof op?

Als onze toekomstige samenleving vrij van CO₂-uitstoot moet zijn, begint het met de fundamentele vraag hoe we willen dat deze samenleving eruit ziet en hoe we duurzame energie op een wenselijke manier inzetten voor verschillende sectoren. Daarover zal een maatschappelijk debat gevoerd moeten worden. Tot die tijd is het van belang dat alle sectoren die baat kunnen hebben bij het gebruik van groene waterstof (als grondstof, brandstof of als energiedrager) ervaring kunnen opdoen met het op zinvolle wijze inzetten van waterstof. Als we op voorhand al besluiten waterstof langs een zogeheten waterstofladder te verdelen, richten we de toekomst in aan de hand van de huidige vraag naar (grijze) waterstof.

⁹ ‘Behoeft aan waterstof groot, maar productiecapaciteit beperkt’, NOS, 26 juni 2020.

2.2 WAT IS WATERSTOF?

Waterstof wordt al decennialang op grote schaal toegepast in de industrie en de chemie. De stap naar gebruik in de gebouwde omgeving vraagt om het in beeld brengen van de overeenkomsten en verschillen met aardgas, en om het in kaart brengen van veiligheidsmaatregelen. Met de juiste maatregelen is het gebruik van waterstof minstens net zo veilig als aardgas. In het demonstratieproject Waterstofwijk Hoogeveen is dit inzichtelijk gemaakt.¹⁰ De veiligheidsmaatregelen zijn uitgewerkt en zullen als eerste worden toegepast bij de realisatie van de nieuwbouwwijk Nijstad-Oost.

Waterstof als gas

Het waterstofatoom (H) is het kleinste en lichtste element dat we kennen, en het komt in de natuur op aarde alleen voor in verbinding met andere elementen zoals zuurstof (in de vorm van water) en koolstof (in de vorm van methaan). Het kost energie om waterstof te maken. Daarvoor is het immers nodig om de moleculaire binding van water of methaan te verbreken en de waterstofatomen af te zonderen. Twee H-atomen samen vormen het H₂-molecuul, oftewel waterstof.

Als we het in dit rapport over waterstof hebben dan bedoelen we het H₂-molecuul in gasvorm.

De energie die nodig is om waterstof te maken, kan op een later moment weer voor andere doeleinden worden gebruikt. Anders gezegd: waterstof is een energiedrager en geen (primaire) energiebron zoals aardgas of steenkool. Bij de verbranding van aardgas ontstaan water en CO₂, bij de verbranding van waterstof ontstaat voornamelijk water – een voordeel op weg naar een CO₂-neutrale toekomst.

Hoe maak je waterstof?

Bij de productie van duurzame waterstof uit water wordt gebruik gemaakt van elektrolyse.¹¹ Daarbij worden watermoleculen (H₂O) met behulp van elektriciteit gesplitst in waterstof en zuurstof. Als de gebruikte stroom duurzaam is opgewekt, bijvoorbeeld door zon en wind, spreken we van 'groene waterstof'.

Bij productie van niet-duurzame waterstof uit aardgas komt CO₂ vrij. In dat geval spreken we van 'grijze waterstof'. Het is echter ook mogelijk om de vrijgekomen CO₂ af te vangen en op te slaan of te binden, zodat deze niet in de atmosfeer terecht komt. Dan wordt de geproduceerde waterstof 'blauw' genoemd. Voor het certificeren van groene waterstof is een Europees kader ontwikkeld: Certifhy¹². Daarin wordt voor de hierboven beschreven blauwe en groene waterstof de term *low-carbon hydrogen* gebruikt.

In [hoofdstuk 4](#) wordt ingegaan op de normgeving rond waterstof en veiligheid. Ook is daar informatie te vinden over de risico's van waterstof in de gebouwde omgeving. In de [bijlagen 2](#) en [3](#) worden de specifieke veiligheidsaspecten in de keten van waterstof-losstation tot aan de woning toegelicht.

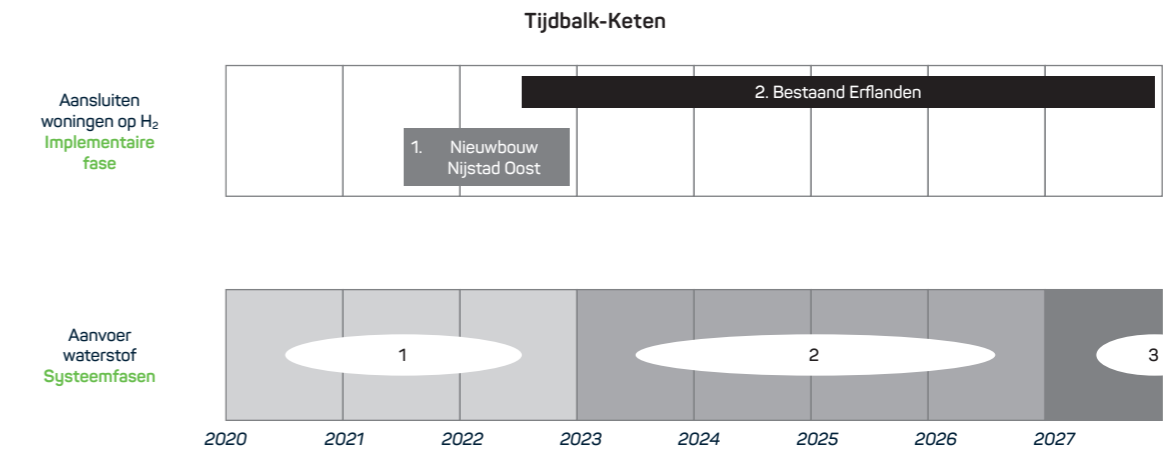
¹⁰ Zie hoofdstuk 4 Waterstof en Veiligheid en Bijlage 3.

¹¹ Om 1 kg waterstof te maken is 8,9 liter water nodig.

¹² <http://www.certifhy.ca/Green%20and%20Blue%20H2.html> en <https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/Vanhoudt%20Definition%20of%20Green%20Hydrogen%20SFEM.pdf>

2.3 DE WATERSTOFKETEN VOOR VERWARMING VAN WONINGEN

De waterstofketen in het demonstratieproject Waterstofwijk Hoogeveen beschrijft de stappen vanaf het moment dat waterstof is gevormd tot aan het moment van verbranding in de waterstof-cv-ketel in de woning.



Waterstofwijk Hoogeveen augustus 2020

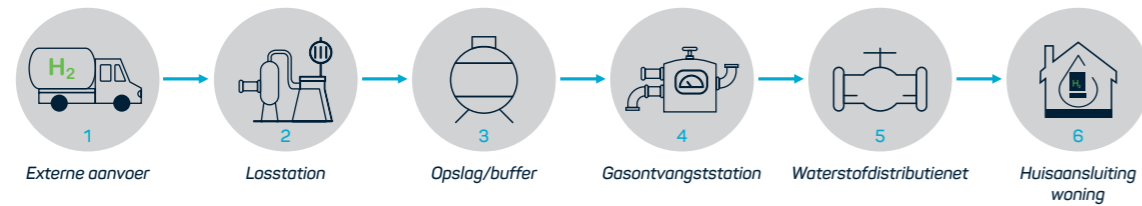
Afbeelding 2.1 Tijdbalk fasen demonstratieproject Waterstofwijk Hoogeveen

De fasering voor nieuwbouw van een waterstofwijk en ombouw van aardgas naar waterstof van een bestaande wijk kan vanuit twee perspectieven worden bekeken:

- de implementatiefase: hoe en wanneer sluiten we de nieuwbouwwoningen en bestaande woningen aan op een waterstofdistributienet (bovenste tijdbalk)
- de systeemfase: op welke manier zorgen we voor de aanvoer van waterstof naar het waterstofdistributienet; wat is de fasering in tijd (onderste tijdbalk)

In de volgende afbeeldingen worden de verschillende stappen en fasen nader toegelicht.

Systeemfase 1: externe aanvoer van waterstof met tubetrailers



Waterstofwijk Hoogeveen augustus 2020

Afbeelding 2.2 Het ontwerp van het waterstofsysteem en de waterstofinfrastructuur voor het verwarmen van 80 tot 100 huizen in de nieuwbouwwijk Nijstad-Oost. De eerste implementatiefase van het demonstratieproject Waterstofwijk Hoogeveen start eind 2021 met de bouw van de huizen die op een nieuw aangelegd waterstofnet worden aangesloten. De waterstof wordt aangevoerd met tubetrailers (systeemfase 1).

Stap 1: Transport, externe aanvoer

Voor het ontwerp van de waterstofketen in systeemfase 1, zijn keuzes gemaakt die haalbaar zijn binnen het gewenste tijdstip van realisatie eind 2021, op basis van de best beschikbare technologie. Omdat het in het demonstratieproject gaat om een relatief klein aantal nieuwbouwhuizen, is in deze eerste systeemfase gekozen voor externe aanvoer van groene waterstof via tankwagens (tubetrailers). Er zijn verschillende aanbieders¹³ voor de externe aanvoer van waterstof.

Ook alternatieven zoals aanvoer via een pijpleiding of aanvoer over de weg met tankwagens waarbij waterstof gebonden is aan een organische vloeistof (LOHC), aan stikstof (ammoniak) of aan koolstof (methanol, mierenzuur) zijn bekeken. Deze bleken echter niet haalbaar in combinatie met een waterstof-cv-ketel en binnen het beoogde tijdsbestek. Bij binding aan een organische vloeistof zou waterstof bijvoorbeeld weer moeten worden vrijgemaakt om als brandstof in de cv-ketel te kunnen worden gebruikt.

Stap 2: Losstation

In deze stap worden de tubetrailers gekoppeld aan de opslag, en wordt de waterstof in druk verlaagd en opgeslagen.

Stap 3: Opslag/buffer: opslag van waterstof voor de nieuwbouwwijk Nijstad-Oost

De groene waterstof wordt onder hoge druk van 200 tot 300 bar aangevoerd en onder een lagere druk van 80 bar opgeslagen. Door deze keuze is overslag zonder compressor mogelijk. De opslag van waterstof is belangrijk als buffer tussen vraag en aanbod. De buffer is groot genoeg om de nieuwbouwwijk Nijstad-Oost in een koude winterperiode zeven dagen – zonder nieuwe aanvoer – van waterstof te voorzien.

¹³ Aanbieders van (groene) waterstof via tubetrailers zoals Linde of Air Products. Aanvoer van groene waterstof door een pijpleiding via EnergyStock. Aanvoer door aan te sluiten bij andere projecten waarvoor op grote schaal groene waterstof geproduceerd gaat worden.

Stap 4: Gasontvangstation (GOS)

Het gos is het punt waar de aangevoerde waterstof overgaat naar het distributienet. Het gos zorgt voor een reducering van de hoge druk van de waterstof vanuit de opslag. De druk wordt verlaagd van 80 bar in de opslag naar de bedrijfsdruk in het distributienet van 4 bar.¹⁴ Ook vindt er een volumemeting plaats en wordt de waterstof geodoriseerd.¹⁵ Omdat onderhoud tijdens bedrijf uitgevoerd moet kunnen worden is het nodig om (tenminste) twee gelijkwaardige meetstraten te hebben: de ene voor regulier gebruik en de andere als back-up bij storing of onderhoud van de eerste meetstraat. Ook wordt in het gos de mogelijkheid geboden voor het verwarmen of koelen van waterstof.

Stap 5: Waterstofdistributienet

Het netwerk van leidingen dat waterstof van het gos naar de afzonderlijke huizen voert. In het distributienet is onder meer een districtstation met een reduceerinstallatie opgenomen om de druk verder te verlagen van 4 bar naar 100 millibar.

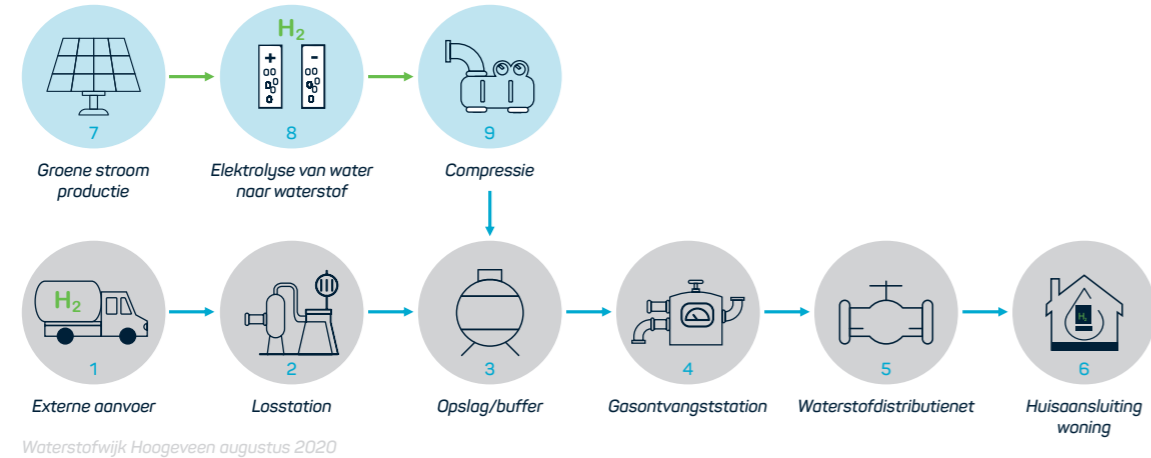
Stap 6: Huisaansluiting en woning

De woningen worden uitgerust met een waterstofaansluiting, een waterstofmeteropstelling, waterstofbinnenleidingen en een waterstof-cv-ketel. Hierbij wordt zoveel mogelijk gebruikt gemaakt van 'gasmaterialen' zoals die bekend zijn in de bestaande bouw. Bij warmtevraag in de woningen wordt waterstof uit het waterstofdistributienet via binnenleidingen toegevoerd aan de waterstof-cv-ketel. Bij verbranding van waterstof in de cv-ketel wordt waterstof met zuurstof uit de lucht omgezet in water en warmte.



¹⁴ In Hoogeveen is de druk in het distributienet 4 bar, op andere plaatsen in Nederland kan het ook 8 bar zijn.
¹⁵ Odoriseren is het toevoegen van een geurstof aan waterstof, zodat het gas bij eventuele lekkage te ruiken is. Aardgas wordt ook geodoriseerd.

Systeemfase 2: aanvoer waterstof van lokale productie groene stroom



Afbeelding 2.3 De tweede systeemfase van het project Waterstofwijk Hoogeveen: in 2023 is een deel van de groene waterstof afkomstig van lokale productie van groene stroom uit zon en conversie naar waterstof. De waterstof wordt geleverd aan de woningen in nieuwbouwwijk Nijstad-Oost en een eerste groepen huizen in de bestaande wijk Erflanden. Ten behoeve van leveringszekerheid blijft externe aanvoer met tubetrailers als back-up beschikbaar.

In systeemfase 2 wordt de aanvoer van waterstof via tankwagens aangevuld met het lokaal produceren van groene waterstof. Extra stappen in de keten in systeemfase 2 zijn in de bovenste rij iconen in afbeelding 2.3 weergegeven (stap 7-9).

Stap 7: Groene stroomproductie

De benodigde groene stroom voor de elektrolyser is afkomstig van zonneparken (of windparken) die direct zijn aangesloten op de elektrolyser. Het alternatief is het gebruik van stroom uit het elektriciteitsnet met garantie van oorsprongcertificaten. Voor het Hoogeveen-project wordt uitgegaan van een zonneweide in de buurt van de waterstofwijk.¹⁶

Stap 8: Conversie groene stroom naar groene waterstof door middel van elektrolyse

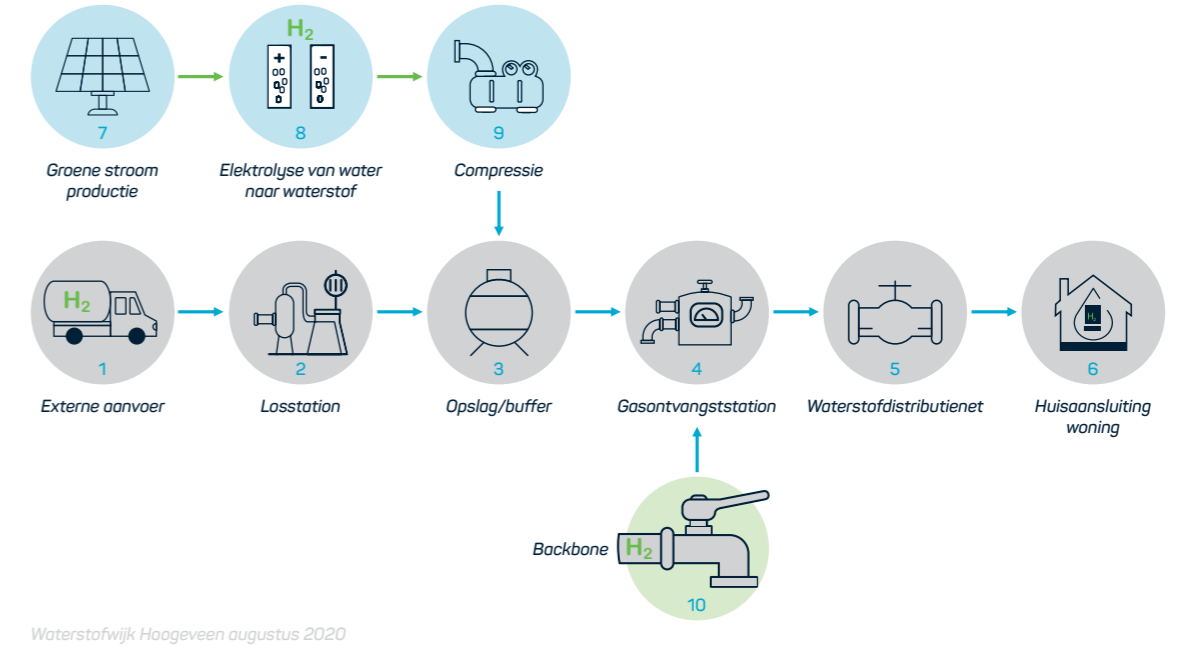
Voor het demonstratieproject in Hoogeveen wordt in 2023 een elektrolyser voorzien die door elektriciteit van de lokaal aan te leggen zonneweide wordt gevoed. De combinatie van deze elektrolyser met andere congestiemaatregelen zoals accu's geeft ook invulling aan de oplossing van de regionale congestieproblematiek op het elektriciteitsnetwerk.

Stap 9: Compressie

Deze stap kan nodig zijn om de juiste druk te bereiken. Afhankelijk van het type elektrolyser kan een drukverhoging nodig zijn voor opslag of het invoeren waterstof in het netwerk. Op dit moment (zomer 2020) is de keuze voor de elektrolyser nog niet gemaakt.

¹⁶ Door te kiezen voor groene stroom die lokaal met behulp van zon is opgewekt, wordt het gebruik van de elektrolyser beperkt tot 950 vollast draaiuren/jaar. Bij een combinatie van zon en wind kan het aantal draaiuren worden verhoogd tot ruim boven de 3000 en kan de benodigde opslagcapaciteit omlaaggaan.

Systeemfase 3: leveringszekerheid door aanvoer waterstof vanuit waterstofbackbone



Afbeelding 2.4 De derde systeemfase van het project Waterstofwijk Hoogeveen: in 2027 wordt met voorrang groene waterstof afkomstig van lokale productie van groene stroom uit zon en conversie gebruikt voor beleving van de 80-100 huizen in nieuwbouwwijk Nijstad-Oost en van de 427 omgezette huizen in de bestaande wijk Erflanden. De leveringszekerheid wordt gegarandeerd door de aansluiting van het distributienet op de waterstofbackbone.

Extra stap in de keten ten opzichte van systeemfase 2:

Stap 10: Koppeling met waterstof-backbone

Waterstof wordt aangevoerd via het hogedruk transportnet dat door Gasunie wordt gerealiseerd en naar verwachting in 2027 gereed zal zijn. Het gas wordt aangesloten op de backbone en levert waterstof aan het waterstofdistributienet. Hiermee is leveringszekerheid gegarandeerd en kan het grootste deel van de balancering tussen vraag en aanbod van waterstof worden opgevangen.

WATERSTOF-CV-KETEL

In het demonstratieproject Hoogeveen is ervoor gekozen om technologie te ontwikkelen die geschikt is voor waterstof-cv-ketels. Dit betekent dat, in plaats van aardgas, waterstof wordt gebruikt om de woningen te verwarmen. Met het beschikbaar hebben van dergelijke technologie wordt een eenvoudige vervanging van een bestaande cv-ketel mogelijk. Een waterstof-cv-ketel heeft als voordeel dat deze gebruik kan maken van hetzelfde gasnetwerk en dezelfde installateurs, en levert in huis hetzelfde comfort. De rest van de verwarmingsinstallatie binnenshuis, zoals leidingen en radiatoren, kan ongewijzigd blijven. In het kader van verdere energiebesparing is het mogelijk om de bestaande hoge temperatuurradiatoren direct of op een later moment door lage temperatuurradiatoren te vervangen.



Afbeelding 2.5 De waterstof-cv-ketel heeft verschillende voordelen voor het milieu en kan voor een groot deel gebruikmaken van bestaande gasinfrastructuur en verwarmingsinstallatie binnenshuis.

Meer informatie over de technische aspecten en het testen van de ontwikkelde waterstof-cv-ketel is te vinden in [hoofdstuk 5](#).

2.4 DRAAGVLAK

Er is brede consensus dat groene waterstof een rol kan spelen in de fossielvrije komst van 2050. Het klimaatakkoord geeft aan dat het inzetten van groen gas en (klimaatneutrale) waterstof – via het bestaande aardgasnet – een optie kan zijn bij de toekomstige warmtevoorziening in de gebouwde omgeving. De maatschappelijke discussie over waterstof is echter nog niet afgerond. De maatschappelijke acceptatie van waterstof als onderdeel van een duurzame energievoorziening staat of valt met de steun van de lokale gemeenschap en de markt.

Het draagvlak onder (toekomstige) bewoners van waterstofwijken of huizen waar waterstof een rol speelt in de duurzame warmtevoorziening hangt van verschillende factoren af. Bewoners zullen aan de hand van de voor- en nadelen een keuze maken. Bij deze afweging zullen zowel rationele als emotionele factoren een rol spelen. Het keuzeproces wordt gestuurd door persoonlijke opvattingen en daarbij gaat het ook om een gevoel van rechtvaardigheid, inclusief procedurele rechtvaardigheid. Hoe zijn de baten en lasten verdeeld? Hoe is de betrokkenheid geweest van de burgers in het besluitvormingsproces? Hoe wordt vanuit overheden aandacht gegeven aan het onderwerp?

Een goede balans tussen kosten en baten (zoals verbetering wooncomfort en leefomgeving) is van belang. Om draagvlak te creëren voor veranderingen helpt het als er zo min mogelijk gedoe is voor bewoners. Dat kan worden bereikt door de overlast in de woning of in de straat tot een minimum te beperken en contracten eenvoudig te houden. Ook als het om waterstof gaat, kunnen verschillen in de feitelijke en publieke perceptie van veiligheid een punt zijn waar zorgvuldig aandacht aan moet worden besteed.

Daarnaast is er gekeken naar de bredere maatschappelijke context: de betrokken ministeries (EZK, BZK en I&W), de provincie Drenthe, de regio, collega gemeentes, en het onderwijs. Ook bij deze partijen is draagvlak belangrijk om het gebruik van waterstof van de grond te krijgen.

Waterstofwijk Hoogeveen

In het demonstratieproject Waterstofwijk is 'maatschappelijk draagvlak' breder benaderd dan alleen het draagvlak bij de eindgebruiker: de bewoners. Het bewijs dat het technisch kan is niet voldoende. In deze fase van innovatie is het nog onzeker wanneer, in welke hoeveelheden en tegen welke prijs waterstof beschikbaar zal zijn. Dit zorgt voor een levendig maatschappelijk debat, waarbij het lokale draagvlak van inwoners cruciaal is.

Hieronder is te zien welke stappen zijn genomen om het lokale draagvlak te vergroten. En hoe het algemeen maatschappelijk draagvlak is ontstaan en uitgebouwd. De keuze voor het plan voor de Waterstofwijk is door de gemeente gemaakt en was voor de bewoners 'een gegeven'. Wanneer de keuze voor waterstof *niet* tot stand is gekomen in samenspraak met bewoners kan dat gevolgen hebben voor het draagvlak. De gemeente heeft daarom in een vroegtijdig stadium – via algemene kanalen – de bewoners meegenomen in de uitwerking van de plannen, ook al (of juist omdat) de plannen nog niet helemaal uitgedokterd zijn. Dit betekent dat niet alle vragen meteen beantwoord konden worden, maar tegelijkertijd stelde deze transparantie bewoners in de gelegenheid om mee te denken. De gemeente bood het de mogelijkheid om vragen en opmerkingen van bewoners mee te nemen in het vervolgtraject.



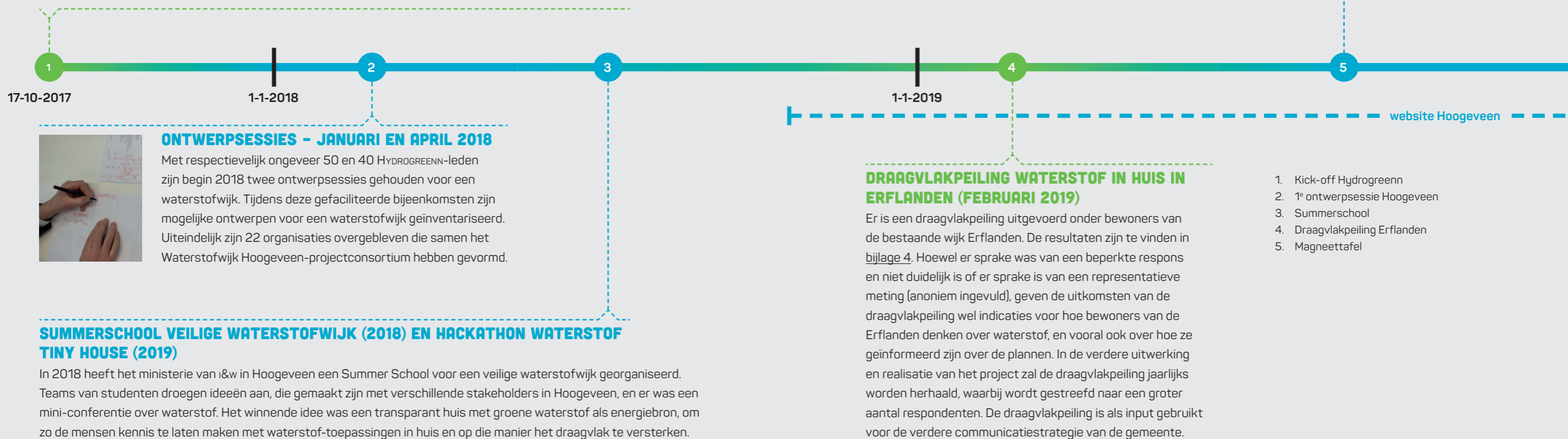
DE START: OPEN INNOVATIEPLATFORM HYDROGREENN (12 SEPTEMBER 2017)

Een belangrijke bodem in het draagvlak is gelegd door het open innovatieplatform HYDROGREENN. Een platform waarin bedrijven, kennisinstelling en overheden op zoek zijn naar waterstofpilots vanuit de overtuiging dat de aardgaseconomie in Noord-Nederland kan worden getransformeerd naar een waterstof-economie. De noodzaak en de kansen voor deze transitie zijn groter geworden door het besluit op korte termijn te stoppen met de gaswinning in Groningen en de toegenomen productie van duurzame elektriciteit. Draagvlak bij bedrijven is een belangrijke voorwaarde om aan kennis en producten te bouwen. Daarnaast is er gekeken naar de bredere maatschappelijke context door het betrekken van ministeries (EZK, BZK en I&W), de provincie en de regio, collega gemeentes en onderwijs. Ook bij deze partijen is acceptatie belangrijk om 'waterstof' van de grond te krijgen en uiteindelijk te kunnen opschalen.

