EINDVERSLAG TEG0214002

1. Gegevens project

- Projectnummer: TEG0214002
- Projecttitel: “Industrial Research for improving LNG flow and composition measurements
- Penvoerder en medeaanvragers: VSL (Oswin Kerkhof), NEN (Sui Wan)
- Projectperiode: 01-01-2015 - 31-12-2017

2. Inhoudelijk eindrapport

2.1. Samenvatting

Het doel van het project is om de kleinschalige LNG-industrie te faciliteren door betrouwbare metingen van LNG mogelijk te maken (debiet en compositie).

- Hiertoe wordt de LNG-kalibratiefaciliteit, ontwikkeld in project TKIG01033 metrologisch gevalideerd en ingezet voor onderzoek naar de schaalbaarheid van water naar LNG, of ook; zijn kalibraties met water een kosten-efficiënt alternatief voor kalibraties met LNG.

- Daarnaast wordt de faciliteit uitgebreid met een nieuwe compositie-analyzer (meetapparaat voor de samenstelling van het LNG). Een nieuwe manier van sample name en superkritisch verdampen moet resulteren in een zeer representatief gasvorming equivalent van het LNG en dus kleinere meetfout.

- Tenslotte wordt een draft ISO-norm opgesteld voor de gevonden resultaten en “best practices” voor gebruik en kalibratie van LNG-debietmeters.

Vanwege de vertraging van het voorgaande project (TKIG01033, realisatie van de LNG-kalibratiefaciliteit) zijn de projectdoelen ten dele gerealiseerd.

- Er zijn plannen opgesteld voor de commissioning en validatie van de faciliteit, echter deze konden niet uitgevoerd worden. Over de resultaten zal in het nog lopende TKI project van VSL worden gerapporteerd.

- De analyzer is ontwerpen en gebouwd. Verder zijn de eerste testen met vloeibaar stikstof en LNG succesvol uitgevoerd. Het apparaat functioneerde veilig en is inzetbaar voor LNG, echter met name de herhaal- en reproduceerbaarheid moet nog verbeterd worden.

- De ISO-werkgroep heeft een Committee Draft opgesteld welke momenteel voorligt ter stemming en commentaar.

2.2. Inleiding

Betrouwbare, nauwkeurige en breed geaccepteerde meetmethoden zijn onmisbaar in de handel. Voor de grootschalige handel in LNG (vloeibaar aardgas) zijn de meetmethoden om de hoeveelheid en energie te bepalen momenteel omschreven in een aantal ISO-normen en in het handboek van de GIIGNL (Internationale groep van LNG-importeurs). Het wordt onderkend dat de meetonzekerheid beter kan, maar de gebruikten methoden en procedures zijn gemeengoed en alom geaccepteerd.

Voor de kleinschalige handel in LNG zijn inmiddels de eerste stappen gezet: er zijn verschillende massa-debietmeters beschikbaar voor (kleinschalig) transport over land en zee en refueling van trucks en schepen. Een aantal massa-debietmeters hebben

een “MID-approval” wat zoveel inhoud dat de wettelijk vereiste nauwkeurigheid voldoende is aangetoond (maximale toelaatbare fout van 1%).

Echter, zowel de fabrikanten van debietmeters en de eindgebruikers zouden graag zien dat de beschikbare massa-debietmeters gevalideerd en ge(her)kalibreerd kunnen worden met LNG. Daarnaast is het de verwachting dat de wens zal ontstaan om de wettelijke eisen voor de nauwkeurigheid op termijn strenger ta maken, wat de beschikbaarheid van een LNG-kalibratiefaciliteit noodzakelijk maakt (stroming en compositie). Behalve een kalibratiefaciliteit is er behoefte aan (aangescherpte) procedures voor het gebruik, en kalibratie van, LNG-debietmeters (massa en volume). Voor herleidbare (betrouwbare) volume-debietmetingen is het noodzakelijk een herleidbare meting uit te kunnen voeren voor de dichtheid en samenstelling.

