

## Eindrapport TELN116063

# A new LNG measurement standard including energy metering, supporting emission reductions and economic growth

Rapport nummer: v1.0

Openbaar

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat – Klimaat en Energie, subsidieregeling Topsector Energie

## Eindrapport TELN116063

Pagina 2 van 12

### **VSL**

Thijsseweg 11  
2629 JA Delft  
Postbus 654  
2600 AR Delft  
Nederland

T +31 15 269 15 00

F +31 15 261 29 71

E [info@vsl.nl](mailto:info@vsl.nl)

I [www.vsl.nl](http://www.vsl.nl)

### **Penvoerder**

M.D. Schakel  
Thijsseweg 11  
2629 JA Delft  
Postbus 654  
2600 AR Delft  
The Netherlands

## Inhoudsopgave

<b>Inhoudsopgave</b>	<b>3</b>
<b>1 Gegevens project</b>	<b>4</b>
<b>2 Inhoudelijk eindrapport</b>	<b>5</b>
2.1 Samenvatting	5
2.2 Inleiding	5
2.3 Doelstelling	6
2.4 Werkwijze	6
2.5 Resultaten	7
2.5.1 Projectresultaten	7
2.5.2 Spin-off en vervolgactiviteiten	9
2.6 Conclusie en aanbevelingen	10
2.7 Toelichting wijze van kennisverspreiding	11
<b>3 Referenties</b>	<b>12</b>

## **1 Gegevens project**

<b>Projectnummer</b>	TELN116063
<b>Projecttitel</b>	A new LNG measurement standard including energy metering, supporting emission reductions and economic growth
<b>Penvoerder en medeaanvragers</b>	VSL B.V., KROHNE Altometer, Endress + Hauser
<b>Projectperiode</b>	01-01-2017 - 31-12-2021

## 2 Inhoudelijk eindrapport

### 2.1 Samenvatting

Het gebruik van vloeibaar aardgas genaamd “Liquefied Natural Gas” (LNG) heeft in de afgelopen decennia een vlucht genomen, zowel als brandstof voor transportdoeleinden als in het aardgasnet. Voor de juiste afrekening van getransfereerde hoeveelheid is een metrologische infrastructuur benodigd. Dit stelt zeker dat de gemeten hoeveelheden massa of energie kloppen met de SI-eenheden, en welke meetonzekerheden deze hebben. In dit kader heeft VSL, in samenwerking met projectpartners KROHNE Altometer en Endress + Hauser, een LNG kalibratie- en testfaciliteit ontwikkeld. Deze is opgeleverd in 2019 en is thans in gebruik om kalibraties te verrichten van LNG-meetapparatuur. Dit eindrapport doet verslag van de activiteiten en resultaten die hebben geleid tot de realisatie van de LNG faciliteit. Door de LNG faciliteit wordt het vertrouwen in de overslag (of: verhandeling) van LNG bewerkstelligd. Dit stimuleert het gebruik van LNG voor transportdoeleinden alsmede het gebruik van LNG voor de energievoorziening via het aardgasnet. LNG als brandstof is relatief schoon ten opzichte van conventionele brandstoffen zoals diesel. Door de opkomst van bio-LNG kunnen de genoemde toepassingen volledig hernieuwbaar gemaakt worden.

### 2.2 Inleiding

Het project is in 2017 gestart om het gebruik van LNG als brandstof voor transport te stimuleren. Dit gebruik is inderdaad enorm toegenomen in de afgelopen vijf jaar [1]. Genoemde voordelen van LNG als brandstof zijn dat LNG schoner is dan de huidige EURO 6 emissienormen, door LNG aangedreven trucks stiller zijn en tot minder CO<sub>2</sub> uitstoot leiden.

Daarnaast is LNG belangrijk voor de energievoorziening via het aardgasnet en wordt LNG als een belangrijke stap gezien in de overgang naar een volledig hernieuwbare energievoorziening. Door de opkomst van bio-LNG (ook wel LBG) kan vloeibaar gas inderdaad een volledig hernieuwbaar alternatief in de energievoorziening zijn.