DE MAGNEETTAFEL (APRIL 2019)

Een aantal partijen in het consortium heeft een magneettafel laten maken. Op de magneettafel is de luchtfoto van de locatie in Hoogeveen te zien, waarop het waterstofsysteem is ingetekend. Op de magneetjes zijn de verschillende opties om het gebied van duurzame energie te voorzien weergegeven. Met de magneten en uitwisbare stiften is de tafel op tournee gegaan om zich met partijen over het project te buigen en aan de verdere uitwerking ervan te werken. De tafel is in april 2019 voor het eerst ingezet tijdens een bijeenkomst met een delegatie van BZK, EZK en RVO, op de NAM-locatie Ten Arlo in Hoogeveen.

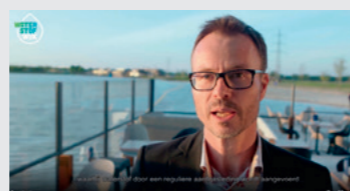
Met een gezamenlijke presentatie en de magneettafel heeft het consortium de ministeries meegenomen in het project. De magneettafel is ondergebracht op EnTranCe.



INLOOPAVOND (MEI 2019)

In mei 2019 is voor alle inwoners van de bestaande wijk Erflanden een inloopavond georganiseerd over de plannen voor 'De Waterstofwijk Hoogeveen'. De opkomst was overweldigend: zeker 350 geïnteresseerden wilden alles weten over de waterstofontwikkelingen en de nieuw te ontwikkelen wijk Nijstad-Oost. Dit was veel meer dan de 180 aanmeldingen. Samen met de consortiumpartners van het project Waterstofwijk heeft de gemeente met informatieborden in marktkramen de verschillende onderwerpen van de waterstofplannen toegelicht. Doel van de avond was niet alleen informeren, maar ook om de diversen meningen en aandachtspunten voor de verdere uitwerking van de plannen op te halen.

Op deze bepalende avond zorgden de persoonlijke ontmoetingen van de mensen van het consortium Waterstofwijk met de bewoners voor een positieve sfeer. Techneuten, onderzoekers en medewerkers van netwerkbedrijven kwamen echt in gesprek met degenen die het uiteindelijk moeten willen: de bewoners die waterstof in huis krijgen. De projectpartners kregen uit deze gesprekken een veel beter gevoel voor de impact op de bewoners en voor de vragen die bij hen leven.



Foto's: schermafbeeldingen van het filmverslag van de bewonersavond. Een verslag van de avond is beschikbaar op <https://www.waterstofhoogeveen.nl>, onder het kopje Bibliotheek.

OPRICHTING VAN DE BEWONERSRAAD 'WATERSTOFWIJK ERFLANDEN' (ZOMER 2019)

De Bewonersraad van de bestaande wijk Erflanden bestaat uit een groep geïnteresseerde bewoners die graag bijdraagt aan een betere, duurzamere wereld. De raad is opgericht na de inloopavond van mei 2019 en is meerdere keren bij elkaar geweest voor informatie- en kennisuitwisseling over het project. De bewonersraad is betrokken bij de subsidieaanvraag van de proeftuin die eind april 2020 is ingediend, om 427 woningen in Erflanden om te zetten naar waterstof (www.waterstofhoogeveen.nl).



PROJECT PRESENTATIE (ZOMER 2019)

Tijdens de eerste fase van het project ontstond de behoefte om het project eenvoudig voor het voetlicht te kunnen brengen bij verschillende stakeholders. Daarom is er een brochure gemaakt 'De motor van toekomst bestendig wonen' die iedereen onder de arm kan meenemen om het project uit te leggen. De brochure is in juli 2019 ook gebruikt om het project toe te lichten aan de Programma Directeur Aardgasvrije Wijken. De brochure is vertaald in het Engels voor een bijeenkomst van Northern Connections.



website Hoogeveen

Het idee van de summerschool is in mei 2019, samen met het bedrijfsleven, onderwijs, studenten en overheden, tijdens een Hackathon bij het Alfa-college uitgewerkt tot een Waterstof Tiny House. Vanuit de Regio Deal Zuid- en Oost-Drenthe is geld toegekend om het Tiny House te ontwerpen en te bouwen bij het Alfa-college in Hoogeveen. Het Waterstofhuis dat binnenkort circulair wordt gebouwd gaat op tournee door de regio om te laten zien dat waterstof voor de gebouwde omgeving kán en dat het comfortabel is.

HACKATHON ONTWERP HET WATERSTOF TINY HOUSE



6. Hackathon/Tiny House
7. Inloopavond Erflanden
8. Oprichten bewonersraad
9. Presentatie waterstofwijk opening Hystock in aanwezigheid koning
10. Projectpresentatie Erflanden
11. Overleg/Presentatie directies consortiumpartners en ministers. In de loop van het project zijn tientallen presentaties in binnen en buitenland gegeven.
12. Indienen proeftuin aanvraag met bewonersraad
13. Publicatie rapport
14. Magneettafel op EnTranCe (permanente demo)



WATERSTOF-INSTALLATIE HYSTOCK (JUNI 2019)

Waterstofwijk Hoogeveen zal de eerste jaren naar verwachting waterstof gaan betrekken van de waterstofinstallatie van EnergyStock. Bij de opening van de installatie in juni 2019 kon het consortium haar plannen voor de Waterstofwijk in Hoogeveen aan de koning presenteren – een van de vele tientallen presentaties die over het project door de consortiumpartners zijn gegeven.

Afbeelding 2.6 In deze afbeelding wordt een overzicht gegeven van activiteiten die zijn uitgevoerd in het kader van het verkrijgen, vergroten en behouden van draagvlak voor de Waterstofwijk in Hoogeveen. Daarnaast hebben projectpartners in binnenland en buitenland vele (tientallen) presentaties over het Waterstofwijkproject in Hoogeveen gehouden. Ook houdt de gemeente Hoogeveen een uitgebreide website bij met veel informatie over de ontwikkelingen rond de Waterstofwijk: <https://www.waterstofhoogeveen.nl/>

Samenvattend:

In het kader van het demonstratieproject Waterstofwijk zijn veel verschillende activiteiten georganiseerd en inspanningen gedaan om het maatschappelijk draagvlak te verhogen.

Betrek bewoners: communiceer vroegtijdig, transparant en zorgvuldig

De gemeente heeft in een vroegtijdig stadium de bewoners – via algemene kanalen – meegenomen in de uitwerking van de plannen, op een moment dat deze nog niet helemaal uitgekristalliseerd waren. Deze transparantie biedt bewoners de mogelijkheid om mee te denken en stelt de gemeente in staat om vragen en opmerkingen van bewoners mee te nemen in het vervolgtraject.

Bij de energietransitie moet veel nadruk worden gelegd op participatie en draagvlak. Zorgvuldige communicatie is dan van belang¹⁷ en vraagt om een gecombineerde on- en offline-strategie – in het geval van Hoogeveen een combinatie van bijeenkomsten, een website met onder meer de antwoorden op vaak gestelde vragen en een emailadres voor nieuwe vragen, en huis-aan-huis verspreide brieven en brochures. De offline-strategie vergroot de kans dat iedereen wordt bereikt. Persoonlijk contact en ontmoeting, zoals op de inloopavond die in mei 2019 is georganiseerd, zijn belangrijke voorwaarden voor draagvlak en acceptatie.

De oprichting van de bewonersraad is een belangrijke stap geweest voor het verder vergroten van het draagvlak. Voor de gemeente is het een belangrijke toegang tot de buurt en voor de buurt een belangrijke toegang tot meer informatie.

Betrek stakeholders: regio, provincie, rijk en EU

Inspanning voor de betrokkenheid van de diverse overheidslagen heeft veel opgeleverd en bijgedragen aan – de randvoorwaarden voor – realisatie.

Voorbeelden zijn de subsidie vanuit de Regiodeal Zuid- en Oost-Drenthe voor het ontwikkelen en bouwen van het Waterstof Tiny House, een bijdrage aan het binnenhalen van de EU-subsidie voor HEAVENN¹⁸, en het feit dat Hoogeveen wordt genoemd als kansrijke pilot in de waterstofvisie van het kabinet. De gemeente Hoogeveen werkt samen met onder meer Stad aan 't Haringvliet, de provincie Zuid-Holland en het rijk aan een greendeal met betrekking tot de realisatie van waterstofpilots in de gebouwde omgeving.

¹⁷ De afstudeerscriptie van Thijs Meeuwissen, *Public Support for hydrogen-powered housing*, student aan de Hanzehogeschool Groningen, bevat een mooi schema met universele randvoorwaarden voor zorgvuldige communicatie.

¹⁸ HEAVENN staat voor H2 Energy Applications (in) Valley Environments (for) Northern Netherlands en bestaat uit 31 publieke en private partijen uit 6 Europese landen, met projecten die de integrale groene waterstofketen van productie tot tankstations omvat.

3. TOEPASBAARHEID WET- EN REGELGEVING

Waterstof wordt al jarenlang toegepast in de industrie, maar is nog een onbekende in de gebouwde omgeving. Veel bestaande wet- en regelgeving is geënt op het toepassen van aardgas. De vraag die we hebben proberen te beantwoorden is: in hoeverre kan de waterstofketen bij het omzetten van een bestaande wijk van aardgas naar waterstof binnen de bestaande wet en regelgeving gerealiseerd worden?

Hierbij is onderscheid gemaakt tussen wet- en regelgeving van de fysieke aspecten en realisatie van de waterstofketen, inclusief de benodigde vergunningen, en de onderwerpen die van belang zijn bij de exploitatie van de waterstofketen.

Voorbeeld: waterstof niet in huidige Gaswet

Op waterstofleidingen is de Gaswet niet zonder meer van toepassing: waterstof is geen gas zoals bedoeld is in de Gaswet. Dit betekent een leemte in de wetgeving op het gebied van marktordening, leveringszekerheid en consumentenbescherming bij de levering van waterstof. Er zijn nog veel vragen rond de inzet van waterstof in de gebouwde omgeving.



3.1 JURIDISCHE QUICKSCAN

Om een overzicht te krijgen van de bestaande publiekrechtelijke¹⁹ wetgeving is voor de juridische quickscan ook de ketenbenadering als uitgangspunt genomen. De volgende blokken vallen binnen de reikwijdte van de quickscan. Een uitgebreide tabel is te vinden in bijlage 5.

- Transport met tubetrailers, externe aanvoer van waterstof
- Losstation-opslag/buffer
- Gasontvangststation
- Waterstofdistributienet en -meting
- Huisaansluiting (nieuwbouw)woning

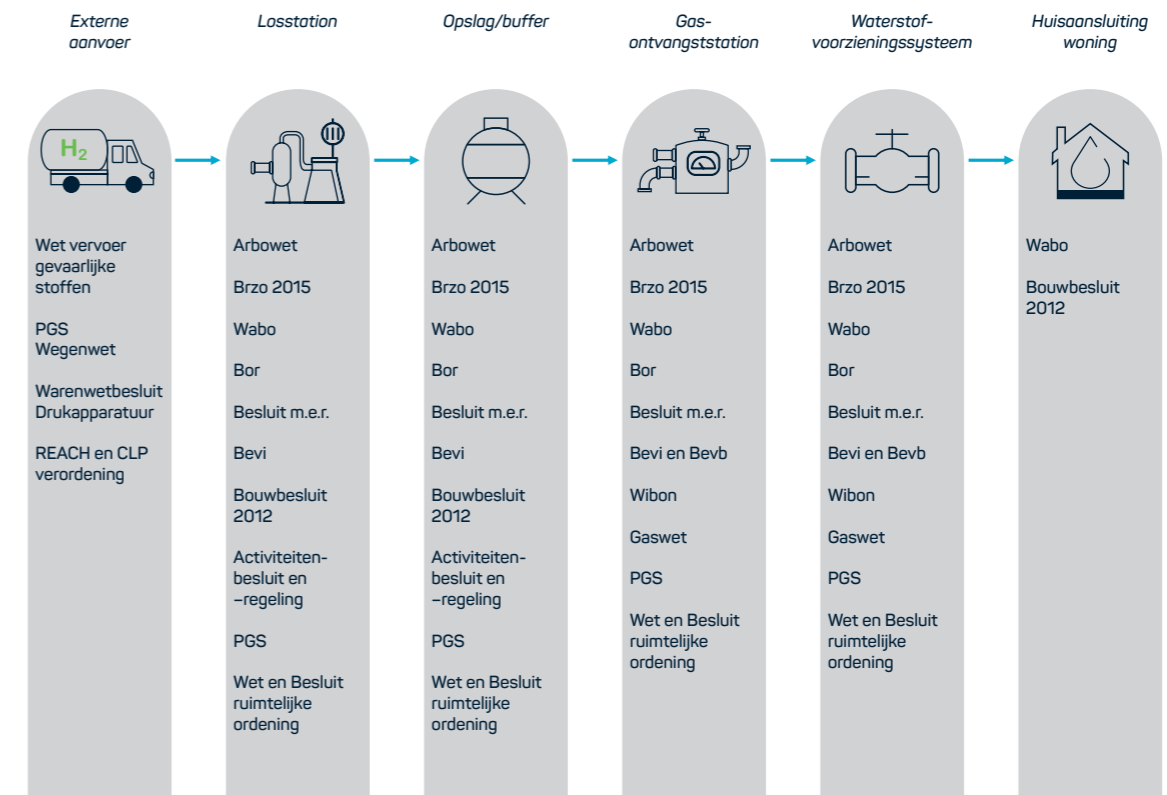
Aandachtspunten en leemtes in de huidige wet- en regelgeving

Voor gebruik van waterstof als energiedrager in de gebouwde omgeving wordt de kwaliteit van de stookgassen gewaarborgd via de normen in de Regeling Gaskwaliteit. Er is geen kwaliteitsnorm voor de toepassing van waterstof als energiedrager in de gebouwde omgeving. Evenmin gelden er regels voor de vaststelling van de oorsprong van de waterstof (grijs, blauw of groen). In het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) en de gelijknamige regeling zijn tabellen opgenomen met vaste veiligheidsafstanden voor veelvoorkomende 'categorale inrichtingen', zoals de opslag van LPG. Deze zijn echter niet van toepassing op de opslag van waterstof.

Demonstratieproject Hoogeveen

Voor het demonstratieproject in Hoogeveen betekent dit dat het voor het verkrijgen van een vergunning voor de bouw van een losstation en opslagpunt voor waterstof een kwantitatieve risico-analyse (qRA)²⁰ moet worden uitgevoerd. Met de qRA kan worden aangetoond welke grens- en richtwaarden voor afstanden passen bij de toepassing van waterstof in de specifieke situatie van het project Hoogeveen.

Voor het districtstation voor waterstof in het distributienet is geen vergunning nodig. Door de lage druk (drukverlaging van 4 bar naar 100 millibar) is het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb) niet van toepassing. De installatie kan worden gemeld op grond van het Activiteitenbesluit. In het Activiteitenbesluit worden alleen de stations geregeld die gevoed worden met aardgas. Omdat in dit project sprake is van voeding met waterstof zal via het zorgplichtartikel van het Activiteitenbesluit een berekening worden gevraagd om de veiligheidsafstand van het districtstation te bepalen. In het demonstratieproject is één van de opties opslag van waterstof op of nabij het terrein van NAM waar mijnbouwactiviteiten plaatsvinden. Het is nog de vraag in hoeverre het Staatstoezicht op de Mijnen en het ministerie van EZK akkoord moeten gaan met de combinatie van de mijnbouwactiviteiten en het waterstofvoorzieningssysteem.



Waterstofwijk Hoogeveen augustus 2020

Afbeelding 3.1 Overzicht publiekrechtelijke wetgeving die (mogelijk) relevant is voor de waterstofketen in het geval van een woonwijk aangesloten op waterstof ten behoeve van verwarming.

Gelijkwaardigheidsbeginsel en proforma vergunningaanvraag

In het Bouwbesluit 2012 zijn allerlei technische eisen vastgelegd waaraan nieuwbouwwoningen vanuit het oogpunt van veiligheid, bescherming van de gezondheid, bruikbaarheid, energiezuinigheid en de bescherming van het milieu moeten voldoen. In artikel 6.9 van het Bouwbesluit 2012 zijn de technische eisen opgenomen waaraan de voorziening voor gas en de aansluiting op het distributienet voor gas in het gebouw moeten voldoen. Voor waterstof zal in het kader van de toepassing van het gelijkwaardigheidsbeginsel uit artikel 1.3 Bouwbesluit 2012 moeten worden aangetoond dat het bouwwerk, of het gebruik daarvan, ten minste dezelfde mate van veiligheid, bescherming van de gezondheid, bruikbaarheid, energiezuinigheid en bescherming van het milieu biedt. Dat betekent dat aangetoond moet worden dat op de boven benoemde elementen uit het bouwbesluit een waterstofbinneninstallatie, inclusief cv-ketel, gelijkwaardig is aan die van aardgas.

¹⁹ Publiekrecht geeft regels ten aanzien van de verhouding tussen de burger en de overheid, en tussen overheden onderling.

²⁰ Een qRA (Quantitative Risk Assessment of kwantitatieve risicoanalyse) is een methode om risico's in de omgeving van mogelijk risico-opleverende inrichtingen te berekenen.

Demonstratieproject Hoogeveen

Om mogelijke knelpunten bij de vergunningverlening voor de Waterstofwijk vroegtijdig te signaleren worden er in 2020 proforma vergunningen aangevraagd bij de bevoegde gezagsorganen. Deze zogeheten 'botsproeven' zijn gericht op de punten waar de wetgeving nog niet specifiek op waterstof is aangepast en waar aanvullende maatregelen, zoals het uitvoeren van aanvullende berekeningen, nodig zijn.

Door het uitvoeren van de botsproeven voor de hele keten voor de Waterstofwijk kunnen gesignaleerde knelpunten worden opgelost, voordat de daadwerkelijke vergunningaanvraag in 2021 van start gaat.

Het gaat hierbij om drie botsproeven:

- Transport met tubtrailers voor de externe aanvoer van waterstof, losstation-opslag/buffer met gasontvangstation (o.m. QRA).
- Waterstofdistributienet en drukregel- en meetstation (QRA).
- Waterstofbinneninstallatie woning.

Omdat de NEN-normen voor onderdelen van de gasinstallatie verschillen voor bestaande bouw en nieuwbouw, wordt het aantonen van de gelijkwaardigheid van de waterstofbinneninstallatie uitgevoerd voor zowel een nieuwbouwwoning in Nijstad-Oost als voor een 'typische' woning in de bestaande wijk Erflanden. Uitgangspunt bij het uitvoeren van de botsproeven is dat het toetsen van de vergunning voor de waterstofbinneninstallatie zoveel mogelijk op dezelfde manier gebeurt als in het geval van aardgas in woningen. Verder moeten de botsproeven laten zien dat waterstofgas minstens zo veilig is als aardgas.

Dit bewijs is niet alleen belangrijk voor de vergunningverlening. Ook verzekeraars van de nieuwe of omgebouwde huizen zullen een positieve uitslag van de botsproeven met betrekking tot de waterstofbinneninstallatie eisen.

Samenvattend

Uit de juridische quickscan blijkt dat het publiekrechtelijke kader voor de toetsing van het dominante technische ontwerp enkele leemtes vertoont op het gebied van opslag, districtstation, losstation en de binneninstallatie in de woning. Toch is onze conclusie dat binnen de ruimte die de bestaande regelgeving biedt de waterstofketen gerealiseerd kan worden. Wel vraagt de wet- en regelgeving bij afwijking van de bestaande situatie soms om nader onderzoek voor onderbouwing, specifieke afspraken of langere doorlooptijden. Daar zal nog de nodige aandacht aan besteed moeten worden. Dat is ook de reden voor het uitvoeren van de botsproeven.

Bij de toekomstige opschaling van het gebruik van waterstof in de gebouwde omgeving is het van belang dat de regelgeving specifiek wordt aangepast voor het toepassen van waterstof. Hierbij kan onder andere gebruik gemaakt worden van de leerpunten en opgedane ervaring uit proefprojecten zoals Waterstofwijk Hoogeveen. Door zoveel mogelijk aan te sluiten op de werkwijzen die bij aardgas gebruikelijk zijn, wordt de introductie van waterstof hanteerbaar. We hebben in Nederland immers kennis van en ervaring met veiligheidsprocedures, vergunningverlening, praktische uitvoering en organisatie op het gebied van (aard) gas.

3.2 JURIDISCHE MARKTVERGELIJKING

In het demonstratieproject Waterstofwijk Hoogeveen is in kaart gebracht hoe voor de aanleg van een nieuw waterstofvoorzieningssysteem en het transport van de waterstof naar de nieuwbouwwoningen, bij de bestaande wettelijke kaders voor gas en warmte kan worden aangesloten. Ook wordt vooruitgeblikt op het aansluiten van de bestaande naastliggende wijk op waterstof, waarbij gebruik wordt gemaakt van het bestaande aardgasdistributienet.

Analogie Gaswet of Warmtewet

Omdat de bestaande wet- en regelgeving op veel fronten nog niet is ingericht op waterstof als energiedrager en opslagmiddel, is onderzocht in hoeverre er kan worden aangesloten bij bestaande wetgeving. Hiervoor is onderzocht of en in welke mate kan worden aangesloten bij de Gaswet en de Warmtewet voor onderwerpen als netbeheer, toegang van derden tot de infrastructuur en de levering van waterstof. In een toekomstige waterstofwaardeketen is nog veel onduidelijk: welke partij gaat wat doen, waar vindt er eigendomsoverdracht plaats in de waardeketen en wie is waarvoor aansprakelijk? Zolang er nog geen waterstofwetgeving bestaat analoog aan (of als onderdeel van) de Gaswet of Warmtewet, zullen afspraken tussen verschillende partijen in de waterstofketen contractueel moeten worden vastgelegd. Afspraken over volumes, prijs en (gas)kwaliteit, over afleverdrukken en meetnauwkeurigheid, maar ook afspraken die vastleggen wie verantwoordelijk is voor beheer en onderhoud van het waterstofvoorzieningssysteem en voor de uitvoering van gastransport en levering. Deze onderwerpen vallen onder het privaatrecht.²¹

²¹ Het vastleggen van afspraken in contracten tussen partijen, eigenaarschap en aansprakelijkheid vallen onder het privaatrecht.

	Gaswet	Warmtewet
Netbeheer: aanleggen en eigendom	Op grond van de Gaswet is bepaald dat netbeheerders wettelijke taken krijgen met betrekking tot een veilige, betrouwbare en betaalbare (aard)gasvoorziening. Netten en het eigendom ervan dienen ingeschreven te staan in openbare registers. Nieuwe netten worden door een bevoegde aanlegger ingeschreven in het zakelijk register voor netwerken (kadaster).	Anders dan bij de aanleg van een aardgasnet (of een elektriciteitsnet), waar de regionale netbeheerder verantwoordelijk is voor de aanleg van een aardgasnet, is de aanlegger van een warmtenet steeds een andere partij. Een warmtenet kan namelijk ook worden geëxploiteerd door een al bestaande marktpartij, of het kan een initiatief zijn van een energiecoöperatie. Voor nieuwe waterstofnetten geldt ook dat het publieke of private partijen kunnen zijn.
	De eigendomsregeling van art. 5:20 lid 1 en 2 BW bepaalt dat wanneer een net wordt aangelegd in andermans grond, de aanlegger – en niet de grondbezitter – eigenaar wordt van dat net. De aanlegger krijgt de opstal (het leidingennetwerk) in eigendom terwijl de grondbezitter het eigendom behoudt van zijn grond.	
Beheer distributienet	In artikel 2c en 3b Gaswet staan voorwaarden die gelden voor een netbeheerder. De Autoriteit Consument & Markt beoordeelt aan de hand van die voorwaarden of hieraan voldaan is. De Gaswet stelt strenge eisen aan de netbeheerder en hoe het transport geregeld moet worden. De taken zijn onder meer genoemd in art. 10 – 10e van de Gaswet: het gasnet op economische voorwaarden in werking te hebben, te onderhouden en te ontwikkelen op een wijze die de veiligheid, doelmatigheid en betrouwbaarheid van het gasnet waarborgt en het milieu ontziet. Een deel van deze taken zou ook van toepassing kunnen zijn op de eigenaar/beheerder van een nieuw waterstofdistributienet. Voorwaarde is daarvoor dat dit gebeurt op grond van art. 1 lid 2 Gaswet; de Gaswet zou bij algemene maatregel van bestuur (AMvB) ook op andersoortige gassen dan aardgas van toepassing kunnen worden verklaard.	Aansluiting bij de warmtewet heeft voor een gemeente het voordeel dat de gemeente een sterke invloed kan uitoefenen bij de keuze voor het beheer van het net. Zij kan ervoor kiezen zelf het net aan te leggen en als 'bevoegd aanlegger' ²² het net in eigendom te krijgen. Als de gemeente besluit de infrastructuur te vergunnen, zal de vergunde partij de eigendom verkrijgen over het aangelegde waterstofnet.

²² Op grond van art. 5:20 lid 1 en 2 BW.

	Gaswet	Warmtewet
Vrije (energie-) leverancierskeuze en dertentoeegang bij een waterstof-distributienet	Bij de huidige Gaswet is er volledig vrije leverancierskeuze en is de toegang tot het net strikt gereguleerd: de netbeheerder moet op een non-discriminatoire manier toegang verlenen tot het net. Dit geldt voor de leveranciers die het gas verkopen dat via het gasnet wordt getransporteerd, en voor de producenten die gas invoeden.	Bij warmtenetten is er vrijwel geen sprake van vrije leverancierskeuze, meestal omdat de leverancier een monopoliepositie inneemt op dat net. De leverancier is op grond van de Warmtewet gehouden ervoor te zorgen dat er een betrouwbare levering van warmte is tegen redelijke voorwaarden met inachtneming van een goede kwaliteit van dienstverlening (artikel 2 lid 1 Warmtewet). Op dit moment bestaat er in de Warmtewet geen ruimte voor meerdere producenten of invoeders van warmte op het net.
Levering waterstof hoeveelheden meting en overeenkomst	Voor het gebruik van waterstof als brandstof voor verwarming in huishoudens zal een vergelijkbaar proces moeten worden ingericht als nu voor aardgas geldt. In de hele keten van productie van waterstof tot aan de eindlevering in de woning vindt er op verschillende momenten overdracht van eigendom van het waterstofgas plaats. Net als bij aardgas is het van belang op de overdrachtpunten de juiste hoeveelheid gas en de juiste energie-inhoud ('kwaliteit') van het gas te bepalen. De procedures van hoe er precies gemeten wordt, en met welke nauwkeurigheid, worden vastgelegd in contracten tussen de verschillende stakeholders. Naast hoeveelheid en kwaliteit is het tarief per eenheid gas bepalend voor de facturering.	Op dit punt is de warmtewet volledig anders ingericht. Vergelijking met waterstof is daarom niet opportuun.

Vooruitlopend op eventuele aanpassingen van Gaswet of Warmtewet in relatie tot waterstofnetwerken, zal voor demonstratieprojecten als in Hoogeveen ruimte gemaakt kunnen worden in tijdelijke wetgeving. Het ministerie van EZK heeft aangekondigd de Warmtewet te willen wijzigen en de warmtemarkt anders te willen inrichten. De Warmtewet 2.0 (wet collectieve warmtevoorziening) lag ter consultatie tot begin augustus 2020.

Ook werkt de overheid momenteel aan de mogelijkheid om de netbeheerders tijdelijke taken te geven met betrekking tot beheer van waterstofnetten.

Leveringsvergunning, metingen, contracten

Leveringsvergunning

Partijen die aardgas verkopen hebben daar een vergunning voor nodig. Er zijn verschillende vergunningen voor levering aan de groothandel of de verkoop aan particulieren. Ook zijn er afspraken over partijen die metingen mogen verrichten. Voor waterstofgas is dit nog niet geregeld, maar het is te verwachten dat in de toekomst een vergelijkbaar systeem wordt opgezet voor de handel in waterstof.

Gecertificeerde metingen

Metingen van de gashoeveelheid en -kwaliteit die gebruikt worden in een 'comptabel' proces dienen te allen tijde gecertificeerd te zijn. Comptabel wil zeggen dat de uitkomst van de meetwaarden wordt gebruikt om de factuur voor de hoeveelheid geleverde energie (in dit geval van waterstof) te bepalen. Voor de comptabele metingen moet de gebruikte meetapparatuur gecertificeerd zijn, en de apparatuur moet periodiek gekalibreerd worden om aan de certificatie te blijven voldoen. Certificering kan alleen door erkende instanties, zoals KIWA en DNV GL, worden uitgevoerd.