2.3. Doelstelling

Het doel van het project is om de kleinschalige LNG-industrie te faciliteren door betrouwbare metingen van LNG mogelijk te maken (debiet en compositie). Hiertoe wordt de LNG-kalibratiefaciliteit, ontwikkeld in project TKIG01033 metrologisch gevalideerd en ingezet voor onderzoek naar de schaalbaarheid van water naar LNG; of ook zijn kalibraties met water een kosten-efficiënt alternatief voor kalibraties met LNG. Tenslotte zal een draft ISO-norm worden opgesteld voor de gevonden resultaten en ‘best practices’ voor gebruik en kalibratie van LNG-debietmeters. Momenteel worden LNG-debietmeters gekalibreerd met water, terwijl ze ingezet worden voor LNG-debietmetingen. De gebruikte extrapolatiemodellen verschillen per fabrikant en zijn ontwikkeld door de resultaten van water met kalibraties te vergelijken met kalibraties met vloeibaar stikstof.

Concreet heeft dit project de volgende ‘deliverables’

- Validatie van de LNG-kalibratiefaciliteit ontwikkeld in project TKI-1033. Validatie betekent hier het aantonen van een kalibratieonzekerheid van 0.15% voor massa- en 0.20% voor volume-debiet. (Onderdeel van WP1.)
- Onderzoek naar de onzekerheid in de gebruikte extrapolatie modellen van water naar LNG. (Onderdeel van WP1.)
- Opstellen van een draft ISO-norm voor kalibratie en gebruik van LNG-debietmeters. (Onderdeel van WP2.)
- Realiseren van primaire referentiewaarde voor validatie met behulp van een nieuwe compositie-analyzer en met als doel een kalibratieonzekerheid van 0.1%. (Onderdeel van WP3.)

2.4. Werkwijze

Het project is opgezet met een werkpakket management en drie technische werkpakketten met verschillende taken:

1. Validatie kalibratiefaciliteit, taken:
    - 1.1. opstellen van het validatieprogramma;
    - 1.2. commissioning van de LNG kalibratiefaciliteit;
    - 1.3. uitvoeren van het validatieprogramma van de LNG kalibratiefaciliteit tot 200 m^3/h;
    - 1.4. analyze van de resultaten en het opstellen van de zogenaamde CMC voor massadebiet (Calibration Measurement Capability);
    - 1.5. onderzoek naar de nauwkeurigheid van de water-LNG extrapolatiemodellen voor massadebieten;
    - 1.6. installatie van een commerciële compositie-analyzer;
    - 1.7. opstellen van de CMC voor volumedebiet;
    - 1.8. onderzoek naar de nauwkeurigheid van de water-LNG extrapolatiemodellen voor volumedebieten;
2. ISO-norm voor LNG debietmeters, taken:

2.1. opstellen van een ‘new working item proposal’ voor een nieuwe ISO-norm, of ook verkrijgen van een besluit tot het opstellen van een nieuwe ISO-norm;
2.2. formeren van de norm-werkgroep belast met opstellen van de nieuwe norm;
2.3. opstellen van de draft-norm;

3. Realisatie primaire referentiewaarden voor compositie, taken:
3.1. literatuurstudie naar LNG-analyzers;
3.2. basis ontwerp voor een nieuwe LNG-analyzer als primaire standaard;
3.3. detail ontwerp;
3.4. engineering en constructie analyzer;
3.5. commissioning en validatie van de analyzer;
3.6. opstellen onzekerheidsberekening voor de analyzer;
3.7. rapportage en publicatie.

Het aantal projectpartners is slechts 2 en daarom is gekozen voor een eenvoudige projectmanagement structuur zonder project board en steering committee. Opmerking, de steeringcommittee van het voorgaande project (TKIG01033) wordt wel geïnformeerd aangaande de verkregen resultaten. Zij worden dus gezien als stakeholders van dit project.