Voor de juiste afrekening bij verhandeling op basis van hoeveelheid en/of calorische waarde van LNG is een metrologische infrastructuur benodigd. Dit stelt zeker dat de gemeten hoeveelheden massa of energie kloppen met de SI-eenheden, en welke meetonzekerheid deze hebben. De resulterende betrouwbaarheid stimuleert de handel en het gebruik van LNG. In dit kader heeft VSL, in samenwerking met projectpartners KROHNE Altometer en Raman Rxn5 Analyzers (Endress+Hauser Optical Analysis), een LNG faciliteit ontwikkeld. Deze is in 2019 met vloeibaar stikstof opgeleverd en is thans in gebruik om kalibraties te verrichten van LNG-meetapparatuur.

Tot de oplevering van de LNG kalibratie- en testfaciliteit was er geen mogelijkheid om flowmeters en compositiemeetsystemen direct met LNG te kalibreren. Bij gebrek hieraan werden (en worden) LNG flowmeters typisch op water gekalibreerd. Het probleem dat ontstaat is dat door de extreme koude van LNG de meetfout verandert bij het meten aan LNG ten opzichte van de meetfout die is vastgesteld bij kalibratie met water. Bij LNG compositiemeetsystemen doet een soortgelijk probleem zich voor. Hierdoor ontstaat een financieel, niet nauwkeurig vastgesteld, risico bij verhandeling van LNG, zoals bij het bunkeren met LNG [2].

VSL heeft in 2013 een zogenaamde primaire standaard opgeleverd voor LNG massadebiet, waarmee de hoeveelheid LNG op een nauwkeurige en juiste wijze (dus kloppend met de SI-eenheden) vastgesteld kan worden [3]. Deze is vervolgens verbeterd, zoals te lezen valt in de eindrapportage van het project TELN115006 "Primary LNG Mass Flow Standard" en geïntegreerd in de LNG kalibratiefaciliteit waarover in deze eindrapportage bericht wordt. De LNG kalibratiefaciliteit bevindt zich op het terrein van de haven van Rotterdam en is thans, onder andere, in gebruik voor de kalibratie van LNG flowmeters en LNG compositiemeetsystemen. Hiermee is het hoofddoel van het project, te weten het faciliteren van het gebruik van LNG als transportbrandstof door het opleveren van de benodigde metrologische infrastructuur, bereikt.

### 2.3 Doelstelling

Het hoofddoel van het project is het faciliteren van het gebruik van LNG als transportbrandstof door het opleveren van de benodigde metrologische infrastructuur. Specifiek dient de herleidbaarheid, dat wil zeggen de mogelijkheid om te kalibreren met een directe link naar het SI-eenhedenstelsel, verzorgd te worden voor:

1. LNG flowmeters (debietmeters)
2. LNG bemonstering- en compositiemeetsystemen.

LNG wordt in de praktijk, bij overslag van grote hoeveelheden, op basis van energie verhandeld. Dit wordt berekend uit het product van hoeveelheid, dichtheid en calorische waarde [4]. Hoeveelheid wordt met LNG flowmeters vastgesteld, dichtheid en calorische waarde wordt berekend vanuit de LNG compositie, welke met LNG bemonstering- en compositiemeetsystemen vastgesteld wordt.

### 2.4 Werkwijze

De volgende werkpakketten (WP) maakten onderdeel uit van het projectplan en schetsen de werkwijze:

WP0. Projectmanagement

WP1. Ontwikkelen referentie "liquefier". Door gebruik te maken van bekende, door VSL gecertificeerde, referentie gasmengsels en deze vloeibaar te maken met een "liquefier" kan referentie LNG gecreëerd worden.

WP2. Bewerkstelligen herleidbare LNG compositiemetingen. Dit behelst het integreren van de referentie voor LNG compositie in de LNG kalibratie- en testfaciliteit zodat andere LNG bemonstering- en compositiemeetsystemen ermee gekalibreerd kunnen worden.

WP3. Testen van LNG flowmeters en LNG compositiemeetsystemen, oftewel prestatietesten van "energiemeters". Hier gaat het om het feitelijk blootstellen van genoemde meetmiddelen aan variabele LNG condities en het kalibreren onder deze omstandigheden. Het gaat hier om cryogene (zeer koude) omstandigheden, waarbij testen zijn uitgevoerd onder variabele druk, temperatuur en (thermische) isolatie.

WP4 Analyse, rapportage en disseminatie.