Contractuele afspraken

Woningeigenaren zijn verantwoordelijk voor alles wat na de meter komt. Het is niet ondenkbaar dat gebruikersapparatuur zoals een waterstof-cv-ketel in beheer komt van een ander. In die situatie moeten afspraken gemaakt worden over wie wat mag doen met welk deel van de leiding en de gebruikersapparatuur. De aansprakelijkheidsvragen verdienen hier extra aandacht, in het bijzonder art. 6:174 lid 1 en 2 BW (aansprakelijkheid voor opstallen).

Bij contractuele afspraken met eindgebruikers is het consumentenrecht voor een groot deel van dwingend recht waarvan niet mag worden afgeweken. De algemene voorwaarden en de overeenkomsten van netbeheerder en energieleverancier, zoals die nu gelden voor aardgas of voor warmtenetten, kunnen als leidraad worden genomen. Ook zullen er contracten moeten worden gesloten met betrekking tot de inkoop en levering van de waterstof. Andere aspecten zijn financieringscontracten en zekerheden. Het kan nodig zijn een hypotheek op het netwerk te vestigen, en dan is ook notariële registratie nodig.

Waterstofwijk Hoogeveen

In het demonstratieproject voor de nieuwbouwwijk Nijstad-Oost wordt een nieuw leidingnet aangelegd voor waterstof. Hoewel aansluiting bij zowel Gaswet als bij (de huidige) Warmtewet mogelijk is, sluit de situatie in het demonstratieproject in Hoogeveen beter aan bij de systematiek van de Gaswet.

Dit heeft te maken met de beoogde vervolgfase van het project (implementatiefase 2) waarin ruim 400 huizen in de naastliggende bestaande wijk Erflanden op een waterstofnet worden aangesloten. In deze bestaande wijk is een aardgasdistributienet aanwezig – in beheer van de regionale netbeheerder – dat in de toekomst voor waterstofdistributie gebruikt kan worden.

In het project Waterstofwijk Hoogeveen is de aandacht gericht op de volgende overdrachtspunten:

- Bij het losstation (overdracht van externe gassenleverancier naar opslagbeheerder).
- Bij (de meetstraten van) het GOS (van opslagbeheerder naar netwerkbeheerder).
- In de meterkast van de woning (van netwerkbeheerder naar huisaansluiting/eindgebruiker).

Op deze overdrachtspunten moet een hoeveelheidsmeting gedaan worden en moeten contractuele afspraken worden gemaakt.

Marktordening en tijdelijke taken netbeheerders

Het kabinet zal de ordening van de toekomstige waterstofmarkt onderzoeken waaronder het beheer van een mogelijk toekomstig transportnet. De toekomstige rol van Gasunie in de waterstofketen zal hierbij worden onderzocht. Wat betreft transport, opslag en conversie zal bij dit onderzoek oog zijn voor mogelijke tijdelijke rollen om de waterstofmarkt mede op gang te helpen, en voor een meer structurele rol als deze markt meer volwassen wordt. De insteek daarbij is leveringszekerheid vorm te geven, de maatschappelijke kosten van de waterstofketen zo laag mogelijk te houden en de markt de ruimte te geven. In de toekomstige waterstofmarkt zou sprake kunnen zijn van zowel publieke als private netten.

In het Klimaatakkoord is afgesproken dat onderzocht zal worden hoe wettelijke en regulatorische ruimte kan worden gecreëerd voor experimenten om regionale en landelijke netbeheerders ervaring op te laten doen op het gebied van transport en distributie van waterstof. De netbeheerders zullen in dat geval in samenwerking met marktpartijen waterstofpilotprojecten starten, met als doel om samen een werkbare keten te onderzoeken. Er is een traject gestart om dit op grond van de huidige Gaswet via de AMvB 'tijdelijke taken' mogelijk te maken. Spoedige aanpak is nodig om knelpunten te voorkomen. Opzet is om deze AMvB in 2020 gereed te hebben.

– citaten uit de Waterstofvisie van de overheid, maart 2020

Helderheid in taken en rollen: marktordening

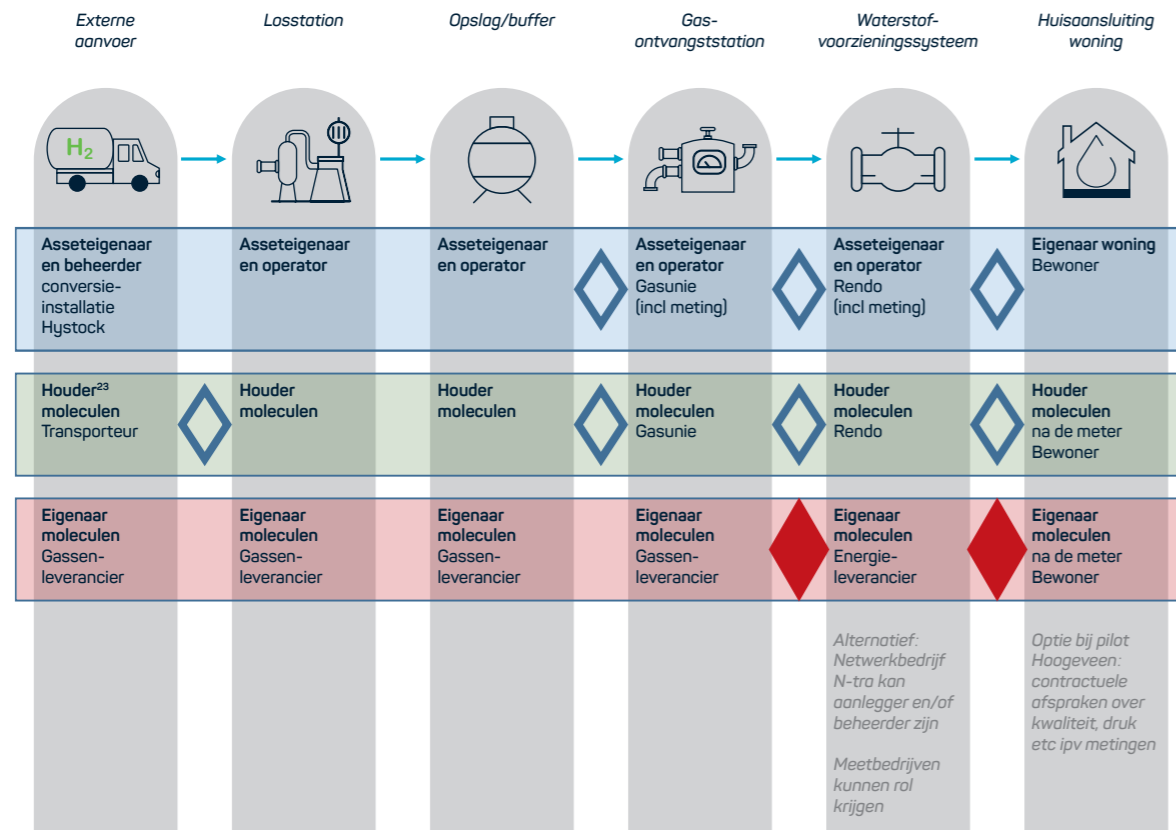
Een waterstofdistributienetwerk valt niet onder de Gaswet en valt daarom niet onder de (huidige) gereguleerde taak van een regionale netbeheerder. Er zal daarom toestemming c.q. ontheffing nodig zijn van de landelijke overheid (ACM) om het waterstofnetwerk te mogen aanleggen en te exploiteren/beheren. Daarnaast zal in breed verband afstemming met de Veiligheidsregio noodzakelijk zijn. Momenteel wordt zowel door ACM als het ministerie van EZK nagedacht over een tijdelijke taak met betrekking tot de rol van netwerkbedrijven in het transport van waterstof. Er wordt gewerkt aan een algemene maatregel van bestuur waarin de mogelijkheid wordt opgenomen om aan een netbeheerder een tijdelijke taak toe te wijzen op het gebied van transport en distributie van waterstof. Voorwaarde hierbij is dat consumenten dezelfde bescherming op het gebied van veiligheid en leveringszekerheid wordt geboden. EZK is in overleg met de netbeheerders en andere belanghebbenden.

Waterstofketen in Nieuwbouwwijk Nijstad-Oost

In afbeelding 3.2 is een overzicht gegeven van de mogelijke partijen die een rol spelen in de waterstofketen.

We onderscheiden de volgende drie rollen:

1. Rol van asseeteigenaar en operator van de asset.
2. Houder²³ van de moleculen.
3. Eigenaar waterstofmoleculen.



Waterstofwijk Hoogeveen augustus 2020

Afbeelding 3.2 Er zijn drie verschillende rollen en verschillende partijen in de waterstofketen. In de afbeelding is als voorbeeld een mogelijke keten voor het demonstratieproject Hoogeveen gegeven. De ruiten geven aan waar er afspraken nodig zijn tussen partijen (open ruiten voor operationele afspraken, gesloten ruiten voor commerciële afspraken).

²³ Naar analogie van een pakketdienst: DHL is als 'houder' tijdens het vervoer van een pakket verantwoordelijk voor het pakket; DHL is geen eigenaar van het pakket.

De gassenleverancier koopt groene stroom in, die wordt afgeleverd bij Hystock. De gassenleverancier huurt een tubetrailer van de transporteur, en de transporteur levert de tubetrailer af bij Hystock. Hystock converteert groene stroom naar waterstof en vult de tubetrailer van transporteur. De gassenleverancier is eigenaar van de waterstofmoleculen tot aan het moment van overdracht aan de energieleverancier. Tijdens het transport van Hystock naar het losstation op of nabij het NAM terrein bij Hoogeveen is de transporteur verantwoordelijk voor de waterstofmoleculen in de tubetrailer: de transporteur is de houder. De eigenaar van het losstation en de opslag wordt de houder van de moleculen op het moment dat deze uit de tubetrailer op het losstation komen en in opslag zijn.

Opmerkingen

- a) Een gassenleverancier als Air liquide of Linde mag *niet* aan eindverbruikers (bewoners) leveren. In de keten dient dus minstens één overdracht van eigendom plaats te vinden *voorafgaand* aan de overdracht aan de eindgebruiker, de bewoner. In de afbeelding gebeurt dit in kolom 4 op (de uitgaande flens van) het gas waar het eigendom van de moleculen wordt overgedragen van de gassenleverancier aan de energieleverancier; dit is een voor de hand liggende plek, omdat hier toch al gemeten wordt. Alternatief is om dit bij het losstation of bij de buffer te regelen (kolom 2 of 3).
- b) In de toekomst zou ook een energiecoöperatie of energieleverancier als Green Choice eigenaar van moleculen kunnen zijn, helemaal vanaf de eerste kolom in de afbeelding, op het moment dat waterstof is geconverteerd en de tubetrailer in gaat. In dat geval kan één van de commercieel contracten (gevulde ruit 1 in de afbeelding) vervallen.

Als er sprake is van eigendomsoverdracht (gevulde ruiten) ligt hier een commercieel contract onder waarin minstens hoeveelheid, kwaliteit en prijs van waterstof zijn vastgelegd.

Daarnaast zullen er verschillende operationele contracten/protocollen (open ruiten) tussen verschillende partijen nodig zijn, waar alle operationele afspraken in worden vastgelegd.



Samenvattend:

In het demonstratieproject Waterstofwijk Hoogeveen kan voor de nieuwbouwwijk Nijstad-Oost, waar een nieuw leidingnet wordt aangelegd voor waterstof, worden aangesloten bij de systematiek van zowel de Gaswet als de Warmtewet.

Voor het demonstratieproject Nijstad-Oost is gekozen voor aansluiting bij de Gaswet. Dit heeft te maken met de vervolgfase van het project Waterstofwijk, met opschaling naar een bestaande wijk. In het geval van bestaande bouw, zoals Erflanden, is er al een aardgasdistributienet aanwezig, waar de regionaal netbeheerder eigenaar van is.

Zolang er nog geen waterstofwetgeving bestaat, analoog aan (of als onderdeel van) de Gaswet of de huidige Warmtewet, zullen afspraken tussen verschillende partijen in de waterstofketen contractueel moeten worden vastgelegd.



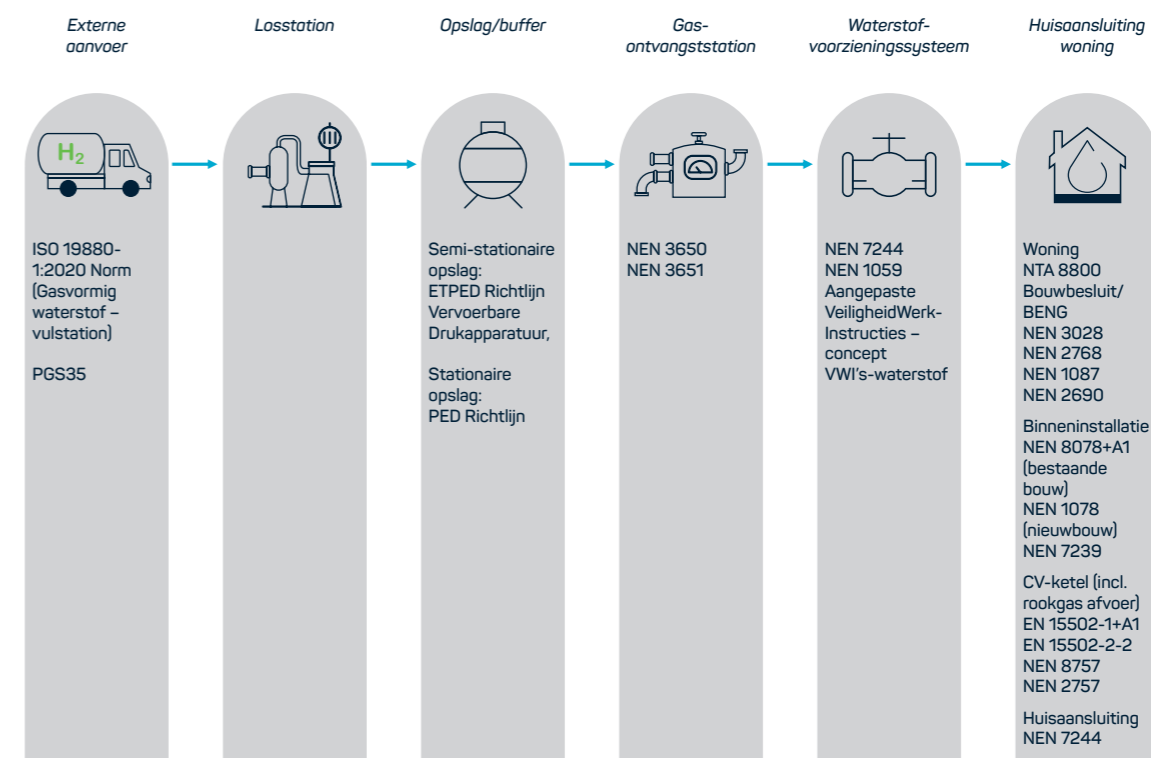
4. WATERSTOF EN VEILIGHEID

In de industrie wordt al tientallen jaren met waterstof gewerkt en is er veel ervaring met de manier waarop met waterstof moet worden omgegaan. Veiligheid is altijd het uitgangspunt.

In de gebouwde omgeving is waterstof nieuw.

Elke energiedrager heeft bepaalde eigenschappen, die gevaarlijk zijn als je er niet goed mee omgaat. Het is dus van belang om een goede set regels/normen en procedures te hebben die aangeven hoe je met waterstof om moet gaan. Normering en regelgeving geven hierbij de kaders aan.

4.1 NORMEN EN REGELGEVING



Waterstofwijk Hoogeveen augustus 2020

Afbeelding 4.1 Normering en regelgeving die nu voor aardgas geldt en uitgebreid of aangepast dient te worden voor waterstof.

Overzicht Veiligheidsaspecten buiten de woning

Indien zich een incident voordoet in een van de installaties in de waterstofketen kan waterstof vrijkomen. Aangezien waterstof – net als aardgas – bij atmosferische temperatuur en druk een kleurloos, reukloos en ontvlambaar gas is, kan dit tot gevaarlijke situaties leiden. Incidenten kunnen zich – net als bij aardgas – voordoen tijdens aanleg, onderhoud of gedurende de operationele fase van de waterstoflevering. Hieronder is uitgewerkt welke parameters impact hebben op het risico voor de operationele fase.

In de keten buiten de woning kunnen de volgende (proces)onderdelen worden onderscheiden; per onderdeel is aangegeven welke parameters invloed hebben op het risico voor de omgeving²⁴:

- Transport van waterstof door buisleidingen.
- Transport van waterstof met behulp van tubetrailers.
- Verlading van waterstof.
- Stationaire installaties (opslag, compressie en leidingwerk).

Transport van waterstof door buisleidingen

Voor het transport van waterstof door buisleidingen worden de maximale gevolgen in geval van een incident bepaald door onder meer de gebruikte materialen, de diameter van de leiding, de werkdruk in de leiding, de grootte van een eventuele lekkage en de aanwezige beheersmaatregelen. De kans dat er zich een incident voordoet bij (ondergrondse) buisleidingen wordt vooral bepaald door graafwerkzaamheden waarbij leidingwerk onbedoeld kan worden geraakt en scheurt. Daarom is ook de diepteligging van leidingen relevant voor het risico. Ook de registratieverplichting voor de beheerder en de gegevensuitwisseling met grondroeders is gericht op vermindering van het risico.

De regionale netbeheerders hanteren voor de aanleg en beheer van hun aardgasnetten in hoofdzaak de reeks normen NEN 7244 en voor de gasdrukregel- en meetstations de norm NEN 1059. In bijlage 6 wordt een overzicht gegeven van normen die – als praktische leidraad – worden gebruikt bij het demonstratieproject Waterstofwijk Hoogeveen.

Voordat er een nieuwe Nederlandse Praktijk Richtlijn (NPR) voor waterstofinstallaties gemaakt kan worden, zal er eerst een NEN-normering voor waterstofinstallaties in woningen gemaakt moeten worden.

Transport van waterstof met behulp van tubetrailers

Voor het transport van waterstof met tubetrailers worden de maximale gevolgen die zich kunnen voordoen bepaald door de druk en inhoud van de tubetrailer. De frequentie van het transport en het type weg (rijksweg, lokale wegen, verkeerssituatie, verkeersdruk) waarover waterstof wordt getransporteerd, bepaalt hier mede het risico.

²⁴ In de Algemene Maatregelen van Bestuur Bevi, Bevt en Bevb worden risiconormeringen gehanteerd ter bescherming van individuen (plaatsgebonden risico) en groepen personen (groepsrisico). Het groepsrisico wordt naast de eigenschappen van de risicovolle activiteit bepaald door het aantal personen in de directe omgeving. Hierbij geldt dat het groepsrisico hoger is naarmate zich meer personen in de directe omgeving bevinden.

Laden en lossen van waterstof

De maximale gevolgen die zich kunnen voordoen worden bepaald door de eigenschappen van het transportmiddel (zie voorgaande) en de manier van laden en lossen. In het geval waterstof wordt overgepompt van de tubetrailer naar een andere opslag en zijn de leidingdiameters, werkdruk en frequentie van het verladen bepalend voor het risico voor de omgeving. Daarnaast wordt het risico bepaald door de procedurele, bouwkundige en technische voorzieningen (aanrijbeveiligingen, noodprocedures enzovoort) die aanwezig zijn om een ongeval te voorkomen of te beperken. Voor gevolgbeperking is een voor de hand liggende beheersmaatregel het in acht nemen van bepaalde minimumveiligheidsafstanden. In sommige gevallen is een kwantitatieve risicoanalyse verplicht.

Stationaire installaties (opslag, compressie en leidingwerk)

Voor stationaire installaties worden de maximale gevolgen bepaald door de omvang en de werkdruk in de installaties. Afhankelijk van de einddruk van het gas kan een compressor nodig zijn. In de rekenmethodiek voor inrichtingen die onder het Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen (Bevi) vallen worden verschillende faalfrequenties onderscheiden voor verschillende typen compressoren. De uitvoering van de compressor is daarmee medebepalend voor het risico. Daarnaast wordt het risico bepaald door de procedurele, bouwkundige en technische voorzieningen (noodprocedures, brandbestrijding, bouwkundige bescherming enzovoort) die aanwezig zijn om een ongeval te voorkomen of te beperken.

Behalve tijdens de operationele fase, kunnen incidenten zich ook voordoen tijdens de aanleg, bij onderhoudswerkzaamheden of tijdens het verwijderen van (delen van) de installatie. Incidenten kunnen leiden tot schade of slachtoffers in de omgeving. Voor risico's in die fasen moet onder andere het kader van de Arbowetgeving worden meegenomen. De diverse veiligheidsrisico's gedurende de diverse fasen van een project zijn samengevat in de tabel hieronder.

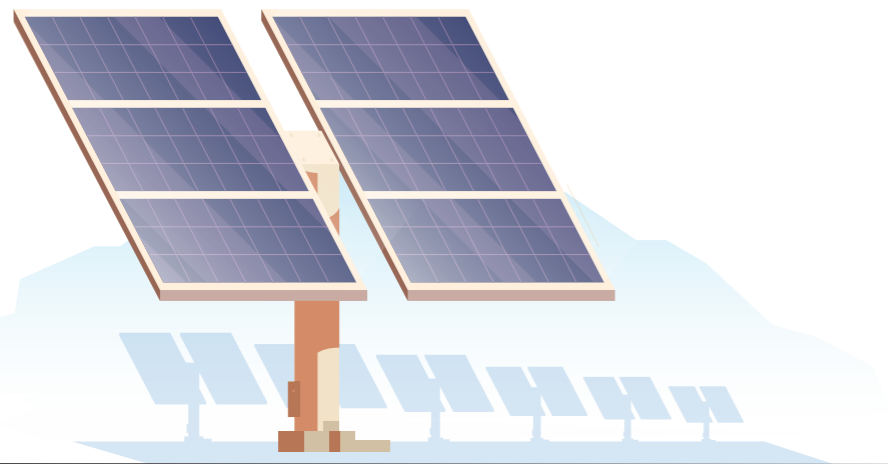
	Ontwerpfase	Constructie fase	Operationele fase	Regulier onderhoud	Grootschalig onderhoud	Uitbedrijf-name/slopen
Externe aanvoer met tubetrailers	Deugdelijk ontwerp	n.v.t.	Risico's naar de omgeving Risico's voor werknemers	Risico's naar de omgeving Risico's voor werknemers	Risico's naar de omgeving Risico's voor werknemers	n.v.t.
Lossen waterstof	Deugdelijk ontwerp	n.v.t.	Risico's voor andere installaties	Risico's voor andere installaties	Risico's voor andere installaties	n.v.t.
Stationaire installatie	Deugdelijk ontwerp	Risico's voor werknemers	Risico's naar de omgeving (incl. bewoners)	Risico's naar de omgeving (incl. bewoners) Risico's voor werknemers	Risico's naar de omgeving (incl. bewoners) Risico's voor werknemers	Risico's voor werknemers
Waterstof-voorzienings-systeem, inclusief binnen-installatie	Deugdelijk ontwerp	Risico's voor werknemers	Risico's naar de omgeving (incl. bewoners)	Risico's naar de omgeving (incl. bewoners) Risico's voor werknemers	Risico's naar de omgeving (incl. bewoners) Risico's voor werknemers	Risico's naar de omgeving (incl. bewoners) Risico's voor werknemers

Tabel 4.1 Overzicht veiligheidsrisico's gedurende diverse fasen van het demonstratieproject.

Demonstratieproject Hoogeveen

Bij het ontwerp en het beheer van het waterstofnet ten behoeve van de nieuwbouwwijk Nijstad-Oost worden zoveel mogelijk de standaardmaterialen en -maatregelen van het aardgas-distributienet toegepast. Op bepaalde onderdelen zijn voor deze pilot andere keuzes gemaakt. Uitgangspunt in deze pilot was om een iets grotere veiligheidsmarge te nemen, totdat alle aspecten met betrekking tot de veiligheidskwesties op landelijk niveau zijn uitgewerkt. Dit betreft bijvoorbeeld diepteligging leidingen en waterstofdetectie.

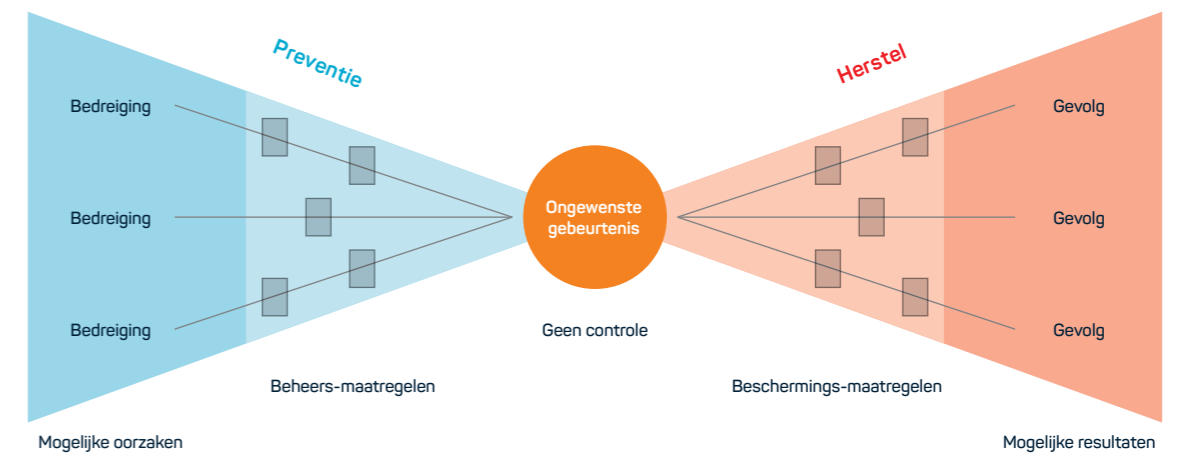
Als onderdeel van het demonstratieproject zijn de specifieke veiligheidsaspecten geïdentificeerd die voor verschillende onderdelen van het gasvoerende systeem van belang zijn. Het gaat bijvoorbeeld om de noodzaak van aarding, het spoelen met stikstof en het aanbrengen van noodvoorzieningen. In bijlage 3 zijn de belangrijkste punten nader toegelicht.



4.2 RISICOANALYSE

Voor het demonstratieproject Hoogeveen is vanuit verschillende kanten en met verschillende methodieken naar de risico's van het project gekeken. Het is een demonstratieproject waarbij al doende is geleerd wat wel en niet kan, en waar wel of geen ervaring mee is. Bij nieuwe toepassingen van deels bestaande technieken in een nieuwe context (waterstof in de gebouwde omgeving) is het vooraf analyseren van de mogelijke risico's een cruciaal onderdeel.

Naar analogie van de bekende risicoanalysetechnieken, zoals de bowtie-analyse²⁵ die de regionale netbeheerders voor aardgasnetten hebben opgesteld, is voor het demonstratieproject de bowtie-methodiek toegepast. Hiermee wordt een systematische aanpak gebruikt om een beeld te krijgen van de risico's die er zijn en van de preventieve beheersmaatregelen en beschermingsmaatregelen die hierop kunnen worden ingezet. Centraal staat de ongewenste gebeurtenis (bijvoorbeeld brand). Links staan de oorzaken (bijvoorbeeld blikseminslag), rechts de gevolgen (bijvoorbeeld schade aan een installatie). De beheers- en beschermingsmaatregelen worden als barrières in de analyse weergegeven. Als een beheersmaatregel goed werkt (bijvoorbeeld goede bliksemafleider) is het een barrière voor het optreden van de ongewenste gebeurtenis. Als de beschermingsmaatregel goed werkt (bijvoorbeeld automatische blusinstallatie) is het een barrière voor het optreden van het gevolg van de ongewenste gebeurtenis.



Waterstofwijk Hoogeveen augustus 2020

Afbeelding 4.2 Schematische weergave van een bowtie-analyse.

Voor de hele waterstofketen is in kader van het demonstratieproject Hoogeveen op deze manier een risico-overzicht gemaakt. Er is gekeken naar technische, financiële en maatschappelijke risico's. Net als bij aardgas liggen de belangrijkste risico's bij lekkage en uitval van onderdelen van de installatie. In bijlage 2 is het totale overzicht te vinden. Bij de analyse is de nadruk gelegd op situaties waarbij aanvullende acties nodig zijn omdat waterstof in plaats van aardgas wordt gebruikt.