2.5. Resultaten A) van het project zelf en B) mogelijkheden voor spin-off en vervolgactiviteiten.

Hieronder wordt per taak bericht over de gerealiseerde resultaten. Een significant deel van de taken is niet uitgevoerd omdat de voorloper van dit project (TKIG01033) significante vertraging heeft opgelopen (afronden van de constructie van de faciliteit is gepland in mei/juni 2018 en de commissioning / ingebruikname in juli/augustus 2018.

2.5.1. Taak 1.1 Opstellen van het validatieprogramma

Het validatieprogramma is opgesteld waarmee de CMC van zowel de primaire standaard (geen onderdeel van dit project) als de nieuwe (afgeleide) faciliteit bepaald kan worden. De CMC (best haalbare kalibratieonzekerheid) volgt uit de analyse van de resultaten.

De belangrijke onzekerheidsbronnen die gekwantificeerd moeten worden zijn:

- de CMC van de PSL (“startonzekerheid”, geen onderdeel van dit project”);
- het volume tussen de referentiemeter en de klantmeter;
- de onzekerheid in druk en temperatuur;
- flow stabiliteit;
- de onzekerheid in opschaling in debieten (de PSL heeft een maximaal debiet van 25 m^3/h, terwijl het maximale debiet van de MSL 200 m^3/h is).

2.5.2. Taak 1.2 Commissioning van de LNG-kalibratiefaciliteit

Het (pre)commissioningsplan is opgesteld, maar nog niet uitgevoerd binnen de looptijd van het project. De pre-commissioning is eind 2018 afgerond. De commissioning met vloeibaar stikstof en LNG wordt vanaf januari 2019 uitgevoerd. Belangrijke aspecten van de commissioning zijn onder andere:

- keuring (CE-appraisal/ ontwerpbeoordeling en Keuring-Voor-Ingebruikname (KVI) door een geautoriseerde partij);
- correcte werking van de afsluiters, pompen en instrumenten;
- correcte werking van de veiligheidssystemen, e.g. interlocks (ingrijpen van de PLC op potentieel gevaarlijke omstandigheden), Emergency-Shut-Down (ESD) en gas- en branddetectie;

- testen met vloeibaar stikstof.

Na succesvolle testen met vloeibaar stikstof zijn de laatste testen met LNG waarna de metrologische validatie kan aanvangen.

2.5.3. Taak 1.3 Uitvoeren van het validatieprogramma

Het is de verwachting dat de validatie uitgevoerd zal worden vanaf april tot en met mei 2019.

2.5.4. Taak 1.4 Analyse resultaten en opstellen CMC

Het is de verwachting dat de CMC opgesteld kan worden in mei 2019.

2.5.5. Taak 1.5 Onderzoek nauwkeurigheid water-LNG-extrapolatiemodellen massa

Het is de verwachting dat de nauwkeurigheid van verschillende fabrikant-specifieke extrapolatie modellen onderzocht kan worden in juni 2019. Opmerking, dit onderzoek maakt deel uit van het EU-gefinancierde project “Metrology for LNG III”.

2.5.6. Taak 1.6 Installatie van een commerciële compositie-analyzer

De commerciële compositie-analyzer is per september 2018 geïnstalleerd en wordt per februari 2019 getest.

2.5.7. Taak 1.7 Opstellen van de CMC voor volumedebiet

Voor het bepalen van de CMC voor volumedebieten (“best haalbare kalibratieonzekerheid voor volumedebiet”) is de onzekerheid van de dichtheidsbepaling nodig. (Het volumedebiet is simpelweg het massadebiet gedeeld door de dichtheid.) De dichtheid volgt uit de samenstelling van het LNG en het dichtheidsmodel (bepaling dichtheid als functie van de compositie). Het dichtheidsmodel is eerder ontwikkeld, terwijl de validatie van de analyzer gepland is voor april-mei 2019.