WP5. Vaststellen meetonzekerheid, bewerkstellingen herleidbaarheid en "calibration and measurement capability" (CMC). Een kalibratie van een meetmiddel levert een meetfout (afwijking) van het meetmiddel op en deze heeft een bepaalde meetonzekerheid. Dit is grofweg de bandbreedte waarin de meetfout ligt. De meetonzekerheid volgt uit een onzekerheidsanalyse. De link naar de SI-eenheden van de standaard welke gebruikt wordt voor de kalibratie dient ook

verzorgd te worden en dit heet herleidbaarheid. Een en ander leidt tot een CMC welke specificeert wat de hoogst haalbare nauwkeurigheid is van kalibratie van meetmiddelen. Bijvoorbeeld: de huidige CMC van de LNG faciliteit voor flowmeter kalibraties is 0,17 % van het massadebiet.

## 2.5 Resultaten

### 2.5.1 Projectresultaten

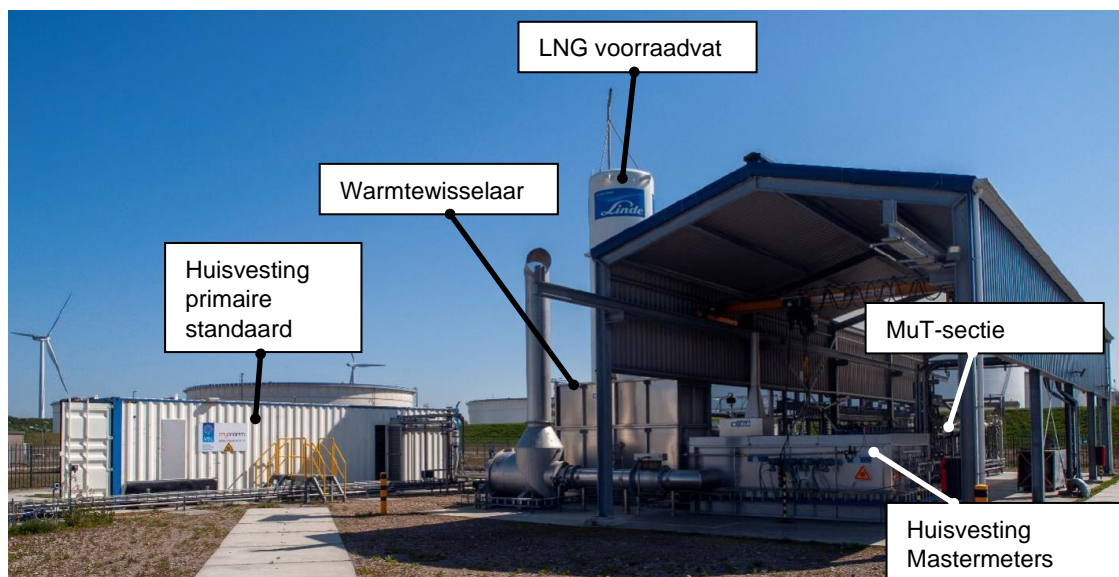
Het project heeft geresulteerd in een wereldwijd unieke LNG kalibratie- en testfaciliteit voor flow- en kwaliteitsmetingen.

Figuur 1 toont de LNG kalibratie- en testfaciliteit voor flow- en kwaliteitsmetingen. In het centrum wordt de zogenaamde retourleiding getoond waar de connecties met de LNG compositiemeetsystemen zich bevinden. Tevens ziet men het LNG voorraadvat en het vloeibare stikstof voorraadvat. De laatste is benodigd voor het (terug)koelen van de LNG. De LNG faciliteit is een zogenaamde closed-loop faciliteit. Dit impliceert dat er nauwelijks schadelijke emissies zijn.



**Figuur 1:** VSL's LNG kalibratie- en testfaciliteit voor flow- en kwaliteitsmetingen (achterzijde). Foto uit [5].

Figuur 2 toont de LNG kalibratie- en testfaciliteit voor flow- en kwaliteitsmetingen vanuit een andere hoek. In de zeecontainer is de primaire standaard gehuisvest, welke geïntegreerd is in de faciliteit. Op deze wijze wordt de herleidbaarheid voor flowkalibraties bewerkstelligd. In de warmtewisselaar wordt de rondgepompte LNG gekoeld, zodat er geen gas ontstaat. De "mastermeters" zijn de referentie flowmeters welke gebruikt worden bij het kalibreren van flowmeters in de Meter-under-Test (MuT)-sectie. De referentie flowmeters worden periodiek gekalibreerd met de primaire standaard.