²⁵ Bowtie is het Engelse woord voor 'vlinderdas'; en verwijst naar de vorm waarin de uitkomsten van de bowtie risicoanalyse grafisch worden weergegeven. Zie bv. <http://www.17020-consultants.nl/identificatie-risicos-bow-tie/>

Veiligheid & beheersmaatregelen

Op dit moment zijn er voor waterstof nog geen vastgestelde kaders vanuit wet- en regelgeving. Ook ontbraken er voorafgaand aan dit project werkinstructies voor installateurs. Een van de opbrengsten van dit project is dat, in het kader van de duurproef met de waterstof-cv-ketel op EnTranCe, de eerste werkinstructies voor ketelinstallatie zijn opgesteld. Veiligheidswerkinstructies voor het veilig aanleggen en beheren van een waterstofnet zijn inmiddels opgesteld voor en door de netbeheerders, en worden binnen de branchevereniging Netbeheer Nederland gedeeld en verder uitgewerkt.

Een punt van aandacht is dat de ervaring van monteurs van aannemers en netwerkbedrijven met waterstof nog zeer beperkt is. Hetzelfde geldt voor de verbruikers en gebruikers in de gebouwde omgeving. Een belangrijk aandachtspunt is dan ook in hoeverre waterstof bij een eventuele lekkage als een alarmsignaal wordt herkend – niet alleen door bewoners, maar ook door monteurs of passanten. In het demonstratieproject is odorisering van waterstof als randvoorwaarde gesteld, in eerste instantie met THT, de geurstof die ook bij aardgas wordt toegepast.

Bij het ontwerp en het beheer van het nieuwe waterstofnet ten behoeve van de nieuwbouwwijk Nijstad-Oost (implementatiefase 1) zijn zoveel mogelijk de standaardmaterialen en maatregelen van aardgas toegepast. Uitgangspunt is een vergelijkbaar of hoger veiligheidsniveau dan bij aardgas. Op bepaalde onderdelen zijn voor het demonstratieproject binnen de woning aanvullende keuzes gemaakt om (tegen relatief geringe meerkosten) het veiligheidsgevoel te bevorderen en een hoger veiligheidsniveau te bereiken. Meer informatie is te vinden in hoofdstuk 5 en [bijlage 3](#).

Met de opgebouwde kennis en ervaring, het voortschrijdend inzicht opgedaan door het daadwerkelijk uitvoeren van het demonstratieproject Nijstad-oost en de zich ontwikkelende wet- en regelgeving op het gebied van waterstof, kunnen deze aanvullende maatregelen voor implementatiefase 2 van het demonstratieproject Waterstofwijk Hoogeveen of andere wijken weer vervallen of worden aangepast.

Samenvattend:

Uitgangspunt is om in het demonstratieproject Nijstad-Oost waar mogelijk uit te gaan van materialen en werkwijzen die bij aardgas worden gebruikt, en daarbij een iets grotere veiligheidsmarge te nemen totdat alle aspecten met betrekking tot de veiligheidskwesties op landelijk niveau zijn uitgewerkt.

Op basis daarvan kan vervolgens verdere uitrol van waterstof, ook in bestaande aardgasnetten, plaatsvinden. De (extra) maatregelen die ten behoeve de pilot Nijstad-Oost zijn genomen kunnen voor toekomstige wijken dan mogelijk weer vervallen of worden aangepast.

In het kader van het demonstratieproject worden extra veiligheidsvoorzieningen ingebracht. De kennis en ervaring die wordt opgedaan met het demonstratieproject voor de nieuwbouwwijk Nijstad-Oost, wordt gebruikt om na te gaan in hoeverre deze extra veiligheidsvoorzieningen ook relevant zijn of blijven voor de ombouw van een bestaande wijk als Erflanden op waterstof, en welk deel wordt omgezet in (toekomstige) normering en regelgeving.

5. WATERSTOF TOT IN DE WONING

Voor de energievoorziening aan woningen is de leveringszekerheid cruciaal. Of je nu aan het aardgasnet of elektriciteitsnet bent aangesloten, of in de toekomst aan een warmtenet of waterstofnet, als bewoner moet je er op kunnen rekenen dat er 'altijd' energie is. Leveringszekerheid is voor aardgas en elektriciteit wettelijk geregeld in de Gaswet en de Elektriciteitswet. Voor waterstof ligt regelgeving nog voor een belangrijk deel in de toekomst.

Ook bij de demonstratieprojecten die momenteel gepland en gestart worden is het van belang de hele waterstofketen, van productie tot eindgebruiker, te bekijken. Waterstof moet in de juiste hoeveelheid en in de juiste kwaliteit aanwezig zijn op het moment dat er vraag is. In dit hoofdstuk wordt de technische kant van het waterstofvoorzieningssysteem beschreven, vanaf het gasontvangststation tot en met de meter bij de woning. In de laatste paragraaf van dit hoofdstuk gaan we in op de verwarmingsinstallatie binnen de woning.



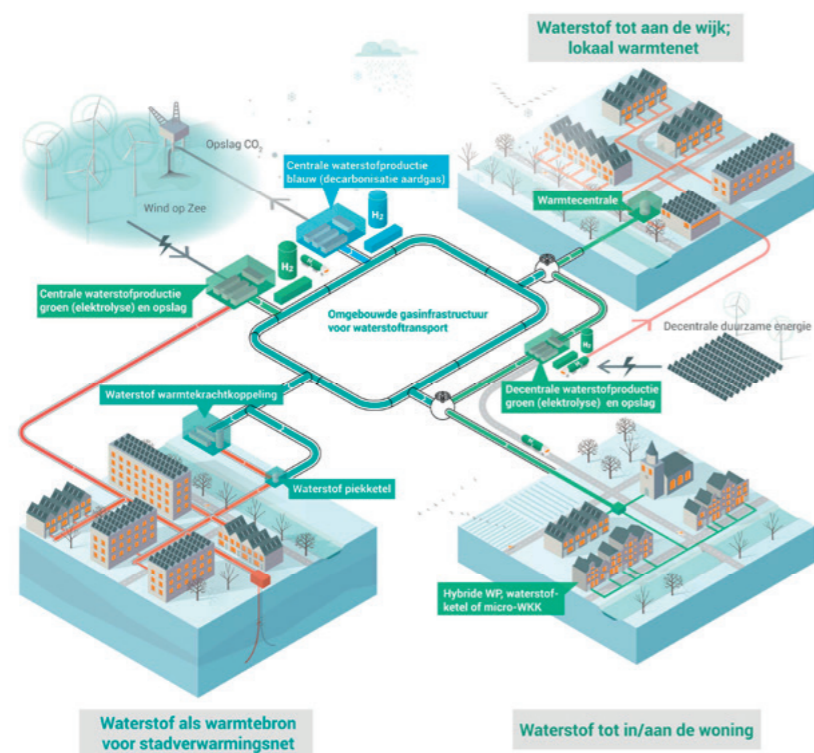
5.1 AANVOER WATERSTOF EN LEVERINGSZEKERHEID

Voor het gebruik van waterstof als basis voor de warmtevoorzieningen in woningen is leveringszekerheid een belangrijke randvoorwaarde. Om de leveringszekerheid te garanderen, moet de hele keten bekeken worden. Er zijn verschillende manieren om waterstof voor de warmtevoorziening in te zetten. Bij ieder manier dienen vragen beantwoord te worden als:

- wordt de waterstof buiten de wijk, aan de rand van de wijk of binnen de wijk geproduceerd?
- waar wordt de waterstof opgeslagen?
- hoe wordt de waterstof getransporteerd?

Er zijn verschillende manieren om waterstof in een woonwijk te krijgen:

- Centrale (grootschalige) productie of conversie van waterstof gevolgd door transport via pijpleidingen of tubetrailers naar de rand van de wijk; overdracht naar een lokaal waterstofdistributienet in de wijk brengt waterstof tot in de woning.
- Decentrale/lokale productie van waterstof uit wind/zon en lokale opslag aan de rand van de wijk; overdracht naar lokaal waterstofdistributienet in de wijk brengt waterstof tot in de woning.
- Decentrale/lokale productie van waterstof uit wind/zon en lokale (waterstof)opslag aan de rand van de wijk; de warmte van elektrolyse of een lokale warmtecentrale koppelen aan een lokaal warmtenet.
- Lokale (productie en) opslag per woning of per groepje woningen.



Afbeelding 5.1 Overzicht van manieren waarop waterstof een rol kan spelen in de warmtevoorziening van aardgasvrije wijken.²⁶

²⁶ <https://www.tno.nl/over-tno/nieuws/2020/3/waterstof-als-alternatief-voor-aardgas/>

Waterstofwijk Hoogeveen – leveringszekerheid

Voor de nieuwbouwwijk Nijstad-Oost in Hoogeveen is gekozen voor de eerste variant, waarbij waterstof initieel zal worden aangevoerd met tubetrailers. Waterstof wordt opgeslagen aan de rand van de wijk. De tachtig tot honderd woningen in de wijk zullen worden verwarmd met waterstof-cv-ketels. In de volgende fase is aanvullend waterstof nodig voor de ombouw van de ruim vierhonderd huizen in de bestaande wijk Erflanden.

Leveringszekerheid nieuwbouwwijk Nijstad-Oost

Voor de bevoorrading van de tachtig tot honderd woningen in Nijstad-Oost is – tijdens een koude periode met temperaturen tot $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ – een aanvoerfrequentie van één tubetrailer per week nodig; in warmere perioden is dat minder. Uitgangspunt voor het bepalen van de grootte van de opslag is het kunnen leveren van waterstof uit de opslag, gedurende een koude winterweek (zeven etmalen). De benodigde hoeveelheid waterstof (560 kg) kan in een geparkeerde waterstoftrailer worden opgeslagen, of worden overgeslagen in één of twee opslagtanks. Voor Nijstad-Oost is voor dit laatste gekozen, hoewel de investeringsbedragen niet erg ver uit elkaar liggen.

Leveringszekerheid deel bestaande wijk Erflanden

Voor de tweede implementatiefase in de wijk Erflanden in Hoogeveen, het aansluiten van 427 woningen op waterstof, is de aanvoer van waterstof via tubetrailers niet meer mogelijk. Dit zou tot een onwenselijk hoog aantal verkeersbewegingen van de tubetrailers leiden. Ook worden de kosten voor de back-upmogelijkheid van opslag gedurende één koude winterweek te hoog. Daarbij zou de opslag zo groot worden (>5000 kg waterstof) dat strengere milieu- en veiligheidsvoorwaarden gaan gelden (BRZO).

Voor Erflanden wordt daarom uitgegaan van lokale conversie en opslag. Als tussenfase (systeemfase 2) wordt gekeken naar het converteren van lokaal opgewekte groene stroom naar waterstof. Vanaf 2023 zou de elektriciteit van een aan te leggen zonneweide met behulp van een elektrolyser omgezet kunnen worden in waterstof. De waterstof is op deze manier 100% groen en lokaal.



5.2 HET GASONTVANGSTSTATION

Het gasontvangststation (gos) zorgt voor een verlaging van de hoge druk (80 bar) van waterstof uit de opslag naar een bedrijfsdruk van 4 bar in het distributienet. Ook wordt in het gos de hoeveelheid waterstof gemeten en wordt de geurstof toegevoegd. Verwarming of koeling van het waterstofgas – indien relevant – vindt ook in het gos plaats. In systeemfase 3 kan het gos worden gekoppeld aan de beoogde waterstofbackbone, waarmee structurele ontsluiting van het gebied voor waterstof is geregeld.

Waterstofwijk Hoogeveen – Gasontvangststation

Het gasontvangststation (gos) zal worden geplaatst op of nabij de NAM-locatie Ten Arlo, vlakbij de nieuw te bouwen wijk Nijstad-Oost.

Bij het ontwerp is uitgegaan van een stationaire opslag van 80 bar van waaruit het gos waterstof ontvangt. Om aan de woningen te kunnen blijven leveren, mag de inlaatdruk voor het gos dalen tot 10 bar. Er moet dus altijd een minimumdruk van 10 bar in de opslag zijn. Voor levering aan het distributienet wordt het gos de druk tot 4 bar²⁷ en wordt het achterliggende leidingwerk tegen te hoge druk beschermd.

In het GOS vinden metingen plaats van de doorgevoerde waterstofhoeveelheid, de inlaat- en uitlaatdruk, de temperatuur van het gas en het waterdauwpunt. Deze metingen zijn nodig voor de afrekening van de geleverde hoeveelheid waterstof, en als controle op kwaliteitseisen aan het gas. Zo moet de temperatuur van het gas bij het aansluitpunt tussen de 5°C en 20°C liggen; hiervoor zal in sommige gevallen een verwarming- en een koelvoorziening nodig zijn. Anders dan in het geval van aardgas, stijgt bij waterstof de temperatuur als de druk wordt verlaagd. Bij aardgas is aanvullende verwarming (van het gas) nodig bij drukverlaging. Bij waterstof is dat niet het geval, maar soms kan koeling nodig zijn. Het watergehalte in waterstof is gespecificeerd als maximaal 5 ppm bij 80 bar – gelijk aan de condities in de opslag.

Voor een debietmeting bij hogedruk en variërende druk en temperatuur is een Coriolis-debietmeter een geschikte oplossing. De meter meet op massabasis (kg per tijd), waardoor dit meetprincipe niet gevoelig is voor druk- en temperatuurveranderingen. De nauwkeurigheidseis voor het meten van de warmte-inhoud van waterstof is 0,4% op calorische bovenwaarde. De zuiverheid, waarmee een elektrolyser waterstof levert is minstens 99,99%, waardoor de meetnauwkeurigheid van 0,4% ruimschoots wordt gehaald.

Het gos moet onafhankelijk kunnen werken, ook zonder elektriciteit. Omdat onderhoud tijdens bedrijf uitgevoerd moet kunnen worden, zijn minstens twee gelijkwaardige meetstraten nodig (tevens een goed back-upmechanisme bij het falen van een van de meetstraten). Voor onderhoud wordt het gos voorzien van alle benodigde afsluiters om secties te kunnen inblokken en afblazen (drukloos maken). Om een lekkage van waterstofgas in het lagedruknet te kunnen ruiken, wordt het mogelijk gemaakt om een geurstof, een odorant, aan het waterstofgas toe te voegen. De exacte locatie waar de geurstof in het gos wordt toegevoerd moet nog worden bepaald.

²⁷ In Erflanden is de druk 4 bar. Op andere plekken in Nederland kan dit ook 8 bar zijn.

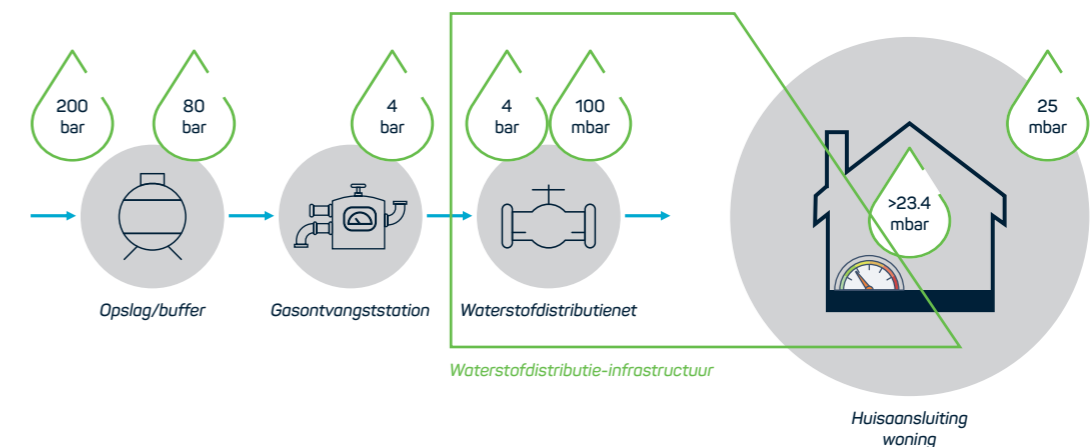
Omdat het gos uitgevoerd kan worden met weerbestendige componenten en het voor waterstofgas gunstig is als er geen dak boven de installatie aanwezig is, kan het gos in de openlucht worden geplaatst. Mogelijk zijn dan voorzieningen voor koeling of verwarming nodig. Gezien het beperkte gewicht volstaat een kleine fundatie onder de reduceerstraten.

Voor het telemetriepaneel ten behoeve van het online uitlezen van de meetdata, kan een kleine 'veldkast' in de nabijheid van het gos worden gebruikt. De plaats van het gos zal zo moeten worden gekozen, dat er zich binnen de explosiegevaarlijke zone (enkele meters) rondom het gos geen vonkvormende elementen bevinden. Ook zal het gos moeten worden beschermd tegen eventueel langsrijdend verkeer.

Uit een analyse van het energieprofiel, gebaseerd op nEDU-verbruiksprofielen²⁸ en CBS-jaarverbruikgegevens voor een twee-onder-een-kapwoning, blijkt dat de hoogste afname voor de wijk in de winter op 58 m³(n) waterstof per uur ligt. De zogeheten 'douche-piek' voor een nieuwbouwwijk als Nijstad-Oost wordt – op basis van ervaring bij andere wijken – geschat op 360 m³(n) per uur. Deze piek duurt maximaal een paar minuten en bepaalt de dimensionering van het gos.

5.3 VAN GASONTVANGSTSTATION TOT EN MET DE METER

Om waterstof bij de woningen te brengen, is een waterstofvoorzieningssysteem nodig. Net als bij het bestaande aardgasdistributienet wordt de gasmeter binnen de woning ook als deel van de distributie-infrastructuur gezien.



Waterstafwijk Hoogeveen augustus 2020

Afbeelding 5.2 De distributie-infrastructuur als onderdeel van de keten is in het kader aangegeven.

²⁸ <https://www.nedu.nl/documenten/verbruiksprofielen/>

Het waterstofdistributienet bestaat uit een hogedruknet en een lagedruknet, gescheiden door het districtstation. Vanaf het gasontvangststation wordt waterstof via het hogedruknet met een druk van 4 bar naar een districtstation met drukregel- en meetapparatuur getransporteerd. Daar wordt de druk verlaagd naar 100 mbar. Via het lagedruknet wordt de waterstof getransporteerd naar de aansluitleidingen van de woningen. In het districtstation bevinden zich twee veiligheden (kleppen) die voorkomen dat er een druk hoger dan 100 mbar in het distributienet kan optreden. In de meteropstelling van de huisaansluiting wordt de druk via een huisdrukregelaar verder verlaagd naar een druk van nominaal 25 mbar. De minimale afleveringsdruk bij het overdrachtpunt naar de binnenleidingen bedraagt 23,4 mbar. Deze aanpak sluit aan bij de huidige leveringswijze van aardgas.

Waterstofwijk Hoogeveen – de infrastructuur voor waterstofdistributie nieuwbouw

Voor het gehele waterstofdistributienetwerk voor de nieuwbouwwijk Nijstad-Oost worden dezelfde materialen en appendages gebruikt als bij de huidige distributie van aardgas. Deze zijn op hoofdlijnen geschikt voor gebruik van waterstof. Als hoofdcomponenten zijn te onderscheiden: hogedruk- en lagedrukleidingnet, districtstation en huisaansluitingen.



De leidingnetten

De leidingnetten voor de nieuwbouwwijk Nijstad-Oost worden ontworpen op grond van een stratenplan van de wijk met bijbehorende leiding- en kabelstroken. Voor het bepalen van de diameters van het leidingnet wordt gebruik gemaakt van het netberekenningspakket IRENE (Interactief REkenen aan NETwerken), dat voor het aardgasnetwerk is ontwikkeld. Met deze software kan, op basis van het verwachte piekverbruik, ook een waterstofnetwerk worden doorgerekend. De keuze van de leidingdiameter wordt beperkt tot een aantal voor-gedefinieerde standaarddiameters, namelijk 63, 110 en 160 mm – dezelfde waarden die voor een aardgasnet worden gebruikt. Een hogere snelheid van waterstof in het netwerk zou gevolgen kunnen hebben voor het geluidsniveau. Metingen in de proefopstelling op EnTranCe laten vooralsnog zien dat daar geen sprake van is.

Het hogedruknet is ontworpen op basis van het materiaal PE100 met een drukklasse PN10 en een diameter/wanddikte-verhouding van SDR-11. Deze worden onderling verbonden met behulp van elektrolasmoffen. In het project is gekozen voor een hogere drukklasse dan gebruikelijk bij aardgas. Hierdoor wordt de kans op lekkages door bijvoorbeeld graafschades of van permeatie van O₂, N₂ en H₂O beperkt. Een PE100 buis met deze drukklasse is ook geschikt om bij een druk van maximaal 8 bar een grotere hoeveelheid waterstof te transporteren, mocht dat op een later moment nodig zijn. Het lagedruknet is ontworpen op basis van het materiaal PVC-A (slagvast PVC). De buizen hebben een lengte van twaalf meter. De buizen worden verbonden door steekmoffen met een rubbermanchet afdichting.

In het bestaande leidingprofiel neemt het waterstofnet de plaats van het aardgasnet in. De minimaal vereiste afstand tussen een waterstofnetwerk en objecten (ondergrondse constructies en gebouwen) zijn voor waterstof nog niet in een norm vastgelegd. Op basis van de huidige bevindingen wordt verwacht dat deze afstanden voor zowel de hoge- als de lagedrukleidingen niet groter zullen zijn dan voor aardgas. Voor het hogedruknet is dat twee meter terwijl voor het lagedruknet één meter aangehouden wordt. Net als bij aardgas moet de leidingstrook waarin de waterstofleiding wordt gelegd vrij blijven van bovengrondse obstakels en gesloten bestrating. Bovengrondse straatpotten om afsluiters te kunnen bedienen, moeten vindbaar en bereikbaar zijn. Als extra veiligheid wordt dertig centimeter boven een waterstofleiding een waarschuwingsslint 'Pas op waterstof' gelegd. Ook via het KLIC-systeem kan graafschade worden voorkomen door een 'Eis voorzorgsmaatregel' in te regelen.



Afbeelding 5.3.a Distributienet hoge druk: leidingnet samengesteld uit PE-buizen, inclusief hulpstukken als verbindingsmoffen, bochten en T-stukken.



Afbeelding 5.3.b Straatpotten voor de bediening van ondergrondse afsluiters.

Districtstation

De afmeting en vormgeving van het districtstation zijn identiek aan die voor aardgasnetten. De veiligheidsafstand tussen station en bebouwing is voor waterstof nog niet in een norm vastgelegd. Als ervan wordt uitgegaan dat de veiligheidsafstand voor aardgas ook voor waterstof geldt, moet deze minimaal zes meter zijn. Voor de fundering van de behuizing wordt een rvs-funderingsframe ingegraven.

De drukregel- en meetinstallatie in het districtstation wordt dubbel uitgevoerd, in twee regelstraten. Elke regelstraat bestaat uit een aantal leidingen, een drukregelaar, een veiligheidsafsluitklep bij de regelaar, een tweede beveiliging op de inlaatafsluiter, een stoffilter en een uitlaatafsluiter. Daarnaast zijn er voorzieningen voor het doen van temperatuurmetingen, drukmetingen en monsterafname. Omdat bij waterstof de snelheid van het gas, bij dezelfde gevraagde hoeveelheid energie, drie keer zo hoog is als bij aardgas, worden enkele componenten met een grotere diameter uitgevoerd. Uit de praktijk zal moeten blijken in hoeverre geluidsproblemen optreden. Mocht het in de toekomst nodig zijn om de druk in het hogedruknet te verhogen naar 8 bar, om meer waterstof te kunnen transporteren, dan zijn de materialen van de hoofdcomponenten daarvoor ook geschikt. Wel zullen enkele onderdelen, zoals drukmeters, aangepast moeten worden.



Afbeelding 5.4 Districtstation opgesteld in een roestvrij stalen kast met de afmetingen 2,5 x 1 x 2m.

Huisaansluiting

De huisaansluiting begint bij de aftakking op het lagedruknet, het aansluitpunt. De aansluitleiding, PE80, wordt zonder las gelegd vanaf het aansluitpunt naar de meteropstelling. In de meteropstelling wordt de waterstofmeter op een gasvoerende meterbeugel gemonteerd. De componenten hoofdkraan, huisdrukregelaar en nippels ten behoeve van drukmeting en/of spoelen (met stikstof) worden in de beugel geïntegreerd. Vooralsnog wordt ervan uitgegaan dat de plaats en indeling van de meterkast voor een waterstofaansluiting moet voldoen aan de huidige 'richtlijn voor meterruimten met een aardgasaansluiting voor laagbouwoningen'.

Ten behoeve van de aansluitleiding dient tijdens de bouw van de woning een ononderbroken mantelbuis te worden aangebracht vanaf de buitengevel tot in de meterkast, zodat de aansluitleiding (vanaf de hoofdleiding) zonder verbindingen kan worden aangelegd. Extra aandacht voor het gasdicht aanbrengen van de mantelbuis (en andere doorvoeringen) door de gevel is vereist, om te voorkomen dat er bij een eventueel lek buiten de gevel waterstof het gebouw kan binnendringen. De diameter van de aansluitleiding is aan de hand van een netberekeningsprogramma bepaald op 32 mm met een wanddikte van 2,3 mm (SDR-17,6). In het project zijn een aantal aanvullende maatregelen getroffen, zoals het installeren van een bedienbare afsluiter en een GasStop bij het aansluitpunt. Deze laatste sluit automatisch de aanvoer van waterstof af bij een vrije uitstroom van waterstof, bijvoorbeeld als gevolg van graafschade. De minimale gronddekking voor de aansluitleiding is op 60 cm gehouden, met op 30 cm boven de aansluitleiding een waarschuwingslint 'Pas op waterstof'. Het KVIC-systeem voor graafwerkzaamheden geeft aan dat er een voorzorgsmaatregel van toepassing is.

Uit eerste-, indicatieve metingen is gebleken dat balgenmeters kunnen worden ingezet voor het meten van waterstofdebieten, maar dat de geconstateerde afwijkingen groter zijn dan vanuit het EU-voorschrift is vereist. Deze afwijkingen worden nader onderzocht tijdens de cv-ketel testen op EnTranCe. Het drukverschil over de meters bleek verwaarloosbaar klein, zodat het drukregime, zoals nu wordt gehanteerd in het Nederlandse distributienet voor aardgas, kan worden gehandhaafd. Tijdens de uitvoering van de experimenten is geen geluidsoverlast ('fluiten') bij de meters waargenomen.

De G6-ultrasoonmeter bleek niet te reageren op de aangeboden waterstofdebieten. Hieruit kan worden geconcludeerd dat deze meter – in zijn huidige configuratie – voor wat betreft de meetnauwkeurigheid niet geschikt is voor waterstof. In overleg met de fabrikanten kan nader bekeken worden of de configuratie kan worden aangepast voor waterstof.



Waterstofwijk Hoogeveen – de infrastructuur voor waterstof distributie bestaande bouw

De beoogde omzetting van een deel van de bestaande woningen in Erflanden van aardgas op waterstof wordt gefaseerd uitgevoerd. Als eerste worden ongeveer tien bestaande woningen afgekoppeld van het aardgasnet en aangesloten op het lagedruk-waterstofdistributienet van de nieuwbouwwijk Nijstad-Oost. Deze eerste stap wordt gebruikt om een inschatting te kunnen maken van de hoeveelheid werk en tijd die nodig zijn om een bestaande woning om te zetten. Stapsgewijs zullen zo ongeveer honderd woningen worden omgezet.

Voor de rest van de ombouw dienen, met het oog op de leveringszekerheid en al dan niet tijdelijk, extra maatregelen te worden getroffen. Eén daarvan is het plaatsen van een (nood)districtstation. Een gedeelte van het aardgashogedruk-distributienet in de bestaande wijk Erflanden wordt dan afgekoppeld en verbonden met het waterstofhogedruknet van Nijstad-Oost. Bij elke (tussen)fase zal telkens een knip gelegd worden tussen het waterstofnet en het huidige aardgasnet in zowel het lagedruk- als het hogedrukdeel van het distributienet. Doordat dan zowel het lagedruknet als het hogedruknet tussen de nieuwbouwwijk Nijstad-Oost en de bestaande wijk Erflanden met elkaar gekoppeld zijn, kan bij eventuele storing van een van de districtstations, een ander districtstation het overnemen. Hiermee is de leveringszekerheid gewaarborgd.