2.5.8. Taak 1.8 Onderzoek nauwkeurigheid water-LNG-extrapolatiemodellen volume

Het is de verwachting dat de nauwkeurigheid van verschillende fabrikant-specifieke extrapolatie modellen onderzocht kan worden juni-juli 2019. Opmerking, dit onderzoek maakt deel uit van het EU-gefinancierde project “Metrology for LNG III”.

2.5.9. Taak 2.1 Opstellen van een ‘new working item proposal’

Het “New Working Item Proposal” (NWIP) is opgesteld.

2.5.10. Taak 2.2 Formeren van de normcommissie

De werkgroep is geformeerd en geïnstalleerd (ISO TC28/WG20). Deelnemers zijn o.a. verschillende flowmeterfabrikanten, een “notified body” en eindgebruikers.

2.5.11. Taak 2.3 Opstellen van de draft ISO-norm

De normcommissie heeft een draft norm opgesteld (CD, Committee Draft) welke momenteel is voorgelegd voor commentaar en stemming (deadline 25 april 2018). Na het passeren van de deadline zal de normcommissie bijeenkomen en besluiten hoe verder te gaan. Indien de normcommissie besluit verder te gaan, dan volgt een eventuele update van de draft en wordt de norm geregistreerd als een draft ISO-standaard (DIS, Draft International Standard).

Voor de DIS is wederom een stemmingsronde waarna wederom besloten wordt hoe verder. Tenslotte volgt de FDIS fase (Final Draft International Standard) waarna, indien de draft wordt aangenomen, de ISO-norm gepubliceerd wordt.

De CD is geregistreerd als ISO/CD 21903:2017(E), heeft versie datum augustus 2017 en is getiteld als "*Refrigerated Hydrocarbon Fluids —Dynamic Measurement — Guidance for the calibration, installation and use of flowmeters for LNG and other refrigerated hydrocarbon fluids*". De scope is als volgt.

This document describes the metrological and technical requirements for flowmeters intended to be used in the dynamic measurement of Liquefied Natural Gas (LNG) and other refrigerated hydrocarbon fluids.

This document sets the best practice for the proper selection and installation of flowmeters in cryogenic applications, and identifies the specific issues that can affect the performance of the flowmeter in use.

Moreover, it offers a calibration guideline for laboratory and on-site conditions (mass or volume) by either using LNG or other reference fluids (including associated uncertainties). The choice of calibration fluid will depend on the capabilities of available flow calibration facilities and the ability to achieve the overall uncertainty demanded by the intended application.

It is applicable, but is not limited to, the usage of Coriolis and ultrasonic flowmeters for dynamic measurements for LNG.

In principle, LNG and other refrigerated liquid hydrocarbons are considered in the standard. Recommendations in this standard are based on the results of tests with LNG. These results are probably applicable to other cryogenic fluids.

Tenslotte, vanwege de eerdergenoemde vertraging zijn er geen kalibratieresultaten beschikbaar gekomen waarop de ISO-norm gebaseerd kan worden. Wanneer deze resultaten beschikbaar zijn kan worden besloten om een revisieproces te starten voor deze standaard. (Aannemende dat tegen die tijd de norm is geregistreerd als (F)DIS en er dus geen significante wijzigingen mogelijk zijn.

2.5.12. Taak 3.1 Literatuurstudie naar LNG-analyzers

De literatuurstudie is uitgevoerd.

2.5.13. Taak 3.2 Basisontwerp LNG-analyzer als primaire standaard

Het basisontwerp voor de LNG-analyzer is gerealiseerd. De analyzer is gebaseerd op subcooled sampling en superkritieke verdamping. Dit impliceert dat de sampling plaatsvindt bij een temperatuur lager dan het kookpunt van LNG, terwijl de verdamping bij een dusdanige temperatuur en druk plaatsvindt zodat het LNG zeer snel verdampt. Deze manier van sample name moet resulteren in een zeer representatief aardgas mengsel wat vervolgens langs een traditionele GC wordt geleid.

