



# Eindverslag projecttoeslag voor TKI's

Referentienummer : TKI2021-H2-10

## Resultaten van de activiteiten

### *Openbare samenvatting van de resultaten*

Het "Efficient Hydrogen Liquefaction and Storage" (EHLAS) project richt zich op de ontwikkeling van een kleinschalige waterstofvervloeier door middel van het ontwikkelen en optimaliseren van onderdelen die essentieel zijn voor een efficiënte werking. Het uitgevoerde werk verbindt fundamentele thermodynamica en toegepaste natuurkunde en pakt kritische uitdagingen op het gebied van waterstofcompressie, koeling en opslag aan.

De wetenschappelijke doelen van het project zijn:

- **Thermodynamische efficiëntie:** Het minimaliseren van entropie generatie door het optimaliseren van de koelcyclus, de warmtewisselaars en de ortho-para conversie.
- **Ontwerp van cruciale componenten:** Ontwikkeling van een compressor, warmtewisselaar en Joule-Thomson klep die zijn afgestemd op de unieke thermofysische eigenschappen van waterstof.
- **Schaalbaar systeemontwikkeling:** Ontwerpen van compacte, energie-efficiënte systemen die ingezet kunnen worden om in de verschillende vloeibaar waterstof behoeften te kunnen voorzien.

Binnen het EHLAS project zijn er twee systeemarchitecturen voor een kleinschalige waterstofvervloeier ontwikkeld. De eerste architectuur maakt gebruik van recirculatie van waterstof en combineert een compressor met een enkeltrap cryokoeler en Joule-Thomson expansie om de efficiëntie te maximaliseren. De tweede architectuur maakt gebruik van twee enkeltrap cryokoelers en Joule-Thomson expansie om waterstof te vervloeien. Deze architectuur is eenvoudiger te implementeren en kan daardoor sneller op de markt gebracht worden terwijl de efficiëntie aanvaardbaar blijft. Deze architectuur is op te schalen met gebruik van vloeibaar stikstof voor koeling of het toevoegen van extra cryokoelers.

Verder zijn er verschillende cruciale componenten ontwikkeld voor de twee systeemarchitecturen, waaronder een waterstofcompressor, warmtewisselaar en Joule-Thomson klep. De ontwikkelde waterstofcompressor is een tweetraps zuigercompressor die waterstof van circa 1.5 naar 50 bar kan comprimeren met een debiet van 1 kg/h, benodigd voor implementatie in de waterstofvervloeier. De ontwikkelde tegenstroomwarmtewisselaar is geoptimaliseerd op basis van minimale entropieproductie en de ortho-para katalysator, nodig om meer dan 95% para-waterstof te garanderen, is geïmplementeerd in de warmtewisselaar. De Joule-Thomson klep wordt gebruikt voor een isenthalpische expansie van waterstofgas onder hoge druk naar vloeibaar. De klep is geoptimaliseerd om de thermische verliezen te minimaliseren en de stroomdebietregeling zorgt voor constante prestaties onder breed variërende omstandigheden.

Samengevat is er binnen het EHLAS project een belangrijke stap gezet in het doorontwikkelen van componenten en technologieën voor een kleinschalige waterstofvervloeing. Door het aanpakken van belangrijke wetenschappelijke en technische uitdagingen heeft het project de basis gelegd voor innovatieve vloeibaar waterstofproducten. Deze ontwikkelingen verbeteren de efficiëntie en de toegankelijkheid van het maken van vloeibaar waterstof. De ontwikkelde componenten en systemen zullen het ontwerpen van geavanceerde waterstofoplossingen voor een schone energietoekomst stimuleren.

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

Aantal octrooien	0
Aantal wetenschappelijke artikelen	0, 3 wetenschappelijke presentaties op internationale conferenties / workshops
Aantal spin-offs (vervolgprojecten, spin-off bedrijven, etc)	0
Eventuele toelichting resultaten: <a href="#">Zie eindrapportage</a>	

## **Invulling van de activiteiten**

### ***Uitvoering van de activiteiten per werkpakket***

*Beschrijf hoe de geplande werkpakketten zijn uitgevoerd. Of voeg een door het TKI goedgekeurd eindverslag toe, waarin het samenwerkingsconsortium de uitvoering van de geplande werkpakketten beschrijft*

[Zie eindrapportage](#)