**Figuur 2:** VSL's LNG kalibratie- en testfaciliteit voor flow- en kwaliteitsmetingen (voorzijde). Foto (bewerkt) uit [6].

Figuur 3 toont de meetstraat van de MuT-sectie van de LNG faciliteit. In de MuT-sectie worden flowmeters in- en uitgebouwd waarna ze getransporteerd worden naar een andere locatie om daar herleidbaar, dus met een link naar SI-eenheden, te meten. Op deze wijze wordt het vertrouwen bij overslag van LNG vergroot.



**Figuur 3:** Flowmeter-under-Test (MuT)-sectie van de LNG kalibratie- en testfaciliteit. Foto uit [7].

In 2019 zijn de eerste kalibraties met vloeibaar stikstof verricht in de LNG faciliteit. De resultaten zijn beschikbaar in een publiek rapport [8]. De CMC was toentertijd 0,3 % op massadebiet. Parafrase van de conclusies en samenvatting van [8]:

- Zes LNG flowmeters van vijf prominente leveranciers (o.a. Endress + Hauser en KROHNE) gekalibreerd
- Indicatie dat niet afdoende isolatie van LNG flowmeters in significante meetfouten (bijvoorbeeld groter dan 0,5 % van het referentiemassadebiet) kunnen resulteren onder cryogene omstandigheden.





vastgesteld is bij een waterkalibratie vertoont een, in algemene zin, andere meetfout dan bij inzet in een installatie waar LNG stroomt. Bij het bemonsteren van LNG en het vervolgens in de gasfase brengen en te analyseren op compositie kunnen systematische fouten geïntroduceerd worden welke alleen aan het licht komen middels een referentiestandaard.

Door de flensverbindingen in de MuT-sectie en bij de connectie voor LNG compositiemeetsystemen is het mogelijk om in algemene zin testen en kalibraties van cryogene apparatuur te verrichten.

Ten tijde van het project zijn standaardisatieactiviteiten ondernomen en dit heeft geresulteerd in de ISO21903:2020 *Refrigerated hydrocarbon fluids — Dynamic measurement — Requirements and guidelines for the calibration and installation of flowmeters used for liquefied natural gas (LNG) and other refrigerated hydrocarbon fluids*. Daarnaast ondersteunt de LNG faciliteit lopende standaardisatieactiviteiten met betrekking tot het betrouwbaar meten aan LNG.

Het onderzoek naar herleidbare metingen aan cryogene vloeistoffen is een actief werkveld met directe relevantie voor de energietransitie.

## 2.6 Conclusie en aanbevelingen

Een wereldwijd unieke LNG kalibratie- en testfaciliteit voor flow- en kwaliteitsmetingen is gerealiseerd. Hiermee zijn kalibraties verricht van LNG flowmeters welke in grote belangstelling staan van de industrie. De faciliteit vergroot de betrouwbaarheid van verhandeling van LNG, zowel in transport toepassingen als in aardgasnet toepassingen. Dit stimuleert het gebruik van het relatief schone LNG voor transportdoeleinden alsmede het gebruik voor de energievoorziening via het aardgasnet. Door de opkomst van bio-LNG kunnen de genoemde toepassingen volledig hernieuwbaar gemaakt worden.

De projectresultaten hebben Nederland in een leidende positie gebracht in het herleidbaar kalibreren van meetapparatuur onder cryogene omstandigheden.

De aanbevelingen zijn als volgt:

- Het uitvoeren van kalibratiecampagnes van LNG meetmiddelen en het ter beschikking stellen van deze kennis aan industrie en maatschappij zal verder gebruik van LNG ondersteunen. De beschikbare data zal verdere standaardisatie van LNG verhandeling ondersteunen. Het kan verder resulteren in hogere nauwkeurigheid van LNG meetmiddelen waardoor het financiële risico bij verhandeling afneemt.
- Het wordt aangeraden om alternatieve meetmethoden en -apparatuur als onderdeel van vervolprojecten te onderzoeken. Op basis van nieuwe meetprincipes zou de meetonzekerheid bij LNG verhandeling verder verkleind kunnen worden.
- Het valideren van de faciliteit middels een vergelijk met een andere cryogene faciliteit zal internationaal de robuustheid van de metrologische LNG infrastructuur verbeteren. Het uitvoeren van een dergelijk vergelijk is typisch (en verplicht) voor primaire en afgeleide standaarden. Doordat de LNG faciliteit uniek is in de wereld is dit echter niet triviaal. Voor een volledige CMC notering bij het BIPM (*Bureau international des poids et mesures*) is het wenselijk een dergelijk vergelijk uit te voeren.