2.5.14. Taak 3.3 Detailontwerp

Het detailontwerp is afgerond met het basisontwerp als uitgangspunt.

2.5.15. Taak 3.4 Engineering en constructie analyzer

De analyzer is gerealiseerd door een derde partij middels subcontracting.

2.5.16. Taak 3.5 commissioning en validatie van de analyzer

De commissioning met vloeibaar stikstof is succesvol uitgevoerd. Daarnaast zijn de eerste testen met LNG uitgevoerd. Het apparaat functioneerde veilig en is inzetbaar voor LNG. Echter met name de herhaal- en reproduceerbaarheid moet nog verbeterd worden. Het is de verwachting dat de volgende testen en de validatie uitgevoerd kunnen worden eind 2018.

2.5.17. Taak 3.6 Opstellen onzekerheidsberekening voor de analyzer

Het is de verwachting dat de onzekerheidsberekening uitgevoerd wordt voor eind 2018. Dit zal ook resulteren in de CMC van de analyzer.

2.5.18. Taak 3.7 Rapportage en publicatie

Na beschikbaarheid van de resultaten zal een artikel worden ingediend.

2.6. Discussie

Vanwege de vertraging in het voorgaande project (TKIG01033) is er geen onderzoek uitgevoerd naar de nauwkeurigheid van de water-LNG-kalibratiemodellen. VSL werkt echter onverminderd door om de faciliteit zo snel mogelijk af te ronden en in te zetten voor het benodigde onderzoek. Het is de verwachting dat mei/ juni 2018 de constructie afgerond kan worden waarna de commissioning zal plaatsvinden. De metrologische validatie is voorlopig gepland voor september en oktober.

2.7. Conclusie en aanbevelingen

Ondanks de opgelopen vertraging is er onverminderd aandacht voor de resultaten naar het geplande onderzoek. Er zijn inmiddels verschillende kleinschalige LNG-toepassingen zoals truck en ship refueling en transport over land en zee. Voor de genoemde toepassingen zijn MID-approved debietmeters beschikbaar tot 10", wat momenteel voldoende is. "MID-approved" betekent dat de wettelijk vereiste nauwkeurigheid voldoende is aangetoond (maximale toelaatbare fout van 1%).

De beschikbare LNG-debietmeters danken hun MID-approval aan enigszins gelimiteerde testdata, vooral voor LNG. Er is daarom veel interesse in een betere onderbouwing van de gemaakte nauwkeurigheidsclaims. (Momenteel is de geldende wettelijke eis een maximale fout van 1%.) Tenslotte, de wettelijke eis voor conventionele brandstoffen is typisch 0.5%, welke niet haalbaar lijkt zonder gedegen onderzoek in de water-LNG-extrapolatiemodellen en/ of de mogelijkheid voor kalibratie van LNG-debietmeters op LNG.

3. Uitvoering van het project

3.1. De problemen (technisch en organisatorisch) die zich tijdens het project hebben voorgedaan en de wijze waarop deze problemen zijn opgelost

Vanwege de vertraging in het voorgaande project (TKIG01033) konden een deel van de projectdoelen niet worden gerealiseerd. VSL, in samenwerking met partners, is echter zeer gedreven om de faciliteit alsnog te realiseren en het geplande, en benodigde, onderzoek uit voeren. Het is de verwachting dat de resultaten eind 2018 beschikbaar komen.

3.2. Toelichting op wijzigingen ten opzichte van het projectplan

Anders dan de genoemde vertraging zijn er geen wijzingen in het projectplan. De vertraging was gerapporteerd in de rapportage tot en met 28 februari 2017. Echter, toen werd er nog aangenomen dat de validatie (deels) uitgevoerd kon worden in 2017.