De leidingen

De diameters van het bestaande aardgasnet in de wijk Erflanden zijn (in 1999) bepaald met behulp van een netberekenningspakket. Voor de hoofdleidingen zijn de (standaard)diameters 63, 110 en 160 mm toegepast. Voor de huisaansluitingen is de standaarddiameter 32 mm toegepast. Het netwerk is in 2019 doorgerekend voor het gebruik van waterstof bij verschillende scenario's van piekbelasting en blijkt te voldoen. Het is mogelijk dat i.v.m. een verhoogd geluidsniveau, door een hogere snelheid van waterstof, kleine aanpassingen gedaan moeten worden.

Het aardgasnet in Erflanden is in combinatie met de andere infrastructuur gelegd volgens het kabel- en leidingprofiel van de gemeente Hoogeveen. Uitgangspunt is NEN 7244-1 waarin o.a. wordt gesteld dat de afstand tussen een aardgasnetwerk en objecten (ondergrondse constructies en gebouwen) aan minimaal vereiste afstanden dient te voldoen. Bij aardgas geldt voor een hogedrukleiding in het distributienet een afstand van twee meter tot een gebouw en voor lagedrukleidingen bedraagt deze afstand minimaal één meter. Voor waterstof zijn deze nog niet in een norm vastgelegd. Op basis van de huidige bevindingen wordt verwacht dat deze afstanden voor zowel de hoge- als de lagedrukleidingen niet groter zullen zijn dan de afstanden zoals deze zijn opgenomen voor aardgas. Al met al is het mogelijk om waterstof veilig te distribueren via het aardgasnet in Erflanden. Wel worden er koppelingen gelegd tussen het waterstofdistributienetwerk in Nijstad-Oost en Erflanden. Bij iedere (tussen)fase wordt een stuk van het aardgasnet

afgescheiden, waarbij de rest van het aardgasnetwerk in bedrijf blijft. Afhankelijk van de uitkomsten van het project Nijstad-Oost en ander onderzoek wordt besloten of een GasStop en een bovengronds bedienbare afsluiter geïnstalleerd worden vlak bij het aansluitpunt.

De aansluitleidingen in de bestaande bouw hebben gronddekking, anders dan in Nijstad-Oost, van minimaal 40 cm. Om bestaande leidingen te kunnen gebruiken zal afgezien worden van het aanbrennen van een grotere gronddekking en het waarschuwingsslint. Wel zal het gehele waterstofnet inclusief de huisaansluitingen het kenmerk 'eis voorzorgsmaatregel' krijgen bij KLIC-melding.

Districtstation

De twee bestaande districtstations in de bestaande wijk Erflanden hebben voldoende capaciteit om waterstof in plaats van aardgas te leveren. De berekende snelheden bij het toepassen van waterstof zijn weliswaar circa 3x zo hoog, maar dit zal naar verwachting niet tot geluidshinder leiden. Indien uit praktijkmetingen het tegendeel blijkt, dan kan dit door aanpassingen van bepaalde componenten (regelaar, uitlaatleiding) worden opgelost.

De veiligheidsafstand ten opzichte van bebouwing dient volgens de daarvoor geldende norm bij aardgas minimaal 6 meter te bedragen. De veiligheidsafstand tussen een districtstation en objecten zijn voor waterstof nog niet in een norm vastgelegd, de verwachting is dat deze niet groter zal zijn. Voordat de districtstations van aardgas worden overgezet op waterstof zullen deze eerst aan een zogenaamde C-inspectie worden onderworpen. Daarbij worden de regelstraten gereviseerd waarbij de zachte delen, membranen, rubbers en pakkingen, worden vervangen. Indien uit onderzoek blijkt dat er toch nog aanvullende maatregelen genomen dienen te worden, dan zullen ook die aspecten worden meegenomen. Na de her-montage van regelstraten worden bij de inbedrijfstelling de regelaars en veiligheidsafstanden opnieuw ingeregeld en afgesteld.

De huisaansluiting

De bestaande huisaansluiting voor aardgas is op hoofdlijnen geschikt voor het distribueren van waterstof.

Wel moet de aardgasmeter (G4) worden vervangen door een meter met grotere capaciteit (G6) die geschikt is voor het meten van waterstof. Ook wordt de huisdrukregelaar aangepast of vervangen i.v.m. mogelijk optredende resonantie. Vooralsnog is er geen reden om aan te nemen dat de plaats en indeling van de meterkast voor een waterstofaansluiting niet zou voldoen aan de huidige richtlijn voor meterruimten met een gasaansluiting voor laagbouw woningen.

De verwachting is dat ten tijde van het overzetten van de eerste delen van de bestaande wijk Erflanden op waterstof de landelijke veiligheids- en beheersmaatregelen beschikbaar zullen zijn. Indien dat (nog) niet het geval is, zal beschouwd worden in hoeverre de specifieke aanvullende maatregelen die geschreven zijn voor demonstratieproject Nijstad-Oost gehanteerd kunnen of moeten worden.

ONTWIKKELING WATERSTOFBRANDER VOOR WATERSTOF-CV-KETEL

De hoogrendement cv-ketel is in veel Europese landen al tientallen jaren dé standaardoplossing voor verwarming. De cv-ketel heeft echter als belangrijk nadeel dat bij de verbranding van aardgas CO₂ vrijkomt. Met het gebruik van groene waterstof als brandstof wordt de CO₂-uitstoot van een cv-ketel tot nul gereduceerd. Dit geldt ook voor de uitstoot van het voor de gezondheid schadelijke bijproduct CO.

In veel studies wordt vermeld dat de NO_x-uitstoot bij waterstof hoger zou zijn, vanwege hogere vlamtemperaturen. De technologie die binnen dit project is ontwikkeld laat echter zien dat de NO_x-uitstoot duidelijk lager is.²⁹

Er moeten enkele technische uitdagingen worden overwonnen om waterstof in een cv-ketel te kunnen verbranden. De fysische en chemische eigenschappen van waterstof verschillen nu eenmaal sterk van die van aardgas.

Bij dit demonstratieproject is de aandacht vooral gericht op het ontwerpen van het technisch hart van een waterstof-cv-ketel. Uitgangspunt voor de eerste ontwikkeling was om zoveel mogelijk technologie van een bestaande cv-ketel te gebruiken. Vanwege de afwijkende eigenschappen van waterstof is het noodzakelijk gebleken om de volgende componenten te wijzigen:

- **Branderontwerp:** er zijn twee categorieën brandergeometrie, cilindrisch en vlak, waarvan de cilindrische geometrie het meest voorkomt. Daarom is er in dit project gekozen voor huishoud-cv-ketels waarin cilindrische branders passen. Bij een cilindrische brander zitten de vlammen aan het gekromde buitenoppervlak. Voor de waterstof-cv-ketel is het branderoppervlak aangepast zodat waterstof stabiel en veilig kan branden. Het is de verwachting dat dit type ontwerp ook kan worden opgeschaald naar andere formaten en geometrieën.
- **Vlambewaking:** aardgasvlammen zijn elektrisch geleidend. Dit principe wordt gebruikt om te detecteren of er een vlam aanwezig is. Dit wordt gekoppeld aan de gastoevoer, zodat onveilige situaties worden voorkomen. Waterstofvlammen geleiden elektriciteit slecht. Daarom is een andere manier van vlambewaking nodig. De twee meest gangbare alternatieven werken op basis van uv- of temperatuurmeting. Bij de duurtesten van de waterstof-cv-ketel op EnTranCe wordt een uitvoering op basis van temperatuurmeting getest.
- **Ventilator:** een ventilator wordt gebruikt voor het verplaatsen van lucht. Omdat de waterstofmoleculen klein zijn, moet er extra aandacht worden besteed aan een goede gasdichtheid, in het bijzonder bij de draaiende delen. Daarnaast moet het ontwerp van de gaslucht-menger worden aangepast vanwege de specifieke eigenschappen van waterstof.
- **Gasklep:** een goede afdichting is ook bij de gasklep het belangrijkste aandachtspunt; hier is bij de keuze van materialen rekening mee gehouden.

²⁹ White Paper: Development of high performance (low NO_x) domestic hydrogen boilers, DNV GL en Bekaert Heating. Wordt gepubliceerd in de tweede helft van 2020.

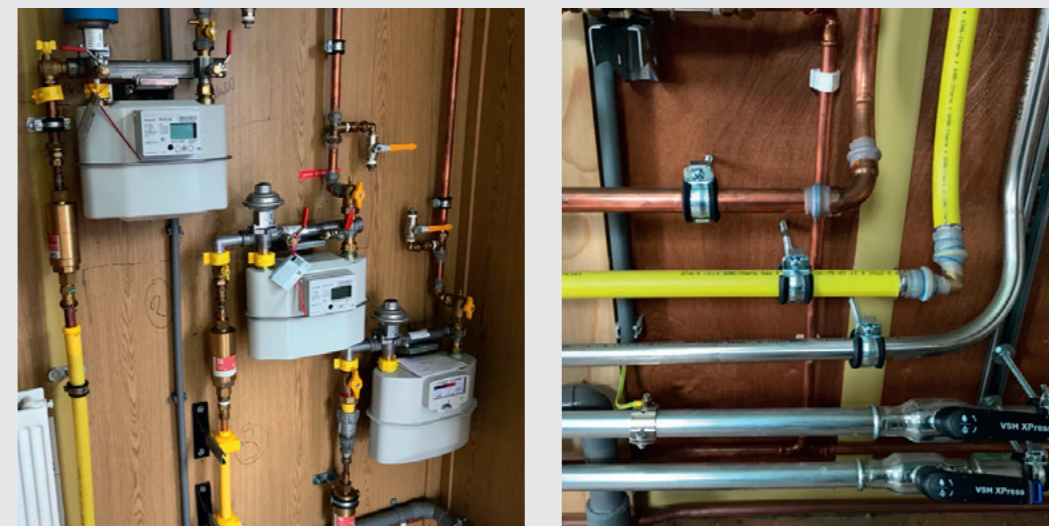
DUURPROEVEN ENTRANCE

Bij de laatste stap van de ontwikkeling van de waterstof-cv-ketel voor het demonstratieproject Hoogeveen worden twee verschillende keteltypen getest op EnTranCe, de energieproeftuin van de Hanzehogeschool Groningen. Naast waterstof-cv-ketels worden ook de aansluitleidingen en appendages getest.

Het doel van deze testen is om te verifiëren of de ontwikkelde keteltechnologie duurzaam is. In de testen ondergaan de ketels een cyclisch patroon van verschillende vermogens. Zo wordt het gebruik in de praktijk zo goed mogelijk nagebootst. Er wordt onder andere gekeken naar de werking van de ketel, de lektheid, de bruikbaarheid van bestaande leidingen, de kwaliteit van de materialen, de hoeveelheid watercondens en mogelijke geluidseffecten. De duurtesten zijn gestart in juni 2020 en lopen door tot september 2020 (105 dagen).

De container waarin de waterstof-cv-ketels worden getest is het resultaat van de samenwerking van diverse componentenleveranciers, installateurs en de branderfabrikant. Een belangrijke aanvulling ten opzichte van een verwarmingsinstallatie op aardgas is dat er spoelpunten bij de ketel en bij de gasmeter moeten worden aangelegd om het systeem te kunnen spoelen met stikstof. De eerste resultaten, na ruim een maand testen, zijn positief. Waterdamp geeft geen problemen, de condensafvoer en de huidige leidingdiameters voldoen prima.

Het succesvol afronden van de duurtesten betekent weer een stap richting het inzetten van waterstof-cv-ketels in woningen. Het is de bedoeling de waterstof-cv-ketel in te bouwen in de nieuwbouwhuizen van Nijstad-Oost. Voordat het zover is, zal de ketel gekeurd worden in samenwerking met cv-ketelfabrikanten. Eventueel worden de duurtesten nog uitgebreid.



Afbeelding 5.5 Testinstallatie op EnTranCe. In de zomer van 2020 zijn duurtesten uitgevoerd aan drie waterstof-cv-ketels. Tegelijkertijd zijn verschillende leidingmaterialen en koppelstukken getest.

Waterstofwijk Nijstad-Oost

Omdat het een demonstratieproject betreft en op allerlei gebied nog geen wet- en regelgeving en normering is voor het werken met waterstof, zijn de volgende maatregelen gekozen voor de nieuwbouwwijk Nijstad-Oost. Uitgangspunt hierbij is dat de toepassing van waterstof een veiligheidsniveau kent dat gelijk of hoger is dan dat voor aardgas. Op basis van de ervaringen en resultaten van demonstratieprojecten als Waterstofwijk Hoogeveen zal te zijner tijd worden bepaald in hoeverre deze extra veiligheidsvoorzieningen gehandhaafd blijven of zullen worden omgezet in regelgeving. Wijzigingen in Bouwregelgeving, NEN-normen en de Nederlandse Praktijknormen (NPR) kunnen noodzakelijk zijn.

- Periodieke inspectie, met lekdichtheidsbepaling gebruikmakend van gecertificeerde detectieapparatuur.
- Gebruik van stikstof voor het spoelen van de leidingen, om een ongewenste luchtmengverhouding in de leidingen te voorkomen.
- Automatische afsluiting bij overschrijding van een maximale gasstroom, zoals die zou kunnen optreden bij een calamiteit.
- Waterstofdetectie. Voorgesteld wordt om een tweetal waterstofsensoren te plaatsen, één op de deur van de meterkast, boven het (verplichte) bovenste rooster, en één boven de cv-ketel. Bestaande specifieke waterstofsensoren zijn relatief duur, maar een verkennend onderzoek met een aantal minder kostbare CO₂-detectoren laat zien dat ook deze voor waterstofdetectie kunnen worden gebruikt.
- Als extra beveiligingen worden een terugslagklep en een vlamdover gemonteerd in de waterstofaanvoer direct onder de ketel.
- In de ruimten waar de leiding doorheen gaat, kan extra ventilatie nodig zijn. De noodzaak om extra ventilatie toe te passen is afhankelijk van de luchtdichtheid van de woning. In bestaande bouw zijn aanvullende ventilatievoorzieningen dan soms ook niet nodig.
- Als er dan toch verdachte situaties optreden, geeft een waterstofprotocol voor installateur en bewoners houvast in hoe te handelen. Ook worden hulpdiensten standaard geïnformeerd over hoe zij rekening kunnen houden met de aanwezigheid van waterstof.

De nieuw ontwikkelde waterstof-cv-ketel is aangepast wat betreft brander, ventilator, vlamdetectie en elektronica. Woningen die voorzien worden van een waterstof-cv-ketel hebben een rookgasafvoer nodig. Als waterstof met lucht verbrand wordt, bestaan de rookgassen vooral uit lucht, waterdamp en enige NO_x. De huidige waterstof-cv-ketel wordt getest met een rookgasafvoer met een lengte van maximaal zes meter. Belangrijke aspecten bij deze testen zijn de weerstand over de rookgasafvoer en de doorvoersnelheid van de rookgasventilator. Bij waterstofverbranding ontstaat geen CO₂, maar wel meer watercondens dan bij aardgasverbranding; verder is de samenstelling van de rookgassen zo goed als gelijk. Dit maakt dat de materialen voor de afvoer van rookgassen en condens die voor aardgas worden gebruikt, ook bij waterstof kunnen worden toegepast met dezelfde afmetingen.

Voor het demonstratieproject Hoogeveen is, ten behoeve van de duurtesten met de waterstof-cv-ketel op EnTranCe, een installateur opgeleid. Bij de uitvoering van het demonstratieproject zal steeds worden nagegaan worden welke andere competenties en kennis van belang zijn.

5.4 UITVOERING

Aannemers

De aanleg van het waterstofnetwerk wordt gedaan door aannemers die ISO- en VCA-gecertificeerd zijn. Hierbij worden maatregelen zoals beschreven in de Arbocatalogus, de VeiligheidsInstructie AardGas (VIAG) en Veiligheidswerkinstructies (vwi's) opgevolgd. Voor het demonstratieproject Hoogeveen zijn aanvullende werkinstructies en onderhoudsinstructies geschreven. Op termijn zullen de gezamenlijke netbeheerders (aanvullende) maatregelen beschrijven die sectorbreed toepasbaar zijn.

Kwaliteit van de componenten

De componenten dienen bij voorkeur te voldoen aan het GASTEC QA-keurmerk dat wordt uitgegeven door Kiwa. Bij de drukregel- en meetapparatuur in de districtstations komen componenten voor die dit keurmerk niet hebben. Dit komt doordat niet voor alle componenten een keuringseis is beschreven of doordat er weliswaar een keuringseis is beschreven, maar er geen fabrikant is die op basis daarvan zijn product heeft laten keuren.

In juni 2019 heeft Kiwa een nieuwe keuringseis KE 214 'Geschiktheid voor bijmenging tot en met 100% waterstofgas'³⁰ uitgebracht. Daarin zijn eisen geformuleerd voor componenten die worden gebruikt in een netwerk met waterstofgas. In deze keuringseis is ook een lijst van materialen opgenomen waarvan bekend is dat ze bestand zijn tegen waterstofgas. Voor leidingen en voor het materiaal van dynamische componenten zoals drukregelaars, kleppen en afsluiters biedt KE 214 voldoende informatie. Los van de kwaliteit van de componenten en materialen kan het voorkomen dat er geluidseffecten optreden als er waterstof door de componenten stroomt in plaats van aardgas.

In de ontwerpfase van het waterstofnetwerk voldoen niet alle toe te passen componenten aan het GASTEC QA-keurmerk en/of aan KE 214. In de uitvoeringsfase zal mogelijk de keuze van de componenten hierop worden bijgestuurd. De verwachting is dat er geen grote verschillen zullen ontstaan tussen toepassingen voor aardgas en voor waterstof.

Normen

Voor de aanleg van waterstofnetten ten behoeve van de gebouwde omgeving bestaan geen specifieke normen. Bij het demonstratieproject Hoogeveen geldt als uitgangspunt dat voor waterstofnetten dezelfde normen als basis worden gebruikt als voor aardgasnetwerken. De belangrijkste normen die worden gebruikt zijn NEN 7244, voor de distributienetwerken, en NEN 1059, voor drukregel- en meetstations.

³⁰ https://www.kiwa.com/nl/nl/service/waterstof-heeft-de-toekomst-nieuwe-keuringseis-214/ke-214-_2019_.pdf

Onderhoud en storings protocol

Na inbedrijfstelling wordt het waterstofnet binnen een maand gecontroleerd door middel van bovengronds lekzoeken. Het onderhoudsplan voor het waterstofdistributienet gaat uit van jaarlijks bovengronds lekzoeken, terwijl dat bij aardgas één keer in de vijf jaar gebeurt. Net zoals bij de aardgasnetwerken worden de vindbaarheid, bereikbaarheid en bedienbaarheid van de afsluiters jaarlijks gecontroleerd. Het districtstation in het waterstofdistributienet wordt jaarlijks geïnspecteerd en gereviseerd. Voor aardgas is de inspectie ook jaarlijks en vindt revisie één keer in de zeven jaar plaats. Na verloop van tijd kan monitoring en evaluatie van de resultaten in het project leiden tot verlaging van frequentie van enkele onderhoudsactiviteiten.

Storings

Graafschade is in de regel de grootste oorzaak van storings in het kabel- en leidingnet. Om graafschades zoveel mogelijk te voorkomen, is het van belang dat de gegevens over de ligging van het waterstofnetwerk van goede kwaliteit en up-to-date zijn. Het werken volgens de Wet informatie-uitwisseling bovengrondse en ondergrondse netten en netwerken (WIBON) is daarbij de leidraad. Het waterstofnetwerk zal bij de beheerder in het Geografisch Informatie Systeem (GIS) worden ingetekend en daarbij het kenmerk 'eis voorzorgsmaatregel' krijgen. Indien er dan een graafmelding in de nabijheid van het waterstofnet wordt gedaan, krijgt de graver een melding dat deze minimaal drie werkdagen voor de start van de graafwerkzaamheden contact op dient te nemen met de schadepreventiemedewerker van de beheerder van het netwerk.

Voor het demonstratieproject Hoogeveen wordt een specifiek onderhouds-, storings- en calamiteitenplan opgesteld, omdat er nog geen ervaring is met een dergelijk distributienetwerk voor waterstof.

Het aannemen en verhelpen van storings in het waterstofnetwerk wordt opgenomen in de 24/7 storingsdienst van de netbeheerder. De aard en omvang van de storings zullen op jaarbasis worden geëvalueerd.

In het ontwerpplan voor het waterstofdistributienet worden ook hoofdleidingen door grond in gemeenschappelijk particulier bezit gelegd. Met de Verenigingen van Eigenaars (VvE's) worden dan afspraken gemaakt met betrekking tot de ligging, en het doen van KLIC-meldingen bij graafwerkzaamheden.

Samenvattend

Er is een ontwerp gemaakt voor het waterstofvoorzieningssysteem van de nieuwbouwwijk Nijstad-Oost. De invulling van het ontwerp blijkt goed te kunnen worden uitgevoerd met de kennis en ervaring die gedurende lange tijd met aardgas is opgedaan.

Bij het demonstratieproject Hoogeveen geldt als uitgangspunt dat voor waterstofnetten dezelfde normen als basis worden gebruikt als voor aardgasnetwerken.

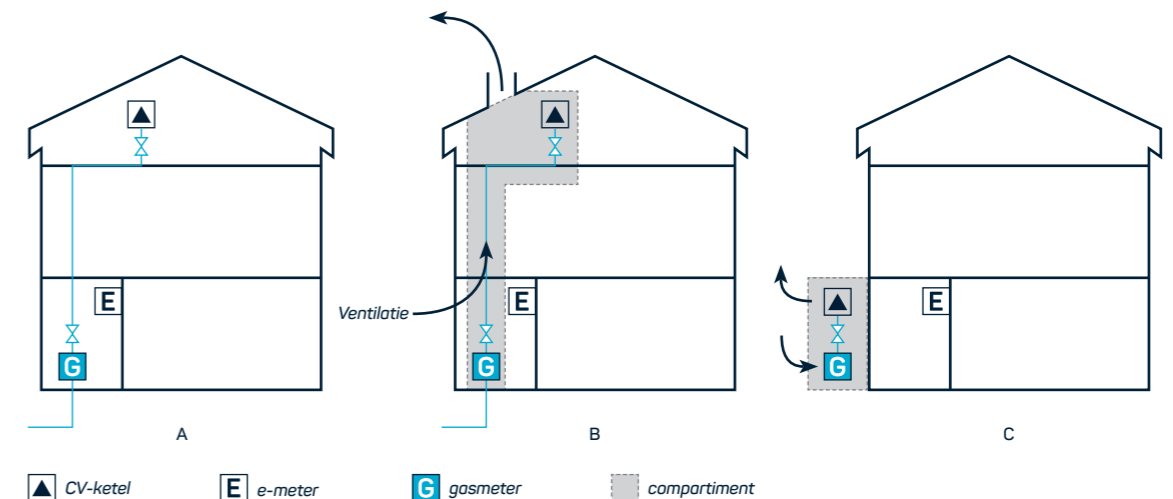
5.5 WATERSTOF VOOR VERWARMING VAN DE WONING

Een waterstof-cv-ketel in de woning

Uitgangspunt voor het demonstratieproject Hoogeveen is het verwarmen van de woningen met een waterstof-cv-ketel. In de woning kan de waterstof-cv-ketel op verschillende plaatsen staan. De meest voorkomende configuratie is die waar de aardgas-cv-ketel op zolder staat (plaatsing op de begane grond is ook mogelijk). De gasmeter bevindt zich binnenshuis. Bij nieuwbouwwoningen kan in het ontwerp rekening worden gehouden worden met de aanleg van een volledig gecompartmenteerde en afzonderlijk geventileerde ruimte voor waterstofleiding, gasmeter en waterstof-cv-ketel, of voor plaatsing van de ketel buiten de woning. Het voordeel van dit laatste alternatief is dat er nooit waterstof binnen de woning aanwezig kan zijn. Voor ombouw van bestaande woningen naar waterstof zal de situatie in afbeelding 5.6.b gebruikt worden.

Waterstofwijk Hoogeveen

Bij de nieuwbouw in Nijstad-Oost is ervoor gekozen om de verwarmingsketel en gasmeter net zo te plaatsen als in de huidige aardgaswijken, in een afgeschermd ruimte (afbeelding 5.6.b). Bij de opschaling van het demonstratieproject van nieuwbouw naar bestaande bouw kan de indeling van het huis – wat betreft verwarmingssysteem – dan ongewijzigd blijven.



Afbeelding 5.6 Plaats van gasmeter en cv-ketel in de woning.

- Meest voorkomende bestaande plaatsing: cv-ketel op zolder en gasmeter binnen de woning.
- De waterstof-cv-ketel en de waterstofleiding worden in een eigen geventileerd compartiment binnen de woning geplaatst.
- De gasmeter, waterstofleiding en waterstof-cv-ketel worden buiten de woning geplaatst.

Als aardgas wordt vervangen door waterstof is het nodig om goed na te denken over de beheersmaatregelen, omdat het een ander type gas betreft. Ook zijn mogelijk enkele aanpassingen nodig van het ontwerp van het verwarmingssysteem (naast het vervangen van de ketel) in verband met de veiligheid in de woning. Lekkage van waterstof en de mogelijkheid van ophoping van een mengsel van lucht en waterstof moet voorkomen worden. Voor de leidingen betekent dit dat deze van materiaal gemaakt moeten zijn, dat geschikt is voor waterstoftoepassing (een nieuwe keuringseis is in ontwikkeling). Hetzelfde geldt voor appendages en koppelingen. In een bestaande woning zal de installatie gekeurd moeten worden op geschiktheid.

Een installateur zal specifiek opgeleid moeten worden voor het werken met waterstof en de juiste gereedschappen moeten gebruiken; dat is dan een uitbreiding op de aardgascertificering. Voor nieuwbouw is een installatiehandleiding nodig, die (noodzakelijke en wenselijke) aanvullende maatregelen aangeeft.

Voor de bewoner is het gebruik van de waterstof-cv-ketel hetzelfde als het gebruik van de aardgasketel. Het rendement van een waterstof-cv-ketel is nagenoeg gelijk aan dat van een aardgas-cv-ketel. Omdat er nog geen kooktoestellen op de markt beschikbaar zijn, kan waterstof op korte termijn niet ingezet worden om te koken. In het Hoogeveen-project wordt ingezet op elektrisch koken – een gangbare keuze voor nieuwbouw en bij verandering in bestaande bouw.

Samenvattend

Het ontwerp van de plaatsing van een waterstof-cv-ketel in een woning is gebaseerd op de traditionele cv-opstelling met inpanidige gasmeter en ketel op zolder. In het ontwerp zijn ten opzichte van het ontwerp met een aardgas-cv-ketel een paar kleine aanpassingen doorgevoerd. Voor de bewoner is het gebruik van de waterstof-cv-ketel hetzelfde als het gebruik van de aardgas-cv-ketel. In een bestaande woning zal de aardgas-installatie gekeurd moeten worden op geschiktheid voor waterstof. In het kader van het demonstratieproject voor de nieuwbouwwijk worden extra veiligheidsvoorzieningen ingebracht. Uitgangspunt hierbij is dat de toepassing van waterstof een veiligheidsniveau kent dat gelijk of hoger is dan dat voor aardgas. Naar aanleiding van evaluaties zal nagegaan worden in hoeverre deze extra veiligheidsvoorzieningen zullen worden omgezet in regelgeving. Wijzigingen in Bouwregelgeving, NEN-normen en de Nederlandse Praktijknormen (NPR) kunnen noodzakelijk zijn.

6. INDICATIEVE MKBA EN ALTERNATIEVEN

6.1 MAATSCHAPPELIJKE KOSTEN-BATENANALYSE

In een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) worden verschillende alternatieven naast elkaar gezet, waarbij naast financiële ook niet-financiële elementen, zoals milieu of welzijn, worden meegewogen. Binnen het project Waterstofwijk Hoogeveen wordt een indicatieve MKBA opgesteld om te laten zien hoe een waterstofoplossing voor verwarming van bestaande bouw zich verhoudt tot andere alternatieven.