## 2.7 Toelichting wijze van kennisverspreiding

Projectresultaten zijn op talloze wijzen verspreid. Hieronder volgt een overzicht van kennisverspreiding middels journal publicaties, een conferentiebijdrage, rapporten en presentaties/trainingen. Verder is informatie over de LNG kalibratie- en testfaciliteit via mediakanalen zoals de VSL LinkedIn en VSL website gegeven, zie bijvoorbeeld het aparte tabblad op de VSL-website: <https://www.vsl.nl/LNG>.

Type kennisverspreiding	Titel	Link
Conferentiebijdrage	LNG Mid-Scale Loop flow metering – Preliminary Test Results	<a href="#">Link</a>
Nieuwsbrief – Endress meetpunt	's Werelds eerste LNG flowkalibratielab	<a href="#">Link</a>
Publiek rapport	Liquid nitrogen calibrations of industry standard LNG flow meters used in LNG custody	<a href="#">Link</a>
Journal publicatie	Influence of flow disturbances on the performance of industry-standard LNG flow meters	<a href="#">Link</a>
Vakblad – Europort kringen	VSL start testen LNG flows "We gaan koud"	
Presentatie	Financial risks in dynamic LNG measurement	<a href="#">Link</a>
Vakblad – LNG Industry magazine	Calibration is the key	<a href="#">Link</a>
Journal publicatie	Laboratory-scale liquefiers for natural gas: A design and assessment study	<a href="#">Link</a>
Presentatie	Applications of the Optograf™ Analyzer	<a href="#">Link</a>
Presentatie	LNG research and calibration facility	<a href="#">Link</a>
Presentatie	Influence of Flow Disturbances on Measurement Uncertainty of Industry Standard LNG Flow Meters Highlights	<a href="#">Link</a>
Presentatie	Calibration of Industry-Standard LNG Flow Meters Under Ambient and Cryogenic Test Conditions	<a href="#">Link</a>
Presentatie	LNG III Metrology Training	<a href="#">Link</a>
Presentatie	Development of an LNG sampling and composition measurement reference standard	<a href="#">Link</a>
Televisieuitzending	Van passie naar droombaan 2018, aflevering 12	
Nieuwsbericht	VSL bouwt eerste kalibratie station voor LNG flowmeters in de wereld, gesponsord door onder andere VCC BV en HEROSE	<a href="#">Link</a>

### 3 Referenties

- [1] "<https://www.ngva.eu/medias/500-lng-stations-in-europe-new-gas-refuelling-infrastructure-milestone-reached/>," NVGA, dd 15 March 2022.
- [2] E. Smits, "Financial risks in dynamic LNG measurement," in *Global LNG Bunkering Experience*, virtual, 2021.
- [3] van der Beek, M., Lucas, P., Kerkhof, O., Mirzaei, M., Blom, G., "Results of the evaluation and preliminary validation of a primary LNG mass flow standard," *Metrologia*, vol. 51, p. 539–551, 2014, doi:10.1088/0026-1394/51/5/539.
- [4] GIIGNL, "LNG custody transfer handbook, 6th edition," GIIGNL, Paris, 2021.
- [5] "VSL's LNG Research and Calibration facility in the port of Rotterdam, the Netherlands. <https://www.vsl.nl/en/about-vsl/news/first-results-flow-meters-calibrated-cryogenic-conditions/>," VSL B.V., dd 29 March 2022.
- [6] EURAMET, "16ENG09 LNGIII Metrological support for LNG and LBG as transport fuel - Final publishable report," EURAMET, 2020.
- [7] D. Standiford, "Calibration is the key," LNG industry, August 2021.
- [8] M. Schakel, "Liquid nitrogen calibrations of industry-standard LNG flow meters used in LNG custody," VSL, [https://www.vsl.nl/sites/default/files/rtf/Liquid%20nitrogen%20calibrations%20of%20industrystandard%](https://www.vsl.nl/sites/default/files/rtf/Liquid%20nitrogen%20calibrations%20of%20industrystandard%20), 2019.