3.3. Toelichting op de verschillen tussen de begroting en de werkelijk gemaakte kosten.

De totaal gerealiseerde loonkosten zijn 50 kE lager dan begroot. Ten opzichte van begroot zijn er ten behoeve van de ontwikkeling van de draft ISO standaard geen loonkosten geboekt op het project. Deze uren zijn verantwoord op andere projecten (Europees onderzoeksproject EMRP LNG II)

De totaal gerealiseerde kosten voor apparatuur zijn 59 kE hoger uitgevallen dan begroot. De begroting voor apparatuur is per definitie een schatting geweest omdat ten tijde van de begroting het ontwerp nog niet definitief was en er zelfs tijdens de bouw nog sprake van benodigde aanpassingen kan zijn. Onder meer de cryogene

kleppen (opgeteld 164 kE) hebben voor hogere kosten gezorgd waar elders weer meevallers tegenover staan.

De kosten voor verbruikte materialen en hulpmiddelen bedraagt 33 kE ten opzichte van 0 kE begroot. Dit betreft voornamelijk huurkosten voor apparatuur (cryogene tanks)

De aan derden verschuldigde kosten zijn fors hoger (+193 kE) dan begroot. Civiel en installatiewerkzaamheden waren oorspronkelijk significant lager begroot en/of onderdeel van de geschatte kosten apparatuur. Deze kosten zijn significanter gebleken en omdat dit eenmalige dienstverlening betreft waarover niet kan worden afgeschreven, is dit geboekt als kosten derden. De elektrische installatiewerkzaamheden zijn vele malen complexer gebleken dan voorzien door onze engineering partner OGM/IMS.

3.4. Toelichting wijze van kennisverspreiding

De kennisverspreiding is met name middels presentaties op LNG en gas flow gerelateerde conferenties. Meer concreet is het project gepresenteerd en de voortgang gerapporteerd tijdens:

Titel presentatie	Presentatie door	datum	conferentie	plaats
LNG research and calibration facility	P. Lucas (VSL)	augustus 28-30, 2017	Global conference & exhibition – Innovative solutions in flow measurement and control	Palakkad, Kerala, India
LNG research and calibration facility	M. Safonova (IMS) and P. Lucas (VSL)	oktober 25–26, 2016	The 7th St Petersburg International Gas Forum	Sint-Petersburg, Rusland
LNG research and calibration facility	P. Lucas (VSL)	augustus 22, 2017	Workshop LNG III	Delft, Nederland
LNG research and calibration facilities	P. Lucas (VSL)	maart 7-9, 2018[1]	Emerson Global Users Exchange 2018	Den-Haag, Nederland
LNG research and calibration facility (status update)	P. Lucas (VSL)	maart 21-23, 2018[1]	10th International Symposium on Fluid Flow Measurement (ISFFM)	Querétaro, Mexico

1. De genoemde activiteit heeft plaatsgevonden buiten de looptijd van het project om. Ondanks de eerdergenoemde vertraging is VSL, in samenwerking met partners, gecommitteerd om de constructie van de faciliteit af te ronden en alsnog de doelstelling zoals omschreven in het projectplan te realiseren.

BIJLAGE 1: foto's en tekeningen

De 'LNG research and calibration facility'. Onderscheidende elementen zijn: 1) LIN storage tank, 2) LNG storage tank, 3) Primary Standard Loop (PSL) inclusief de master meters, 4) Meter Under Test Section, 5) Working standards (referentie voor commerciële kalibraties), 6) warmtewisselaars, pompen en N_2 verdunner, 7) control room and 8) analyzer. Met uitzondering van de PSL en analyzer zijn alle onderdelen geplaatst. Wat vooral rest zijn de verbindende conventionele leidingstukken (het meeste vacuüm geïsoleerde leidingwerk is reeds geïnstalleerd) en de elektrische aansluitingen van de o.a. de pompen, afsluiters en de instrumenten. Hieronder zijn enkele foto's van de huidige status.