Om de vertaalslag naar andere wijken in Nederland te kunnen maken, wordt een indicatieve MKBA van de mogelijke alternatieven voor de bestaande wijk Erflanden in Hoogeveen gemaakt. Het betreft een zelfstandig werkdocument waarin alle gekozen uitgangspunten gedetailleerd zijn vastgelegd.³¹ De uitkomst van de analyse wordt door tal van externe factoren bepaald. In deze paragraaf geven we een vooruitblik op de belangrijkste conclusies. Deze conclusies zijn gebaseerd op het huidige beeld en kunnen veranderen.

In de bestaande bouw in Nederland wordt anno 2020 nog meer dan negentig procent van de huizen verwarmd door een hoogrendement (HR) ketel op aardgas. Omdat op termijn aardgas zal moeten verdwijnen om aan de duurzaamheidsdoelstellingen 2050 te voldoen, hebben we er in deze MKBA-analyse voor gekozen om voor *alle* alternatieven uit te gaan van een 95% CO₂-reductiedoelstelling in 2050. Dat betekent dat niet het huidige alternatief van verwarmen op aardgas is meegenomen als nul-alternatief in de MKBA³², maar het groen-gasalternatief.

In de indicatieve MKBA voor de bestaande wijk Erflanden zijn vijf alternatieven bekeken voor het verwarmen van woningen: groen gas, waterstof-cv-ketel (projectalternatief), waterstof-cv-ketel in combinatie met een hybride warmtepomp, all-electric warmtepomp en thermische energie uit oppervlaktewater (TEO), in combinatie met een warmtenet.

Voor de verschillende alternatieven is gekeken naar onder meer productiekosten, opslagkosten, netwerkkosten en woonhuiskosten. Daarnaast is aandacht besteedt aan niet-financiële elementen, en waar mogelijk is dat vertaald naar een monetaire waarde.

³¹ Een samenvatting van het MKBA-document zal in de tweede helft van 2020 beschikbaar komen.

³² Het nul-alternatief in een MKBA beschrijft de meest waarschijnlijke ontwikkeling zonder nieuw beleid en/of een nieuw project.

In deze MKBA-tabel zijn de alternatieven van een wijkcentrale of het gebruik van brandstofcellen niet meegenomen. In het demonstratieproject zijn deze alternatieven echter wel bekeken (meer informatie daarover is te vinden in paragraaf 6.2).

In onderstaande tabel zijn de resultaten op hoofdlijnen weergegeven. Hierbij merken we op dat de resultaten als een indicatie moeten worden gezien om de alternatieven te kunnen vergelijken. De analyse kan gebruikt worden als basis voor discussie. Er is voor de MKBA -analyse zoveel mogelijk aangesloten bij publieke bronnen en rapporten. Een belangrijke parameter die de uitkomst van de MKBA beïnvloedt is het prijsverloop voor waterstof in de komende vijftien jaar. In deze MKBA hebben we ons gebaseerd op een preview van een studie van onderzoeks- en adviesbureau CE Delft³³, waarvan de trendlijn uit negen internationale studies rond de prijsontwikkeling is gebruikt.

Alternatieven die vergeleken zijn in de indicatieve MKBA voor de bestaande wijk Erflanden (implementatiefase 2)

- Groen Gas: 427 woningen in de bestaande wijk Erflanden gaan van aardgas over op groen gas.
- Waterstof-cv-ketel: 427 woningen in Erflanden krijgen een waterstof-cv-ketel in plaats van de huidige cv-ketel.
- Hybride waterstof: naast de waterstof-cv-ketel wordt ook een hybride warmtepomp geplaatst.
- All-electric: 427 woningen in Erflanden worden uitgerust met een all-electric warmtepomp.
- Thermische Energie uit Oppervlaktewater (TEO): 427 huizen worden aangesloten op een warmtenet, dat warmte onttrekt aan oppervlaktewater.

Belangrijke uitgangspunten bij deze indicatieve MKBA

- Om de vergelijking te vergemakkelijken, is in alle opties gerekend met lokale buffering van energie met een omvang van 18 MW. Dit zal in de praktijk niet noodzakelijk zijn.
- Verschillende energievormen kennen verschillende belastingen. Daarom is gekozen om kosten exclusief belastingen op te voeren. Deze worden apart verrekend onder 'opbrengsten overheid'.
- Isolatie is natuurlijk altijd verstandig, en voor een TEO-oplossing (lage temperatuur) soms nodig, maar is in de berekeningen enkel meegenomen voor 'all-electric' omdat hier altijd een lagere verwarmingstemperatuur nodig is om goed te kunnen werken.
- De toekomstige waterstofprijs voor de periode 2020-2035 is op €3,31 gezet, gebaseerd op een nog niet gepubliceerde vergelijkingsstudie van Van As-Jacobsson en R. Hellinga. (Een grafische voorpublicatie waarop deze prijs is gebaseerd is te vinden in de eerdergenoemde studie³³.)
- Voor de 'milieuschade' is primair gekeken naar wat er uit de schoorsteen komt. Gezien de huidige discussie rond biomassa, rekenen we de CO₂ uitstoot van groen gas wel mee als emissie.
- Bij 'all-electric' en 'TEO' is ook het verwijderen van de gasmeter als kosten meegenomen.

³³ Jongsma, Chris; Van der Veen, Reinier; Vendrik, Joeri, februari 2020. Publicatienummer: 20190307001, 'Waterstof in de bebouwde omgeving, kennisdocument voor de gemeente Nijmegen'. <https://www.ce.nl/publicaties/2430/waterstof-voor-de-gebouwde-omgeving>

	Groen Gas	Waterstof-cv-ketel	Hybride waterstof	All-electric	TEO + warmtenet
Investering netwerk (van losstation tot/met meter in woning)	€ 400K	€ 1.500K	€ 1.500K	€ 10.200K	€ 10.600K
Buffering	€ 190K	€ 625K	€ 625K	€ 9400K	nvt
Netwerk - gasstop	€ 210K	€ 875K	€ 875K	€ 800K	€ 10.600K
Investering /woning	€1.900	€ 2.500	€ 6.600	€ 22.400	€ 8.800
Installatie	€1.900	€ 2.500	€ 6.600	€ 14.400	€ 8.800
Isolatie*	nvt	nvt	nvt	€ 5.100	nvt
ruimtebeslag	nvt	nvt	nvt	€ 2.900	nvt
Woninggebonden jaarlijkse kosten per woning	€ 1.240	€ 1.290	€ 1.000	€ 1.880	€ 1770
Energiekosten	€ 1100	€ 1100	€ 500	€ 160	€ 1100
afschrijvingen	€ 140	€ 190	€ 500	€ 1.720	€ 670
Netwerkgebonden jaarlijkse afschrijving per woning	€ 30	€ 190	€ 190	€ 1670	€ 690
Opbrengsten overheid per woning per jaar	€ -540	€ 590	€ 140	€ 440	€ 190
CO-emissie (kans op vergiftiging)	-	+	+	+	+
Milieuschade, NOx emissie, CO ₂	€ 3.800	€400	€2.800	€3.700	€4.900
Geluidshinder	n.v.t.	n.v.t.	gering	gering	n.v.t.
Werkgelegenheid	+/-	+	+	+	+
Ruimtebeslag in woning	++	++	+	--	+
Beperking overlast aanleg	++	+	+	--	++/-- (**)
Koken	gas	elektrisch	elektrisch	elektrisch	elektrisch
Exportmogelijkheden	+	++	+	+/-	+/-
Mate van innovatie	-	++	++	+	-

Tabel 6.1 Samenvatting van de MKBA Erflanden

* Isolatie is in elk alternatief verstandig, maar voor laagtemperatuur-verwarming een must; dus alleen bij all-electric meegenomen.

** Overlast laag binnen de woning, maar hoog in de wijk en in de tuin

Samenvattend:

- Bij de verduurzaming van de woningen moeten bewoners meedenken over de keuze tussen hoge investering en lagere maandlasten, en lagere investeringen in combinatie met hogere maandlasten.
- Er zijn grote verschillen tussen de alternatieven als gekeken wordt naar de kosten voor en na de (gas/stroom)-meter in de woningen. Bij aanpassingen in de infrastructuur vóór de meter zijn de kosten voor netbeheerders en andere partijen. Bij aanpassen ná de gasmeter in de woning betaalt de bewoner of huiseigenaar de kosten. Zo is groen gas het goedkoopst voor bewoners, maar voor de overheid is dit de duurste optie.
- Fiscaal belasten en subsidiëren van energie is complex, waardoor gemakkelijk verkeerde conclusies kunnen worden getrokken uit vergelijkingen, omdat subsidies en belastingen aan andere partijen in de keten kunnen toevallen.
- De alternatieven verschillen behoorlijk op het element werkgelegenheid. Kiezen voor een warmtenet geeft bij aanleg veel werkgelegenheid in civiel grondwerk, bij grootschalige keuze voor warmtepompen krijgen juist installateurs en woningbouwbedrijven veel opdrachten. Bij groen gas en waterstof zit de werkgelegenheid vooral in de productie van waterstof en waterstof-cv-ketels, in de (industriële) installatiebranche en in de export.
- Gunstige randvoorwaarden voor waterstof in de bebouwde omgeving zijn sterk gelinkt aan ligging en timing: de (aanwezige) energie-infrastructureur, congestievraagstukken en lokale productie- en afnamepotentie van groene waterstof. Maar ook logische momenten in de tijd: verhuizing, vervanging defecte ketel of infrastructuraanpassingen in de wijk (vervangen gasleidingen of kabels).
- Voor woningen die een wat hoger gasverbruik hebben is een hybride warmtepomp snel rendabel.



GEVOELIGHEIDSANALYSE: DE PRIJS VAN WATERSTOF

De prijs van waterstof is een belangrijke factor in de maatschappelijke acceptatie. De prijs van groene waterstof is hoger dan die van grijze en blauwe waterstof. De verwachting is dat tot 2030 blauwe waterstof goedkoper zal zijn dan groene. Daarna zou groene waterstof goedkoper kunnen worden. Voor de industrie is blauwe waterstof een belangrijke tussenstap naar een fossielvrije toekomst, maar de milieubeweging wil meteen door naar groene waterstof.

De prijs van groene waterstof wordt bepaald door vraag en aanbod, de prijsstelling voor CO₂-emissies, de kosten van elektrolyzers en de prijzen van elektriciteit. Alkaline en PEM zijn momenteel de belangrijkste elektrolysetechnieken. De kosten van deze technieken zijn nog hoog. Door onderzoek, schaalvergroting, markt zekerheid en financiële ondersteuning kan de prijs in de toekomst aantrekkelijker worden. Hierbij speelt ook een rol dat de prijzen van fossiele brandstoffen en CO₂ steeds verder oplopen.

De belangrijkste aanjager voor de ontwikkeling van een groene waterstofmarkt is de industrie. Daar zijn mogelijkheden voor schaalvergroting en ontwikkeling van een netwerk voor waterstoftransport. Voor waterstof in de gebouwde omgeving zullen de ontwikkelingen tot 2030 voornamelijk proefprojecten betreffen.

Bij de groene waterstofprijs spelen twee elementen een grote rol:

- De stroomprijs
- De elektrolyse-investering en bijbehorende rentelasten

Als de investering is gedaan, ligt dat bedrag vast. De enige variabele die overblijft is de stroomprijs. De pure stroomprijs is maar een klein deel van de kosten. Er is redelijke overeenstemming voor de voorspellingen van de toekomstige pure stroomprijzen. De opslag van energiebelasting en opslag duurzame energie (ODE) zijn een stuk minder goed te voorspellen. Hoewel nu in het klimaatakkoord is afgesproken dat de energiebelasting voor stroom omlaag zal gaan, en voor aardgas/groen gas omhoog, kan de politiek over een paar jaar weer andere keuzes maken. Hier zit de grootste onzekerheid. De groene waterstofprijs wordt mede bepaald door het aantal draaiuren van de elektrolyser: er is een optimum tussen de afnemende afschrijvingskosten per kg geproduceerd waterstof (neemt af bij meer draaiuren) en de toenemende stroomprijs (overschotten stroom nemen af bij toenemend aantal draaiuren). Op dit moment is het mogelijk contracten af te sluiten tussen de € 4-5/kg H₂ met levering vanaf 2022.

6.2 ALTERNATIEVEN

In het project is op hoofdlijnen gekeken naar alternatieven, zoals het gebruik van een wijkcentrale op waterstof voor verwarming van de wijk (zie kader wijkcentrale) en het gebruik van brandstofcellen in de woning. Voor het project Waterstofwijk Hoogeveen is vanuit het project op voorhand de keuze gemaakt om technologie voor een waterstof-cv-ketel te ontwikkelen, ook voor de nieuwbouwwijk Nijstad-Oost.

6.2.1 Brandstofcel

Als alternatief van waterstofverbranding in een cv-ketel is op woningniveau ook een brandstofcelsysteem denkbaar. Binnen het demonstratieproject is hiervoor een 'basic design' op haalbaarheidsniveau uitgewerkt. Dit systeem levert zowel warmte als elektriciteit, waarbij bij het dimensioneren van het systeem, dat dient als alternatief voor de cv-ketel, de thermische output als dominant is gekozen. De opgewekte elektriciteit kan worden gezien als 'bijvangst' en worden uitgedrukt in vermeden kosten voor de eindgebruiker.

Er is vooral gekeken naar een aantal expliciete praktische uitdagingen. Aangezien de uitdagingen een dermate hoge impact hebben op het door het consortium gekozen 'ombouw-uitgangspunt' voor bestaande bouw, is de brandstofcel niet meegenomen in het ontwerp voor de Waterstofwijk Hoogeveen.

Voordelen

- Er worden geen broeikasgassen uitgestoten en de NOx wordt gereduceerd tot nul. Waterstof wordt in combinatie met zuurstof omgezet naar elektriciteit, warmte en water.
- Mogelijkheden voor het ondersteunen van het elektriciteitsnet bij netcongestie; integrale benadering elektriciteit en gas.
- Het concept verduurzaamt zowel warmte als elektriciteit met een hoog CO₂-bespaarpotentieel als resultaat.

Praktisch uitdagingen

- Het koppelen van een brandstofcelsysteem aan een waterstofnetwerk brengt de nodige uitdagingen met zich mee. De waterstof dient van hoge kwaliteit te zijn, waarbij de grenswaarden van de toegestane contaminaties een belangrijk aandachtspunt zijn voor de levensduur van de brandstofcel. Afhankelijk van de producent van de brandstofcel is de gewenste kwaliteit grade 2.5 (99,5% pure H₂) of hoger. Ook dient het systeem beveiligd te worden tegen deeltjes die kunnen vrijkomen als bestaande aardgasleidingen gebruikt gaan worden voor het aanvoeren van waterstof. Dit kan met filters worden gedaan. De mate waarin dit nodig is, zal afhangen van de kwaliteit van de waterstof die uit het netwerk komt. Ook een aan waterstof toegevoegde odorant (zwavel) brengt extra uitdagingen met zich mee.
- Uit de haalbaarheidsstudie blijkt het efficiënter om het systeem te combineren met een buffer voor warm tapwater. Voor nieuwbouwwoningen zal dit naar verwachting geen probleem opleveren en kan de benodigde ruimte in het ontwerp van de woning worden meegenomen. Voor de transformatie van bestaande gasgestookte woningen is de uitdaging groter en vergelijkbaar met het plaatsen van een warmtepomp met boiler. Een cv-ketel is relatief klein en licht van gewicht, en kan daardoor eenvoudig aan een muur worden bevestigd. Bij het brandstofcelsysteem is dit niet het geval. Er moet ruimte zijn om een dergelijke unit te plaatsen waarbij het totale gewicht van het brandstofcelsysteem vermeerderd met een 200-300 liter watervat in acht moet worden genomen. Op een bestaande zolder is deze unit daarom mogelijk niet te plaatsen. Ook voor de all-electric oplossing is plaatsing van een watervat nodig.

6.2.2 Waterstofwijkcentrale

Binnen het project Hoogeveen is een alternatief voor verwarming van de woningen onderzocht op basis van een waterstof-wijkcentrale. Hierbij wordt de warmte van een elektrolyser, brandstofcel en een eventuele piekvoorziening naar de woningen gedeeld door het aanleggen van een warmtenet. Binnen de wijk Nijstad-Oost is een gezondeerd perceel³⁴ – niet voor woningbouw bestemd – beschikbaar waar plek is voor een wijkcentrale, inclusief veiligheidscontouren.

De conceptuele keuze voor het gebruik van zo'n wijkcentrale brengt een aantal mogelijke voordelen met zich mee voor de waterstofwijk. Zo wordt bij het gebruik van een wijkcentrale de warmte die vrijkomt bij de productie van waterstof afgegeven aan een warmtebuffer en gaat uiteindelijk naar het warmtenet in de wijk. De waterstof bevindt zich op een afgesloten terrein bij de wijk en komt niet in de woning. Hiermee blijven de aan waterstof verbonden veiligheidseisen en veiligheidsmaatregelen beperkt tot het afgesloten terrein, dat alleen toegankelijk is voor bevoegden. Er worden lokaal geen broeikasgassen uitgestoten.

De implicaties op woningniveau zijn beperkt: met een simpele warmtewisselaar in de meterkast kan de warmtelevering in de woning plaatsvinden. Wel dwingt het gebruik van centrale opwekking en buffering tot de aanleg van een warmtenet en legt het een ruimtelijke claim op de wijk.

Consortiumpartner Nedstack heeft een rekenmodel ontwikkeld om de dimensionering van de bouwstenen van een wijkcentrale uit te werken voor zowel nieuwbouw- als bestaande wijken. Hiermee kan de dimensionering van een wijkcentrale worden berekend, evenals de financiële impact ervan.

Samenvattend:

Een wijkcentrale-concept is technisch haalbaar en laat door het nuttig gebruik van de (rest)warmte een hoog energetisch rendement zien. De directe kosten per huishouden zijn beperkt. De indirecte kosten zijn hoog door de noodzaak van het aanleggen van een warmtenet.

De keuze voor het gebruik van een collectieve voorziening – gebruikmakend van een warmtenet – blijft een fundamentele keuze met infrastructurele implicaties en een ruimtebeslag in de wijk, en dient in het planvormende stadium te worden meegewogen. Flexibiliteit kan ook zitten in toekomstige keuzes voor een duurzame warmtebron.

³⁴ <https://nedstack.com/en/application-support/built-environment>

ELEKTROLYSE

De twee belangrijkste commercieel verkrijgbare elektrolyse-systemen zijn de alkaline-elektrolyser (AE) en de proton exchange membrane-elektrolyser (PEM). Een derde vorm, de solid oxide elektrolyser (SOE), bevindt zich nog in de pilotfase. Deze elektrolyse-systemen worden voor kleinere toepassingen geleverd in een zeecontainer, meestal in bepaalde grootteklassen (vermogens van 0,5, 1, 1,25 megawatt enzovoort).

De PEM-technologie is nieuwer en kan sneller schakelen dan een alkaline-elektrolyser. Dat maakt voor het verwarmen van de huizen niet uit, maar als het de bedoeling is om de elektrolyser ook voor stabilisatie van het elektriciteitsnet te gebruiken, is PEM-technologie de betere keus.

Pluspunten van een alkaline-elektrolyser zijn:

- Elektrisch rendement
- Prijs
- Levensduur
- Lagere kwaliteitseisen aan drinkwater betreffende geleidbaarheid
- Minder gebruik van zeldzame metalen

Minpunten van een alkaline-elektrolyser zijn:

- Benodigde vloeroppervlakte (tweemaal zo groot als bij een PEM-elektrolyser)
- Kaliumhydroxide-toevoeging vereist
- Kleiner dynamisch bereik
- Voor brandstofcel-toepassingen is een extra zuiveringsstap nodig, maar die zit vaak ook al voor een brandstofcel-unit
- Heeft een lagere uitgaande druk en zal eerder een compressor nodig hebben

Een thema dat vaak terugkomt bij elektrolyse is het elektrisch rendement. Met andere woorden: hoeveel elektriciteit wordt gebruikt voor elektrolyse en hoeveel energie wordt opgeslagen in de waterstof. Op dit moment gaat ongeveer dertig procent van de energie verloren, en het streven is om dit de komende jaren te verlagen naar twintig procent. Het energieverlies bestaat voor het grootste deel uit warmte. Je zou de warmte kunnen hergebruiken in een (industriële) proces of kunnen invoeden in een lokaal warmtenet. In de praktijk gebeurt dat echter nog weinig. Ook gaat energie verloren in de vorm van zuurstof die bij elektrolyse wordt gevormd en meestal in de lucht verdwijnt. Als de installaties groter worden, kan onderzoek naar nuttig gebruik van de zuurstof voor bijvoorbeeld ziekenhuizen of biochemische processen interessant worden.

Elektrolyser Hoogeveen

Er is voor het project Hoogeveen op dit moment (augustus 2020) nog geen keuze gemaakt voor het type elektrolyser. Een combinatie van een elektrolyser met accu's is ook in te zetten als bijdrage aan het oplossen van de regionale congestieproblematiek op het elektriciteitsnetwerk. De dimensionering van de elektrolyser en de opslag hangt af van de energievraag van de woningen (vooral in de wintermaanden) en de productie van groene stroom (vooral in de zomermaanden). Uitgaande van de hoofddoelstelling om waterstof tegen minimale kosten te produceren (zonder rekening te houden met de bijdrage aan het oplossen van het congestieprobleem op het net) lijkt de alkaline-oplossing waterstof tegen de laagste prijs te kunnen leveren. De alkaline-elektrolyser is minder geschikt voor het in balans brengen van vraag en aanbod op het elektriciteitsnetwerk, hoewel daar ook grote stappen worden gezet. Bij de alkaline-elektrolyser duurt overschakelen van minimale naar maximale last tien minuten; de PEM-elektrolyser doet dat sneller.

7. SAMENVATTEND

In dit hoofdstuk beginnen we met de belangrijkste conclusies en aanbevelingen.

Daarnaast presenteren we een aantal eye-openers, grote en kleinere onderwerpen en leerpunten, die de partners tijdens het project zijn tegengekomen en die op voorhand niet verwacht waren. De slotparagraaf gaat over het vervolg: de implementatie.



7.1 CONCLUSIES

Minstens net zo veilig als aardgas

Uit het technische ontwerp blijkt dat een waterstofwijk kan worden gerealiseerd op basis van 'aardgas-technologie'. De kennis omtrent de effecten van de toepassing van waterstof daarin is echter beperkt. In dit project is weliswaar veel ervaring opgedaan, maar ook uit de lopende testen met de waterstof-cv-ketel op EnTranCe blijkt dat we niet de suggestie moeten wekken dat aardgas simpelweg door waterstof kan worden vervangen. Met de juiste veiligheidsmaatregelen is vervanging echter zeker mogelijk. Daarom bevelen we aan om vooralsnog additionele maatregelen te treffen, zoals bijvoorbeeld waterstofdetectie.

Extra optie voor de warmtestrategie gebouwde omgeving

Waterstof in de gebouwde omgeving is een goede aanvulling op de bestaande oplossingen om woonwijken aardgasvrij te maken. Voldoende (lokale) beschikbaarheid van groene waterstof is wel een randvoorwaarde voor toekomstige opschaling.

Acceptabele kosten

Toepassing van groene waterstof kan, onder randvoorwaarde van voldoende beschikbare groene waterstof, leiden tot lage maatschappelijke kosten, het versneld bereiken van CO₂-doelstellingen, een geleidelijke energietransitie en heeft exportpotentieel.

Beperking NOx

De NO_x-uitstoot van de waterstof-cv-ketel is veel lager dan gedacht – lager dan van de huidige aardgasketels.

Toekomstige keuzeruimte

De overstap naar een op waterstof gebaseerde verwarming veroorzaakt voor bewoners relatief weinig overlast en biedt extra ruimte voor toekomstige keuzes. De waterstofketel komt in de plaats van de huidige hoogrendement cv-ketel; de rest van de verwarmingsinstallatie in huis kan ongewijzigd blijven.

Regelgeving biedt ruimte

Bestaande regelgeving biedt voldoende ruimte om, met wat creativiteit, pilots voor waterstofketens te realiseren. Wel vraagt de wet- en regelgeving bij afwijking (t.o.v. aardgas) soms om nadere onderbouwing, afspraken of creatieve keuzes met bijbehorende doorlooptijden. Uiteindelijk is het van belang dat de regelgeving – bij perspectief van opschaling van waterstof – aan gaat sluiten bij de toepassing daarvan.

7.2 AANBEVELINGEN

Ervaring opdoen met waterstofalternatief in woningen

Woningbezitters hebben in principe de keuzevrijheid met betrekking tot hun binnenhuisinstallatie. Om te laten zien dat ook de waterstof-cv-ketel een van de keuzemogelijkheden is, is ervaring door testen en duurproeven nodig om vast te stellen welke maatregelen echt nodig zijn om een waterstofinstallatie in de gebouwde omgeving (veilig) te laten werken.

Nationaal beleid socialiseren kosten

Om de stammenstrijd tussen verschillende aardgasvrije oplossingen tot een einde te brengen en voortgang te houden in de verduurzaming van de gebouwde omgeving, moet nationaal beleid worden ontwikkeld of, en hoe, de *totale* kosten maatschappelijk te verdelen zijn.

Integrale aanpak van belang bij innovatie

De integraliteit van het technisch ontwerp blijkt essentieel voor het slagen van het geheel. Het afstemmen van drukken, gaskwaliteit, hoeveelheden en diameters is daarbij cruciaal. Met de verschillende stakeholders blijken integrale ontwerpessies effectief om het systeem functioneel op te bouwen.

Opschaling

De technologie is weliswaar volwassen (en te koop), maar vaak maatwerk. Leveranciers zijn vooral MKB'ers, zodat bij opschaling levertijd en kostprijs een probleem is. Industrialisatie³⁵ is van wezenlijk belang om grotere stappen naar opschaling te kunnen zetten.

Zorgvuldige afsluitplicht

Het daadwerkelijk implementeren van de energietransitie in de gebouwde omgeving is kwetsbaar, omdat de zorg voor participatie en draagvlak niet wordt ondersteund door een flankerend beleid voor een zorgvuldige afsluitplicht van aardgas. Dit beleid is nodig om nieuwe betrouwbare collectieve systemen te kunnen realiseren en om bewoners duidelijkheid te bieden. De zorg voor de energietransitie is een gedeelde opgave van overheid, bedrijfsleven en inwoners, en daar past een zorgvuldige afsluiting van aardgas bij.

Groen

Het is cruciaal dat een duurzaam project ook daadwerkelijk met groene waterstof wordt uitgevoerd. Het is nodig dat in de communicatie en informatievoorziening naar betrokkenen aandacht wordt besteed aan de oorsprong van de waterstof, om alle mogelijke sceptische reacties van tevoren weg te nemen.

³⁵ Ondernemersorganisatie FME is momenteel bezig met een inventarisatie van Nederlandse bedrijven om een eigen elektrolyse-industrie in Nederland op te kunnen zetten. De kick-off met bedrijven staat gepland voor september 2020.

Ligging helpt!

De optelsom van positieve randvoorwaarden kan helpen bij de realisatie van waterstofprojecten, waarbij een gunstige ligging helpt. De waterstofwijk in het demonstratieproject ligt naast een locatie die zeer geschikt is voor de aanvoer, opslag en lokale productie van groene waterstof met lokale zonnestroom. De waterstofvoorzieningen passen binnen de bestaande externe veiligheidscontour³⁶ en de toekomstige waterstofbackbone van Gasunie loopt er vlak langs. Ook koppelkansen met de naastliggende NAM-locatie, RWZI-Echten en de zonneroute A37 zijn gunstig in het kader van het oplossen van de regionale congestieproblematiek in het elektriciteitsnet.

Stimuleer bewoners

Bewoners kunnen zich voorbereiden op de transitie in hun omgeving. Isoleren van woningen is altijd een *no-regret*-handeling. Een programma om woningen op het niveau van energielabel B te brengen lijkt zinvol. Daarnaast is elektrische koken voor bijna alle opties een vereiste – ook dit zou gestimuleerd kunnen worden.

7.3 EYE-OPENERS

Samenwerking binnen consortium

Met de insteek dat de betrokken partijen hun eigen kosten voor hun rekening nemen, is er veel mogelijk. Samenwerken met zoveel partijen betekent ook dat sommige partijen een grotere bijdrage leveren dan andere, terwijl je toch een team kan blijven. Verschillende achtergronden van consortiumpartijen verrijken het project terwijl iteratief werken van groot belang bleek in verband met onderliggende afhankelijkheden. Ook een bijeenkomst met alle betrokken leidinggevendenden halverwege het project, hoewel van tevoren niet bedacht, bleek zinvol. Een dergelijke meeting is voor het demonstratieproject Hoogeveen eind 2019 gehouden.

Aannamen toetsen

In het project hebben we ons geconcentreerd op de inhoud en aannames getoetst wanneer deze ter sprake kwamen. Op vele gebieden (zoals ongeschiktheid gasmeters, NOx-uitstoot, drukval in leidingen en geluidsoverlast) bleken aannames ongenueanceerd of weerlegbaar met feiten. Aannames kunnen de weg van innovatie belemmeren, maar door ze al doende te toetsen, kan innovatie ook versneld worden.

Gashaarden

Tijdens bewonersbijeenkomst bleek dat er relatief veel gashaarden in de bestaande wijk Erflanden zijn geïnstalleerd, terwijl in het project was uitgegaan van vervanging van de aardgas-cv-ketel door een waterstof-cv-ketel. Over alternatieven voor andere gastoestellen zoals een gashaard was niet nagedacht. Dat is in het demonstratieproject nu wel meegenomen. Het blijkt dat er in het VK ook aan gashaarden op waterstof wordt gewerkt.

³⁶ In externe veiligheidsberekeningen wordt gebruik gemaakt van een QRA (kwantitatieve risicoanalyse) waarmee veiligheidscontouren en veiligheidsafstanden rondom installaties worden berekend.

H2-melder

Een verkennend onderzoek laat zien dat relatief goedkope, door de Consumentenbond als goed aangemerkte CO-melders, ook geschikt zijn voor waterstofdetectie en waterstofmelding. Aanvullend onderzoek is nodig met betrekking tot de instelling van parameters en de reactiesnelheid van de betreffende melders.

Koelen van waterstof

Wet- en regelgeving, zoals in de Algemene Maatregel van Bestuur Bodemenergie en de regeling Gaskwaliteit legt, beperkingen op aan de temperatuur waarmee waterstof mag worden getransporteerd in leidingen en in de grond mag worden gebracht. Bij het ontwerp voor de nieuwbouwwijk Nijstad-Oost vormt dit een uitdaging, omdat de waterstof bovengronds geproduceerd en opgeslagen wordt. Oplossingen zijn: koelen of het verkrijgen van een uitzonderingspositie voor het demonstratieproject. Voor het project is koeling van het gas meegenomen.

Semi-stationaire opslag

Naast de optie van een permanente opslag is, vooral in een aanloopfase, een semi-stationaire opslag een belangrijk alternatief. Zo'n opslag kan bestaan uit twee opslag/transportcontainers die relatief eenvoudig op een oplegger geplaatst kunnen worden.

Benodigde opslag vaak onderschat

De warmtevraag wordt vaak onderschat. Meestal wordt gerekend met de energievraag over het hele jaar, waarbij de energieproductie met behulp van zonnepanelen, de energieopslag in waterstof en het energiegebruik tegen elkaar worden afgezet. Hierbij wordt vaak over het hoofd gezien dat de hoeveelheid opgeslagen energie vooral voor de warmtevraag tijdens de vier koude maanden nodig is, waardoor het risico bestaat dat de opslag te klein wordt ontworpen.

Geveerzone

In de literatuur en in formele overheidsdocumenten, worden de termen LEL voor 'lower explosion limit' en LFL voor 'lower flammability limit' door elkaar gebruikt. Voor aardgas liggen de waarden (percentages) die horen bij de ontstekingsgrens en explosiegrens dicht bij elkaar, voor waterstof liggen ze verder uit elkaar. In dit project houden we rekening met de uiterste (= meest veilige) grenzen voor de geveerzone.

7.4 IMPLEMENTATIE

Het initiële project Waterstofwijk Hoogeveen, had twee doelen:

1. Het opleveren van een ontwerp voor waterstoftoepassing in een bestaande woonwijk.
De resultaten van dit ontwerp zijn vastgelegd in dit publieke rapport.
2. Het ontwikkelen van een werkende waterstof-cv-ketel die ingezet kan worden in de beoogde waterstofwijk in Hoogeveen, eerst de nieuwbouwwijk Nijstad-Oost, daarna ook in de bestaande wijk Erflanden. De ketel is ontwikkeld en de duurtesten vinden gedurende de zomer van 2020 plaats op EnTranCe.

Hoe gaat het nu verder?

In april 2020 heeft de gemeente Hoogeveen een aanvraag gedaan voor een proeftuinbijdrage in het Programma Aardgasvrije Wijken. Deze aanvraag bevat een onderbouwde business case om 427 woningen in de bestaande wijk Erflanden de komende jaren om te zetten van aardgas naar waterstof. De aanvraag is gedaan in samenwerking met de bewonersraad Waterstofwijk Erflanden en N-TRA (onderdeel van regionale netwerkbeheerder RENDO). Voor het daadwerkelijk bouwen van de Waterstofwijk Hoogeveen bestaat de beoogde uitvoeringsorganisatie in ieder geval uit de gemeente Hoogeveen, netwerkbedrijf RENDO/N-TRA, NV Nederlandse Gasunie/Energystock, New Energy Coalition en NAM.

In de komende periode zullen daar andere partijen bij aansluiten. Het gaat daarbij bijvoorbeeld om installateurs en aannemers voor de bouw, energieleveranciers, waterstoftransporteurs en gassenleveranciers als Air Products en Linde.

Tallose aandachtspunten blijven van belang: de woonhuisverzekering, toestemming van instanties, vervangen van andere gasapparatuur naast de cv-ketel, hoe de leveringszekerheid goed te borgen enzovoort.

Monitoring

De Hanzehogeschool zal – in samenspraak met de consortiumpartners – de daadwerkelijke implementatie in Hoogeveen blijven volgen. Het voornemen is om elke twee jaar de stand van zaken rondom de daadwerkelijke voortgang van de implementatie te publiceren, bijvoorbeeld door een update van dit publieke rapport of het organiseren van een webinar.

Spin-off

De samenwerking in het consortium heeft al tijdens de looptijd van het initiële project een aantal spin-offs opgeleverd, zoals deelname in de Europese subsidieaanvraag voor Hydrogen Valley (HEAVENN) voor de hele waterstofketen in het Noord-Nederland, en het ontwerpen en bouwen van een Waterstof Tiny House, samen met onderwijs en het lokale bedrijfsleven, betaald uit de Regio Deal Zuid- en Oost-Drenthe.

Ervaringen die opgedaan worden met het ontwikkelen van de Waterstofwijk Hoogeveen worden nu al gebruikt als input voor het aanpassen van wet- en regelgeving, een waterstof update van het rekenmodel van het Planbureau voor de Leefomgeving en het aanpassen van verschillende technische normen. Vanuit het projectconsortium zijn verschillende projectleden betrokken als expert en adviseur in de normcommissies van NEN en specifiek in de verschillende werkgroepen ³⁷.

³⁷ Werkgroep 1 Hoeveelheids- en energiebepaling en verrekening; Werkgroep 2 Kwaliteit (samenstelling) van waterstofmengsels; Werkgroep 3 Omgevingsveiligheid (in het bijzonder externe veiligheid); Werkgroep 4 Odorantkeuze; Werkgroep 5 Ombouw van aardgas naar (waterstof)mengsels.

BIJLAGEN

INHOUD

Bijlage 1. Eigenschappen waterstof in vergelijking met aardgas	80
Bijlage 2. Risico's	82
Bijlage 3. Veiligheidsaspecten in de keten vanaf het losstation tot aan de woning	83
Bijlage 4. Resultaten van het draagvlakonderzoek	86
Bijlage 5. Overzicht juridische scan	88
Bijlage 6. Hoofdwetgeving Bouw	90
Bijlage 7. Hydrogreenn, Consortium en Projectteam	94

LIJST VAN AFKORTINGEN

99

BIJLAGE 1. EIGENSCHAPPEN WATERSTOF IN VERGELIJKING MET AARDGAS

Eigenschap	Aandachtspunten	Pluspunten
Klein molecuul	Lekdichtheid van het gasnet vormt een uitdaging.	Ontsnapt makkelijk door kieren en openingen, wat de kans op ophoping tot een brandbaar mengsel verkleint.
Veel lichter dan lucht	'Drijft' op lucht, waardoor kans op ophoping in afgesloten en niet goed geventileerde ruimtes.	Hoge stijgsnelheid waardoor snelle verdunning in lucht optreedt in open ruimtes.
Vormt brandbaar mengsel in lucht over breed concentratiegebied	Met name aandachtspunt in afgesloten en slecht geventileerde ruimtes.	Bij kleine lekkages in open en goed geventileerde ruimtes wordt zelfs de onderste grens niet snel bereikt door neiging tot snelle verdunning in lucht.
Lage ontstekingsenergie	Blijft aandachtspunt, net als voor andere brandbare gassen en dampen.	
Hoge verbrandingssnelheid	Hoge vlamtemperatuur, en kans op vlamterugslag bij een beperkte uitstroomsnelheid van waterstof.	Beperkt vlamfront wat de kans op brandoverslag beperkt.
Bevat geen koolstof waardoor het brandt met een kleurloze vlam	Door lagere stralingswarmte en niet of minder zichtbaar zijn van een waterstofvlam is de kans om er ongemerkt mee in aanraking te komen groter.	Een waterstofvlam produceert minder stralingswarmte waardoor de kans op brandoverslag geringer is. Door het ontbreken van koolstof kan het giftige koolmonoxide (CO) niet worden geproduceerd.
Waterstof is geurloos (net als aardgas)	Odoriseren en/of detectiesensoren nodig. Als een geurstof wordt toegevoegd die zwavel bevat (zoals bij aardgas) dan is dat weer een aandachtspunt voor brandstofcellen. Gebruik van die technologie vereist dan een reinigungsstap. Er wordt daarom ook gezocht naar een goede zwavelvrije odorant.	

Tabel B1 Eigenschappen waterstof.³⁸

- Waterstof heeft een lagere energiedichtheid dan aardgas. Per kubieke meter is voor dezelfde hoeveelheid energie ongeveer drie keer meer waterstof nodig dan Gronings aardgas. Ten opzichte van aardgas (en olie) heeft waterstof het voordeel dat bij verbranding geen koolstofmonoxide of koolstofdioxide (CO/CO₂) vrijkomt, en er is geen risico op ongevallen door koolmonoxidevergiftiging.

³⁸ Tabel overgenomen uit <https://www.tno.nl/over-tno/nieuws/2020/3/waterstof-als-alternatief-voor-aardgas/>

- Waterstof is een brandbaar gas. De bredere explosiegrenzen en lage ontbrandingstemperatuur zijn risico-verhogend, maar omdat waterstof het kleinste molecuul is, stijgt het snel op en verspreidt het zich snel. Goede ventilatie beperkt het risico.
- In de literatuur en in formele overheidsdocumenten, worden de termen LEL voor 'lower explosion limit' en LFL voor 'lower flammability limit' door elkaar gebruikt. Voor aardgas liggen de waarden die horen bij de ontstekingsgrens en explosiegrens dicht bij elkaar, voor waterstof liggen ze verder uit elkaar. In dit project houden we rekening met de uiterste (= meest veilige) grenzen voor de gevarezone.
- Waterstof is – net als aardgas – kleurloos en geurloos en daardoor niet makkelijk waarneembaar. De vlam is bij volledige verbranding niet zichtbaar. Dat is anders dan de aardgasvlam, die door de koolstof in het aardgas een blauwe kleur heeft. Om in geval van een klein lek waterstof te kunnen ruiken, zal een geurstof toegevoegd moeten worden. Bij aardgas is de toegevoegde geurstof (odorant) gebaseerd op zwavelverbindingen. Als (geodoriseerd) waterstof breed ingezet wordt, is het aan te bevelen een zwavelvrije geurstof te ontwikkelen. Hiermee wordt schade aan materialen en vooral brandstofcellen voorkomen. Daarnaast wordt dan de milieubelasting door zwavelverbindingen in de rookgassen beperkt.
- Omdat waterstofmoleculen erg klein zijn, kunnen ze door veel materialen diffunderen. Voor bijvoorbeeld stalen tanks en leidingen is dit minder een probleem. Moderne composietmaterialen kunnen worden beschermd tegen waterstofdiffusie en materiaalverbroosing door middel van geschikte coatings.

Eigenschappen van aardgas en waterstof	aardgas in NL	waterstof
Brandstof	aardgas in NL	waterstof
Emissie	koolstofmonoxide CO koolstofdioxide CO ₂	geen CO geen CO ₂
Soortelijke massa in kg/m ³	0,833	0,09
Onderste verbrandingswaarde in kWh/m ³ (kWh/kg)	laagcal 8,83 (10,6) hoogcal 10,8-12,8 (13,0 – 15,4)	3 (33,3)
Energiedichtheid in MJ/m ³ (MJ/kg)	laagcal 31,7 (38,1) hoogcal 38,8-46,1 (46,6 – 55,3)	10,8 (120)
Hoeveelheid verbrandingslucht in m ³	8,5	circa 2,2
Rookgastemperatuur in vuurgang in °C	1100-1300	1200-1400
Verbrandingseigenschappen	zeer licht ontvlambaar zichtbare vlam	zeer licht ontvlambaar onzichtbare vlam
Rookgasdauwtemperatuur	circa 57	circa 71
Zelfontbrandingstemperatuur in °C	670	560
Onderste gevarengrens in %	6	4
Bovenste gevarengrens in %	15	75

Tabel B2 Eigenschappen van waterstof en aardgas met elkaar vergeleken.

Uit bovenstaande tabel blijkt dat de hoeveelheid energie die uit een kubieke meter waterstof kan worden gehaald beduidend kleiner is dan in het geval van aardgas. Neem je echter de energiehoeveelheid per kg in beschouwing, dan heeft waterstof een veel hogere energie-inhoud. Volumeverkleining vindt dan plaats door waterstof onder hoge druk te brengen. Voor bijvoorbeeld transport via weg, water en lucht is het lagere gewicht een belangrijk voordeel. Zelfs in vergelijking met benzine of diesel (beide ongeveer 45 MJ/kg) steekt waterstof daar ruim bovenuit en kun je met hetzelfde gewicht bijna drie keer zoveel energie meenemen.

BIJLAGE 2. RISICO'S

Risicotabel: eerste aanzet

Er is een risico-overzicht gemaakt op basis van een risicosessie met alle consortiumpartijen, deskundigen van de veiligheidsregio's en van het normalisatieplatform waterstof van NEN. Het is een eerste aanzet tot een risico-inschatting en bepaalt de prioritering voor het concretiseren van de mitigerende maatregelen. Verder ligt de nadruk op de maatregelen die voor waterstof *anders* of *extra* zijn in vergelijking met aardgas. Verdieping is noodzakelijk en zal in de volgende stap richting realisatie moeten worden gemaakt. Verdieping houdt onder meer in dat de verschillende disciplines in de 'uitvoeringsorganisatie', die in de realisatie van de waterstofwijk en waterstofdistributienet gaan samenwerken (productie, Maintenance Engineering, monteur, enzovoort.), de risico's verder uitdiepen. Daarnaast zullen de verschillende componenten, zoals distributienet, meterkast, binneninstallatie en cv-ketel, zowel als separaat onderdeel (component) bekeken moeten worden én als onderdeel van een geheel.

Definitie risicotabel³⁹

- Kans op bedreiging: kans dat de bedreiging zich voordoet zonder extra actie ter voorkoming (t.o.v. aardgasmaatregelen).
- Prioriteit mitigerende maatregel: inschatting welke prioriteit de mitigerende maatregel heeft om verder te worden uitgezocht.

In de definitieve tabel zal dit het restrisico zijn (kans x gevolg). Omdat op dit moment de kans van optreden en het specifieke gevolg nog niet zijn vastgesteld, is nadere verdieping noodzakelijk.

Download

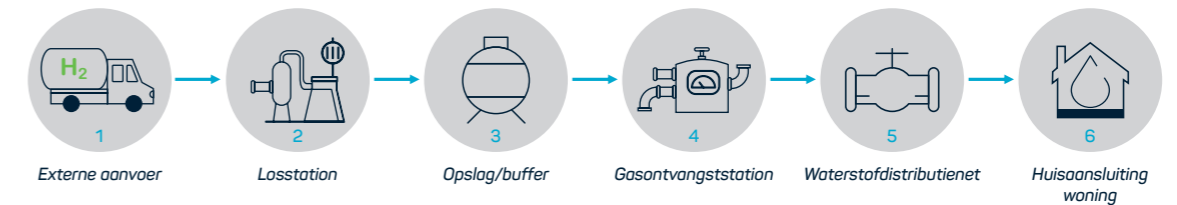
Het resultaat van de risicosessie is een uitgebreide tabel met de geïnventariseerde risico's, gegroepeerd in thema's: losstation, conversie, opslag, gasontvangstation, distributienet, externe aanvoer, producent, hack, bewoners, vervuiling waterstof en goedkeuring instanties.

Het volledige overzicht is als pdf te downloaden via de link. <https://www.hanze.nl/nld/onderzoek/speerpunten/energie/waterstofwijk-hoogeveen>.

³⁹ Voorlopig worden alle lekkages in het waterstofnetwerk behandeld als klasse I lek volgens de klasse indeling voor lekindicaties zoals benoemd in NEN 7244-9. Dat betekent dat elk lek binnen 24 uur door de netbeheerder moet worden veiliggesteld. Er wordt dus nog geen onderscheid gemaakt in klasse I of II, zoals bij aardgas wel het geval is.

BIJLAGE 3. VEILIGHEIDSASPECTEN IN DE KETEN VANAF HET LOSSTATION TOT AAN DE WONING

In deze bijlage worden specifieke veiligheidsaspecten opgesomd die van belang zijn voor de implementatie van de waterstofketen in de gebouwde omgeving.



Waterstofwijk Hoogeveen augustus 2020

Voor alle onderdelen van de keten, van losstation tot aan de woning, gelden de volgende algemene veiligheidsuitgangspunten:

Aarding

Indien er variabele koppelingen in het systeem kunnen voorkomen, zoals bij het lossen van waterstof in de opslag, moet altijd zeker gesteld worden dat het potentiaalverschil tussen de delen opgeheven wordt. Dit kan gedaan worden door beide delen goed te aarden. Het aardpunt mag zich niet binnen gezoneerd⁴⁰ gebied bevinden, aangezien er bij het aansluiten van bijvoorbeeld de trailer aan het aardpunt vonken ten gevolge van het potentiaalverschil kunnen ontstaan. Deze regel geldt voor alle flexibele verbindingen naar aarde, zoals een verbinding met een stekker of klem.

- Losstation: alvorens men begint met lossen, moet het potentiaalverschil tussen de vulaansluiting, slang en trailer opgeheven worden door de systeemdelen te aarden.

⁴⁰ In het kader van verschillende ATEX-richtlijnen kennen we zogenaamde zonering waarbij aangegeven wordt hoe het zit met de explosieveiligheid. Dit kan betekenen dat men maatregelen moet treffen om explosies te voorkomen. Het meedragen en/of gebruiken van gewone smartphones of roken is bijvoorbeeld in gezoneerd gebied niet toegestaan.

Zuurstof verdringen met stikstof

Alvorens met lossen te beginnen of na een reparatie bestaat de mogelijkheid dat er zich zuurstof in procesdelen bevindt. Alle delen waar mogelijk zuurstof aanwezig kan zijn (ook bijvoorbeeld een vulslang) en waar waterstof doorheen gaat of zal gaan, moeten eerst gespoeld worden met stikstof. Dit betekent dat er op bepaalde installatiedelen aansluitingen moeten komen voor stikstof-inlaat, en aan de andere zijde van deze delen een mogelijkheid om de aanwezige zuurstof te laten ontsnappen. Door middel van een zuurstofdetector (mag verplaatsbaar/draagbaar zijn) moet gecontroleerd worden of alle zuurstof in het betreffende deel verdrongen is. Aandachtspunt is de positie van de zuurstofdetector: deze moet in de uitgaande stroom zitten om te voorkomen dat er ook zuurstof uit de omgevingslucht gedetecteerd wordt.

Dubbele beveiliging

Alle drukreductie en/of -bewakingsonderdelen moeten een dubbele beveiliging hebben. Dit is noodzakelijk om te voorkomen dat bij enkelvoudig falen een te hoge druk in het (lagere) druksysteem komt. Een voorbeeld is het lossen van de waterstof in de opslag. De druk in de tubetrailer kan 200 tot 300 bar zijn, terwijl de opslag ontworpen is voor 50 bar werkdruk (de maximaal toegestane druk met een veiligheidsfactor van 1,5 is dan 75 bar). Als de enkele beveiliging zou falen tijdens het lossen, zou de gehele tank onder een veel hogere druk komen te staan dan waarvoor deze ontworpen is.

- Het losstation zal een drukbewaking moeten hebben die ervoor zorgt dat het lossen stopt zodra de gewenste druk is bereikt.

Besloten ruimtes

In besloten ruimtes is waterstofdetectie aan te bevelen. Zelfs bij voldoende natuurlijke ventilatie dient dit het doel om bij (ongewenste) waterstoflekkage te alarmeren.

- Indien er besloten ruimtes bij de opslag aanwezig zijn is ventilatie en/of detectie noodzakelijk.
- Een gas is over het algemeen een gesloten ruimte en dus is ventilatie en/of detectie noodzakelijk.

Noodsysteem (Emergency Shut Down)

Het ESD-systeem dient ervoor te zorgen dat bij een (dreigende) calamiteit het volledige systeem in veilige toestand komt. Verschillende oorzaken kunnen leiden tot een noodstop. Bij het indrukken van een noodstopknop, een te hoge temperatuur, waterstofdetectie of zogeheten excess flow (te hoge doorstroming bij lekkage) moet het ESD-systeem ingrijpen, en de mogelijke bronnen (waterstof en/of ontstekingsbron zoals elektriciteit) wegnemen of afschakelen en vooral ook alarmeren. Alarmeren kan via telefoniesystemen, zwaailichten en sirene. Het weer veilig schakelen mag alleen door bevoegd personeel gebeuren.

- De tubetrailer heeft vaak een pneumatisch beveiligingssysteem waarmee door middel van werklucht een (aantal) afsluiter(s) open gestuurd moet(en) worden. Deze werkdrukinstallatie op het losstation moet onderdeel van het ESD-systeem zijn. Zodra er een calamiteit optreedt, zal de luchtdruk wegvallen en wordt de trailer ingeblokkeerd zodat er geen waterstof meer gelost kan worden.
- Inblokken van de opslag is onderdeel van het ESD-systeem.
- Waterstoftemperatuur en -druk(voor)alarmering kan onderdeel zijn van het ESD-systeem.

Opslag

Bij een calamiteit is het inblokken⁴¹ van de opslag van groot belang, met als doel waterstof *niet* in aanraking te laten komen met zuurstof. Indien gekozen zou worden voor afblazen van waterstof in het geval van een calamiteit, betekent dit dat waterstof in aanraking komt met zuurstof uit de lucht en dat zich lokaal een explosief mengsel vormt. Het inblokken van de opslag is daarmee onderdeel van het ESD-systeem. Hiervoor is tenminste aan uitgaande zijde van de opslag (afhankelijk van de lengte en hoeveelheid appendages mogelijk ook aan de ingaande zijde) een zogeheten 'normally-closed' noodstopafsluiter nodig. Dit is vaak een plugafsluiter met veer-bediende besturingseenheid die door werklucht aangedreven wordt. Bij het wegvallen van de luchtdruk zal de veer de afsluiter onmiddellijk dichtdrukken.

Waterstofkoeling

De waterstof in de verschillende installatieonderdelen dient binnen zekere temperatuurgrenzen te blijven om te voorkomen dat bijvoorbeeld de (kunststof) leiding versneld degenereert of beschadigt. Ook moet voorkomen worden dat bij bovengrondse opslag en leidingen, de temperatuur door blootstelling aan de zon boven de gestelde grenzen komt. Dit kan zeker het geval zijn aan de uitgaande zijde, aangezien er ook nog drukreductie plaats vindt, met een temperatuurverhoging als gevolg. Normaliter heeft een gas voor aardgas een gasverwarmingsinstallatie (aardgas koelt af bij drukreductie). In het geval van waterstof kan gedacht worden aan een gaskoelinstallatie (waterstof wordt warmer bij drukreductie). Voor het demonstratieproject Hoogeveen wordt voor de nieuwbouwwijk Nijstad-Oost uitgegaan van bovengrondse opslag en leidingen.

⁴¹ Als afblazen veilig, dus zonder ontstekingsbron, kan plaatsvinden zou dit ook kunnen. De mogelijkheid om vrijkomende waterstof bij een ESD af te fakkelen is afhankelijk van de omgeving (hoge temperatuur).

BIJLAGE 4. RESULTATEN VAN HET DRAAGVLAKONDERZOEK

WATERSTOF IN HUIS IN ERFLANDEN BEGIN 2019

Erflanden is een bestaande wijk waar de meeste woningen een gewone hoogrendement cv-ketel hebben. In sommige woningen zijn ook al warmtepompen of andere duurzame verwarmingsmaatregelen aangebracht. Hoe kunnen de mensen in de wijk Erflanden overgehaald worden om voor een waterstof-cv-ketel te kiezen – wat is daarvoor nodig? Om dit te kunnen beantwoorden is er een onderzoek uitgevoerd onder de inwoners. De enquête is gehouden in 2019 en ingevuld door ruim 110 bewoners van Erflanden. De gemeente heeft in een vroegtijdig stadium de communicatie over de plannen voor de Waterstofwijk opgepakt en via huis-aan-huis bladen en een gemeentelijke informatiepagina duidelijk gemaakt dat het om plannen gaat die verder moeten worden uitgewerkt. Deze algemene communicatie was de basis voor de draagvlakpeiling van de Hanzehogeschool die is uitgevoerd in april 2019. Via een QR-code op de informatiepagina is aan alle inwoners van Erflanden gevraagd mee te werken aan het invullen van de draagvlakpeiling.

In Erflanden zijn ongeveer 1150 huishoudens. Uiteindelijk hebben ongeveer 110 mensen de draagvlakpeiling ingevuld, waarvan zes procent niet in Erflanden woont. Ongeveer negen procent van de huishoudens in Erflanden heeft gereageerd. Er is sprake van een beperkte respons, en het is niet duidelijk of hier sprake is van een selectieve non-respons. Toch geven de uitkomsten van de draagvlakpeiling wel indicaties voor hoe de bewoners van de Erflanden denken over waterstof en vooral ook hoe ze geïnformeerd zijn over de plannen. Er is echter geen sprake van een representatieve steekproef en de uitkomst kan dan ook niet vertaald worden naar alle huishoudens van Erflanden. In de proeftuinaanvraag zal de draagvlakpeiling jaarlijks herhaald worden en zal ernaar worden gestreefd meer bewoners van de Erflanden te ondervragen. De voorliggende draagvlakpeiling geeft een indicatie van het draagvlak en is input geweest voor de communicatiestrategie.

‘Als je geen draagvlak hebt voor energietransitie, kun je er beter niet aan beginnen.’

– Wim Elving, lector Sustainable Communication, Hanzehogeschool



Allereerst werd duidelijk dat een grote meerderheid van de respondenten (91%) van mening is dat de energietransitie nodig is. Wat ook duidelijk werd is dat men over het algemeen positief of neutraal staat ten opzichte van waterstof. Ruim 90% van de respondenten geeft aan dat ze van de plannen afwist. Een meerderheid vindt de gemeente Hoogeveen hierin vooruitstrevend en is daarnaast ook trots op hun gemeente. Opvallend genoeg heeft slechts een kwart (27%) van de respondenten er vertrouwen in dat de gemeente dit project met succes zal uitvoeren.



Van de respondenten denkt 30% dat hun woning geschikt is voor waterstof. Ook denkt meer dan 29% van de respondenten dat waterstof erg duur is. Toch zou slechts 25% van de respondenten voor andere duurzame oplossingen hebben gekozen. Een duidelijk resultaat daarnaast is dat men nog niet volledig overtuigd is van de veiligheid van waterstof en dit vooralsnog in het midden laat.



De grote vragen waar de gemeente en de projectgroep nu mee te maken hebben zijn

- de toepasbaarheid,
- de veiligheid
- en de kosten die gemoeid zijn met waterstof.

Bewoners hebben behoefte aan gerichte informatie over deze drie elementen van de overgang naar waterstof.

BIJLAGE 5. OVERZICHT JURIDISCHE SCAN

In deze bijlage is een nadere detaillering van de publiekrechtelijke wet- en regelgeving te vinden, die beschreven is in paragraaf 3.1. Het betreft een overzicht van wetgeving die mogelijk relevant is. Per situatie of project moet beoordeeld worden of deze ook daadwerkelijk relevant is.

Aanvoer van waterstof via tankwagens naar een opslaglocatie buiten de wijk

- Wet vervoer gevaarlijke stoffen, Besluit vervoer gevaarlijke stoffen, Regeling vervoer over land van gevaarlijke stoffen, Regeling Basisnet en het Besluit externe veiligheid transportroutes inzake het vervoer van gevaarlijke stoffen over de weg c.q. het instellen van transportroutes (naast algemene verkeerswetgeving)
- Wegenwet c.q. artikel 6:174 Burgerlijk Wetboek inzake de onderhoudsplicht voor openbare wegen en eventuele risicoaansprakelijkheid vanwege tekortkomingen aan die wegen
- Warenwetbesluit Drukapparatuur enz. inzake technische eisen aan (vervoerbare) drukapparatuur (d.w.z. de tubetrailer/tankwagen)
- REACH- en CLP-verordening met rechtstreeks werkende regels inzake de informatievoorziening over gevaarlijke stoffen (REACH) en inzake de classificatie, etikettering en verpakking van bepaalde stoffen en mengsels (CLP)

Losstation, compressie-eenheid en opslagtank voor waterstof buiten de wijk

- Arbeidsomstandighedenwet enz. in verband met het voorkomen van risico's door explosies op de locatie
- Besluit risico's zware ongevallen 2015 (Brzo 2015) inzake technische eisen en overige verplichtingen voor de exploitant van de inrichting, tenzij er minder dan 5 ton waterstof aanwezig is
- Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo), Besluit omgevingsrecht (Bor) en het Besluit milieueffectrapportage (Besluit m.e.r.) inzake de vergunningplichten die er gelden voor o.a. het bouwen van een bouwwerk en het oprichten, veranderen of in werking hebben van een inrichting
- Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) inzake risico's op de opslaglocatie
- Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo), Bouwbesluit 2012, Activiteitenbesluit milieubeheer (AB) en Activiteitenregeling (AR) inzake de (technische) eisen aan bouwwerken
- Publicatierreeks Gevaarlijke Stoffen (PGS) als handreiking voor bedrijven die gevaarlijke stoffen produceren, transporteren, opslaan of gebruiken en voor overheden die zijn belast met het toezicht op en de vergunningverlening aan deze bedrijven
- Wet ruimtelijke ordening en Besluit ruimtelijke ordening inzake de (integrale) afweging of de ontwikkeling kan worden toegestaan in een bestemmingsplan vanuit oogpunt van een goede ruimtelijke ordening en de daarvoor te doorlopen procedures.

Drukregel- en meetstation en waterstofdistributienet binnen de (nieuwbouw)wijk

- Arbeidsomstandighedenwet enz. in verband met het voorkomen van risico's door explosies binnen de lokale drukregel- en meetstation of leidingennet
- Besluit risico's zware ongevallen 2015 enz. inzake technische en administratieve verplichtingen voor de lokale opslag/GOS, tenzij er minder dan 5 ton waterstof aanwezig is
- Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo), Besluit omgevingsrecht (Bor) en het Besluit milieueffectrapportage (Besluit m.e.r.) inzake de vergunningplichten die er gelden voor o.a. het bouwen van een bouwwerk en ondergrondse buisleidingstelsels
- Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) inzake risico's voor ruimtelijke ontwikkelingen nabij de lokale opslag (inrichting)⁴²
- Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb), Wet Informatie-uitwisseling bovengrondse en ondergrondse netten en netwerken (WIBON) en de Gaswet inzake risico's voor en vanwege ruimtelijke ontwikkelingen nabij de buisleidingen (het distributienet)
- Publicatierreeks Gevaarlijke Stoffen (PGS) als handreiking voor bedrijven die gevaarlijke stoffen produceren, transporteren, opslaan of gebruiken en voor overheden die zijn belast met het toezicht op en de vergunningverlening aan deze bedrijven
- Wet ruimtelijke ordening en Besluit ruimtelijke ordening inzake de (integrale) afweging of de ontwikkeling kan worden toegestaan in een bestemmingsplan vanuit oogpunt van een goede ruimtelijke ordening en de daarvoor te doorlopen procedures

Gebruik van waterstof binnen de nieuwbouwwoning

In elk geval de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) en Bouwbesluit 2012 inzake de (technische) eisen aan bouwwerken.

⁴² De regels uit het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb) gelden alleen als de waterstof wordt vervoerd via een buisleidingen met een uitwendige diameter van 70 mm of meer of een binnendiameter van 50 mm of meer en een druk van 1.600 kPa of meer. Voor leidingen met een kleinere diameter en/of lagere druk en voor buisleidingen, die deel uitmaken van een inrichting als bedoeld in artikel 1.1 van de wet Milieubeheer, geldt het Bevb niet. Ter beperking van graafschades (en bijbehorende risico's) geldt op grond van de WIBON voor de beheerder van het toekomstige buisleidingennet (voor zover liggend buiten de inrichting van het waterstofopslag terrein buiten de wijk) de verplichting om het net te registreren en om op verzoek de beschikbare ligginggegevens ter beschikking te stellen aan grondroerders. Tot slot is op waterstofleidingen de Gaswet niet zonder meer van toepassing, aangezien waterstof geen gas is als bedoeld in de Gaswet. Dit betekent een leemte in de wetgeving op het gebied van marktordening, leveringszekerheid en consumentenbescherming inzake de levering van waterstof.

BIJLAGE 6. HOOFDWETGEVING BOUW

Voor de realisatie van de waterstofinstallaties in het demonstratieproject Hoogeveen wordt uitgegaan van onderstaande normen. Wettelijke bepalingen zijn volgens het nieuwste bouwbesluit 2012 versie 4-03-2020⁴³.

Het besluit van 4 maart 2020 gaat over de wijziging van het Bouwbesluit 2012 en van enkele andere besluiten die te maken hebben met de implementatie (van de tweede herziening) van de richtlijn energieprestatie gebouwen. Twee wijzigingen zijn relevant in de context van de waterstofwijk:

1. Het verwarmingssystemen moet regelmatig gekeurd worden.
2. Een technisch bouwsysteem voor ruimteverwarming of ruimtekoeling of een combinatie daarvan, dient voorzien te zijn van zelfregulerende apparatuur waarmee de temperatuur per verblijfsgebied of verblijfsruimte kan worden gereguleerd.

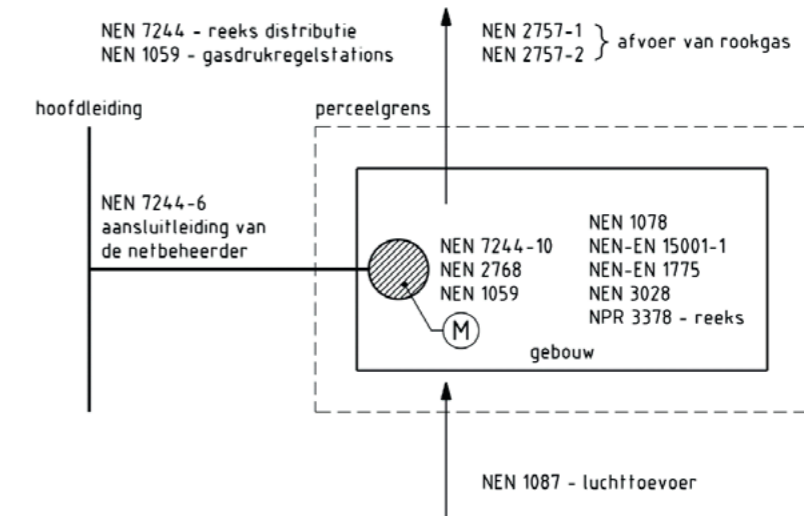
Regels van opwekkingsinstallaties

In het bouwbesluit zijn enkele bepalingen vastgelegd; voor de meeste details refereren we naar de volgende NEN-normeringen:

- NEN 1078 voor nieuwbouw
- NEN 8078 voor bestaande bouw
- De daarbij horende NEN-normeringen (zoals de NEN2768 voor leidingen en NEN3028 voor brandveilige opstelling)



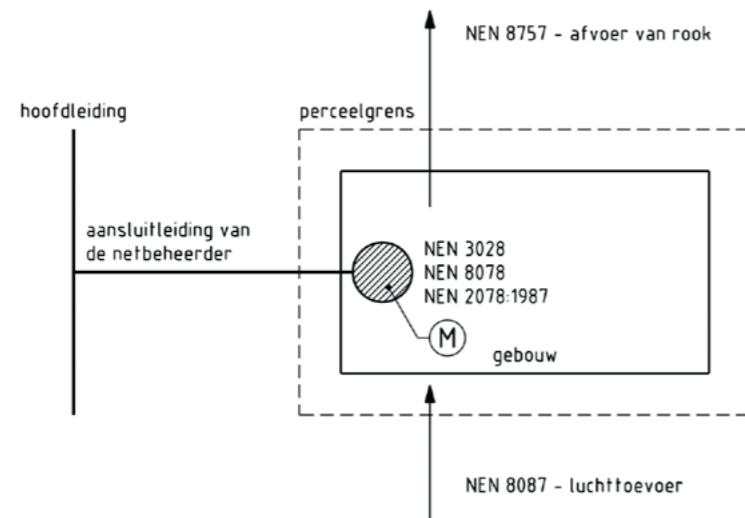
43 (<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stb-2020-84.html>)



Afbeelding B4 Opbouw en demarcatie van de norm NEN 1078: versie 2018 Nieuwbouw (gas tot 500 mbar).

Legenda afbeelding B4

M	Plaats van de meter
NEN 1059	Nederlandse editie op basis van NEN-EN 12186 en NEN-EN 12279 – Gasvoorzieningsystemen – Gasdrukregel- en meetstations voor transport en distributie
NEN 1087	Ventilatie van gebouwen – Bepalingsmethoden voor nieuwbouw
NEN 2757-1	Bepalingsmethoden voor de geschiktheid van systemen voor de afvoer van rookgas van gebouwgebonden verbrandingsinstallaties – Deel 1: installaties met een belasting kleiner dan of gelijk aan 130 kW op bovenwaarde
NEN 2757-2	Afvoer van rook van gebouwgebonden verbrandingsinstallaties met een belasting groter dan 130 kW op bovenwaarde – Bepalingsmethoden geschiktheid afvoersystemen
NEN 2768	Meterruimten en bijbehorende bouwkundige voorzieningen in woningen
NEN 3028	Eisen voor verbrandingsinstallaties
NEN 7244	reeks Gasvoorzieningsystemen – Leidingen voor maximale bedrijfsdruk tot en met 16 bar
NEN 7244-6	Gasvoorzieningsystemen – Leidingen voor maximale bedrijfsdruk tot en met 16 bar – Deel 6: specifieke functionele eisen voor aansluitleidingen
NEN 3378	reeks Praktijkrichtlijn gasinstallaties
NEN-EN 1775	Gas supply – Gas pipework for buildings – Maximum operating pressure less than or equal to 5 bar – Functional recommendations
NEN-EN 15001-1	Gasinfrastructuur – Gasinstallatieleidingen met bedrijfsdrukken groter dan 0,5 bar voor industriële en groter dan 5 bar voor industriële en niet-industriële gasinstallaties – Deel 1: Gedetailleerde functionele eisen voor ontwerp, materialen, constructie, inspectie en beproeving



Afbeelding B3 Opbouw en demarcatie van de norm NEN 8078: versie 2018 Bestaande bouw (gas tot 500 mbar).

Legenda afbeelding B3

M	Plaats van de meter
NEN 2078	Voorschriften voor aardgasinstallaties GAVO-1987 – Deel 2: Aanvullende voorschriften voor grotere bijzondere installaties
NEN 3028	Eisen voor verbrandingsinstallaties
NEN 8087	Ventilatie van gebouwen – Bepalingsmethoden voor bestaande gebouwen
NEN 8757	Afvoer van rook van verbrandingstoestellen in gebouwen - Bepalingsmethoden voor bestaande bouw

Certificeren van installaties voor bedrijven conform BRL6000

De certificatieregelingen voor de installatiesector zijn zoveel mogelijk ondergebracht in één beoordelingsrichtlijn, BRL 6000. De beoordelingsrichtlijn bestaat uit een Algemeen Deel en een aantal Bijzondere Delen voor diverse deelgebieden op het gehele terrein van ontwerpen, installeren en beheren van installaties. Een deelgebied wordt gekenmerkt door de soort installatie (bijvoorbeeld: lage temperatuurverwarmingsinstallatie, elektrotechnische installatie) en de soort activiteit (bijvoorbeeld: ontwerpen, installeren, beheren). Het Algemene Deel (BRL Deel 6000-00) bevat de eisen die in principe altijd voor het ontwerpen, installeren en beheren van een installatie gelden, ongeacht de soort installatie. BRL 6000 sluit aan bij de in de bouwsector bestaande regelingen voor certificatie en biedt de mogelijkheid van publiekrechtelijke erkenning van de certificaten in relatie tot het Bouwbesluit 2012. Deze BRL is opgesteld, onder begeleiding van de Technische Commissies van het Centraal College van Deskundigen (CCvD) van de Stichting Kwaliteitsborging Installatiesector (KBI). Volgen van de BRL6000 is niet verplicht, maar wordt voor kwaliteitsdoelinden vrijwillig gehanteerd door professionele bedrijven. Normeringen worden beheerd door 'Kwaliteit voor Installaties Nederland'⁴⁴.

⁴⁴ <https://kvinl.nl/algemeen/voorpagina/certificeren/overzicht-certificaten/installatietechniek/>

Geldende normen

BRL	Titel	Algemeen Deel	Keurmerk
BRL6000-00	Ontwerpen, installeren en beheren van installaties - Algemeen Deel Wijzigingsblad	n.v.t.	KOMO
BRL6000-AB	Ontwerpen en installeren van installaties - Algemeen Deel Wijzigingsblad	n.v.t.	KvINL
BRL6000-04	Ontwerpen en installeren van gasinstallaties en installeren van gasverbrandingstoestellen (<130 kW) van individuele woningen	6000-AB	KvINL
BRL6000-05	Ontwerpen en installeren van middelgrote gasinstallaties (< 0,5 mbar t/m G16) en installeren van gasverbrandingstoestellen van bouwwerken, anders dan individuele woningen	6000-AB	KvINL
BRL6000-16	Onderhoud van gasverbrandingstoestellen < 100 kW	6000-00 + WB	CI-eigen

Bij het succesvol implementeren van de BRL6000-normen, kan voor de betreffende installatie een 'KOMO-Instal BRL6000'-certificering worden afgegeven.

Voor een goede uitvoering van een waterstofinstallatie in woningen, wordt verwacht dat hiervoor uiteindelijk een nieuwe BRL6000-normering zal worden opgesteld. Hiervoor zou de opzet van de BRL6000-04 en de BRL6000-16 gebruikt kunnen worden. Bij het succesvol ondergaan van dit proces kan dan een 'KOMO-Instal BRL6000'-certificering worden afgeven. Dit is dan het certificaat om het te kunnen tonen dat aan alle betreffende normeringen wordt voldaan.

Werken met NPR 3378

Gasinstallatienormen en praktijkrichtlijnen conform bouwbesluit 2012 en NEN1078 en NEN8078 Deze bevat meerdere delen van NPR 3378 deel 00 t/m deel 80.

Eigenlijk is de NPR 3378 een praktijknorm om de regels en voorschriften uit de NEN1078 en NEN8078 te verduidelijken en compacter te maken voor het ontwerp, installatie en beheer.

Deze normen kunnen voor de waterstofwijk dus worden gebruikt als **praktische leidraad**.

Echter voor het aanmaken van een nieuwe NPR-norm voor waterstofinstallaties zal er eerst een eigen NEN-normering voor waterstofinstallaties in woningen gemaakt moeten worden. Dit zal dus de allerlaatste stap zijn in het normering proces.

BIJLAGE 7. HYDROGREENN, CONSORTIUM EN PROJECTTEAM

HYDROGREENN-NETWERK

De Hanzehogeschool Groningen en Stork hebben in 2018 het initiatief genomen om de netwerkorganisatie HYDROGREENN op te richten. HYDROGREENN staat voor Hydrogen Green Regional Energy Economy Network Northern Netherlands. HYDROGREENN is een netwerkorganisatie met bijna 400 leden van meer dan 180 organisaties die willen samenwerken in concrete projecten. Door samen te werken in de hele waterstofketen en het delen van kennis willen zij de waterstofeconomie in Noord-Nederland vooruithelpen. Het eerste concrete project is Waterstofwijk Hoogeveen geworden. De activiteiten van de HYDROGREENN zijn ondergebracht in het project Groene Waterstof Booster⁴⁵ in samenwerking met VNO NCW-MKB Noord.



CONSORTIUM WATERSTOFWIJK HOOGVEEEN

Het project Waterstofwijk Hoogeveen is uitgevoerd door een consortium van partijen uit het HYDROGREENN-netwerk. De consortiumpartijen hebben in dit project laten zien dat ze bereid zijn te investeren in het verder ontwikkelen van de waterstofmarkt. Niet het eigen individuele belang stond op de voorgrond, maar het gezamenlijk belang om tot een resultaat te komen.

Op de volgende bladzijde staat een overzicht van de projectpartners met de inbreng in het project. Daarna volgen korte bijdragen van de kernteamleden van het project.

Partner - Projectteamlid	Rol/ inbreng in project
Arcadis	kennis en ervaring op het gebied van haalbaarheidsonderzoek, energieanalyse, optimalisatie energiegebruik/-opslag en duurzame opwekking, veiligheid-aspecten en vergunningen en gebiedsontwikkeling
BAM	kennis en ervaring op het gebied van aanleggen van infrastructuur voor energie in wijken
Bekaert	kennis en ervaring op het gebied van gasbrander-technologie benodigd voor een cv-ketel op waterstof
Cogas	kennis en ervaring op het gebied van netbeheer
Liander	kennis en ervaring op het gebied van netbeheer
DNV-GL	kennis en ervaring op het gebied van P2G, transport, distributie en gebruik van waterstof, internationaal netwerk van experts en klanten en geavanceerde test- en demonstratiefaciliteiten in Groningen;
Enexis	kennis en ervaring op het gebied van netbeheer
GasTerra BV	kennis en ervaring op het gebied van organisatie van de gasmarkt, en gasverbruiksapparatuur
NV Nederlandse Gasunie	kennis en ervaring op het gebied van gastransport, leiding infra, veiligheid en conversie waterstof
Gemeente Hoogeveen	kennis en ervaring op het gebied van initiator en opdrachtgever van het Project, de rol van de bewoners aspecten, maatschappelijk acceptatie, landschappelijke inpassing en communicatie en veiligheid
Green Planet	kennis en ervaring op het gebied van productie, transport en opslag waterstof op wijkniveau
Hanzehogeschool	kennis en ervaring op het gebied van testopstellingen, onderzoek en kennisdeling; energieproeftuin EnTranCe
HaskoningDHV	kennis en ervaring op het gebied van energietransitie en specifiek waterstof in industriële omgeving en mobiliteit, vergunningen, ontwerp, projectmanagement en technisch-financiële kennis
IFV	kennis en ervaring op het gebied van fysieke veiligheid en transportveiligheid op de locatie
JP-Energiesystemen	kennis en ervaring op het gebied van specialisme m.b.t. waterstofdistributie en opslag (LOHC)
RENDO/N-TRA	kennis en ervaring op het gebied van gas- en warmte distributienetwerken, inbreng op ontwerp, aanleg, beheer en onderhoud van distributienetwerken en de waterstof impact op distributiesysteem gas
NAM	kennis en ervaring op het gebied van gasleidingen en -productie, -opslag en -transport en bereid is te onderzoeken of waterstofinstallaties mogelijk zijn op NAM-locatie Ten Arlo;
Nedstack	kennis en ervaring op het gebied van brandstofcellen, brandstofcelkennis en ontwikkeling van alternatief brandstofcel wijkcentrale concept
New Energy Coalition	kennis en ervaring op het gebied van betrekken van de markt in duurzame proces- en productontwikkeling
Provincie Drenthe	kennis en ervaring op het gebied van haalbaarheid regionale opschaling;
Stork	kennis en ervaring op het gebied van project penvoering en middels het moederbedrijf Fluor van ontwerp en constructie van duurzame technologische installaties
Visser & Smit Hanab	kennis en ervaring op het gebied van leidingsysteem waterstoftransport

⁴⁵ www.groenewaterstofbooster.nl
Waterstofinnovatie ecosysteem voor MKB Noord Nederland, consortium 12 partijen



Willem Hazenberg
[linkedin.com/in/willemhazenberg](https://www.linkedin.com/in/willemhazenberg)

STORK

Als voorzitter van HYDROGREENN en later penvoerder/projectmanager van de waterstofwijk Hoogeveen, was de waterstofwijk een mooie eerste demonstratie van wat je kan bereiken als je ketenpartners samenbrengt die bereid zijn – grotendeels op eigen kosten – een nieuw idee uit te gaan werken. Het enthousiasme in het team was goed, en knelpunten of verschillende invalshoeken werden goed van alle kanten beoordeeld. Het werken met een ‘dominant ontwerp’ waartegen we nieuwe ideeën konden toetsen, de werkpakkettenstructuur en rapportagelijnen waren behulpzaam. Opvallend was de internationale interesse voor dit project en de vele nationale en internationale presentaties die zijn gegeven over dit demonstratieproject. Het team heeft sterkere onderlinge relaties gekregen. Daaromheen is een – steeds groeiend – netwerk ontstaan waar andere waterstofplannen door in een versnelling kwamen. Dit project was van kip tot ei een oplossing, en dat lukt alleen als je de hele keten erbij betreft, de ander wat gunt en je inzet voor het grotere geheel. Het was een voorrecht om Projectmanager te zijn van dit zeer competente team van bedrijven, overheden en kennisinstellingen.



Jan Jaap Aue
[linkedin.com/in/jaue1](https://www.linkedin.com/in/jaue1)

HANZEHOGESCHOOL

Voor de Hanzehogeschool Groningen is dit een belangrijk project geweest. Het heeft ons de ruimte geboden om praktijkgericht kennis te ontwikkelen en te verspreiden over waterstof in de gebouwde omgeving. Niet alleen op technisch gebied, maar ook op het juridische, economische en communicatieve vlak. Daarnaast hebben we een testopstelling kunnen ontwikkelen waar waterstoftoepassingen in een praktijksituatie getest kunnen worden.



Kees Boer, Gemeente Hoogeveen
<https://www.linkedin.com/in/keesboer/>

In mei 2019 is voor alle inwoners van de bestaande wijk Erflanden een inloopavond georganiseerd over de plannen voor ‘De Waterstofwijk Hoogeveen’. Het was een bepalende avond waar de persoonlijke ontmoetingen van de mensen van het consortium Waterstofwijk met de bewoners voor een positieve sfeer zorgden, omdat techneuten, onderzoekers en medewerkers van netwerkbedrijven echt in gesprek kwamen met de bewoners. De projectpartners kregen uit deze gesprekken een veel beter gevoel voor de impact voor de bewoners en voor de vragen die bij hen leven.



Bastiaan Meijer
[linkedin.com/in/bastiaan-meijer-43a9ab15](https://www.linkedin.com/in/bastiaan-meijer-43a9ab15)

N-TRA-ONDERDEEL VAN NETWERKBEDRIJF RENDO

Als lokaal bedrijf staan wij voor innovatieve samenwerkingsverbanden die de energietransitie een boost geven, met in dit project een consortium van 22 partijen als iconisch voorbeeld. Door het delen van kennis en ervaring over het gasdistributienet en daarin het voortouw te nemen hebben we veel kennis en ervaring terugkregen van onze partners over de waterstofketen. Samenwerking blijkt maar weer eens cruciaal en zeer waardevol. Dit project is voor ons aanleiding om verdere stappen te nemen in het daadwerkelijk vergroten van onze gaskennis, en ervaring en assets optimaal te benutten in het verduurzamen van een wijk via waterstof.



Jan Pereboom
[linkedin.com/in/janpereboom1](https://www.linkedin.com/in/janpereboom1)

JP-ENERGIESYSTEMEN

Dit project heeft JP-Energiesystemen meer kennis en inzicht gegeven in de totale waterstofketen voor de gebouwde omgeving.

De warmtevraag wordt meestal over een geheel jaar gemiddeld berekend, waarbij een relatie wordt gelegd tussen PV en eigen/lokale waterstof-productie voor seizoensopslag met verwarming in de winter als doelstelling. Gevolg is dat de benodigde opslag van waterstof vaak wordt onderschat.

De doelgerichte samenwerking binnen het consortium resulteerde in innovaties voor toekomstige verwarming van woningen; het principe ‘net als aardgas’ had een primaire rol bij de ontwikkeling van technische oplossingen.



Joan Teerling
[linkedin.com/in/joanteerling](https://www.linkedin.com/in/joanteerling)

BEKAERT HEATING

Een paar jaar geleden waren we sceptisch over de inzetbaarheid van waterstof voor verwarming. Het enthousiasme van HYDROGREENN en de houding van ‘van proberen kan je leren’ sprak ons aan. Vanwege de potentie van een waterstof-cv-ketel voor de bestaande bouw, heeft Bekaert Heating met partners samengewerkt aan de verbrandingstechnologie voor waterstof-cv-ketels. We hebben geleerd dat bij het verbranden van waterstof de interactie tussen brander en verbrandingskamer aanmerkelijk sterker is dan bij aardgas. Dit maakt het ontwerpen van een brander lastiger. Toch hebben we met het bereiken van deze fase de eerste horde genomen. Tegelijkertijd valt er nog veel te ontdekken.

LIJST VAN AFKORTINGEN

ACM	Autoriteit Consument en Markt
AMvB	Algemene maatregel van bestuur
Bevi	Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen
BevB	Besluit externe veiligheid buisleidingen
Bor	Besluit omgevingsrecht
Brzo	Besluit risico's zware ongevallen
BZK	Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties
EnTranCe	<u>E</u> nergy <u>T</u> ransition <u>C</u> entre, energieproeftuin van Hanzehogeschool Groningen
EZK	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
GIS	Geografisch Informatie Systeem
GOS	Gasontvangststation
HEAVENN	<u>H</u> 2 <u>E</u> nergy <u>A</u> pplications (in) <u>V</u> alley <u>E</u> nvironments (for) <u>N</u> orthern <u>N</u> etherlands
HYDROGREENN	<u>H</u> ydrogen <u>G</u> reen <u>R</u> egional <u>E</u> nergy <u>E</u> conomy <u>N</u> etwork Northern <u>N</u> etherlands
I&W	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
KIWA	Keurings Instituut voor Waterleiding Artikelen
KLIC	Kabels en Leidingen Informatie Centrum
LOHC	Liquid Organic Hydrogen Carriers
Mer	Milieueffectrapportage
MKBA	Maatschappelijke Kosten Baten Analyse
NEDU	NEDU is het verbindend platform van de Nederlandse energiesector
NEN	Nederlandse Norm
NPR	Nederlandse Praktijknormen
PEM	Proton Exchange Membrane (type elektrolyser)
PGS	Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen
QRA	Quantitative Risk Assessment (kwantitatieve risicoanalyse)
RVO	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
VIAG	VeiligheidsInstructie AardGas
Wabo	Wet algemene bepalingen omgevingsrecht
WIBON	Wet Informatie-uitwisseling bovengrondse en ondergrondse netten en netwerken (voorheen WION)

COLOFON

Uitgave

Project consortium Waterstofwijk Hogeveen, november 2020

Redactie

Evert Jan Hengeveld
Tineke van der Meij

Eindredactie

Tineke van der Meij
Jan-jaap Aué

Het demonstratie-project is mede mogelijk gemaakt door ondersteuning vanuit de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO), Project nr. TWA2018013 project 'WATERSTOFWIJK HOOGVEEEN', onderdeel Regeling nationale EZ-subsidies: §4.2.8 Pilots Waterstof.



Consortium Waterstofwijk Hogeveen

