

Publieke verantwoording overheidscontracten Overeenkomst betreffende het meetstandaardenbeheer en Research 2017

Algemeen

Groepen standaarden

In de Metrologiewet (2006) is opgenomen dat de Minister van Economische Zaken (EZ) "één in Nederland gevestigde instelling aanwijst die tot taak heeft zorg te dragen voor het verwezenlijken en beheren van de nationale meetstandaarden". Deze meetstandaarden dienen het openbaar belang en zijn relevant voor ondermeer eerlijke handel, wetenschap en industrie. VSL is door de Minister aangewezen als de instantie die verantwoordelijk is voor de uitvoering van deze taak.

Via een overeenkomst heeft VSL zich verplicht bovengenoemde standaarden met de daarbij behorende kalibratiefaciliteiten evenals andere, nader overeen te komen standaarden met de eveneens daarbij behorende kalibratiefaciliteiten, in stand te houden. De wijze waarop dit wordt uitgevoerd is omschreven in de jaarlijks af te sluiten Overeenkomst betreffende het meetstandaardenbeheer. Deze nationale standaarden zijn meestal primaire en in een aantal gevallen secundaire realisaties van de bij de grootheid behorende SI-eenheid. De realisatie van meetstandaarden vindt plaats op de volgende gebieden:

- Chemie
- Elektriciteit (DC/LF en HF)
- Ioniserende straling
- Massa en gerelateerde grootheden (Druk en Viscositeit)

- Lengte
- Thermometrie (en vochtigheid)
- Optica
- Tijd en Frequentie
- Volumetrie (lage en hoge druk gas, vloeistof)

Op basis van de beheerde standaarden worden kalibraties verricht en gecertificeerde referentiematerialen geleverd. De bijbehorende certificaten zijn internationaal erkend onder de CIPM (= Comité Internationale des Poids et Mesures) MRA (Mutual Recognition Arrangement). Dit is een overeenkomst van wederzijdse erkenning van nationale meetstandaarden en van de validiteit van kalibratie- en meetcertificaten die uitgegeven worden door nationale metrologische instituten. Op de BIPM Key Comparison Data Base (KCDB) website (<http://kcdb.bipm.org>) is een volledig overzicht beschikbaar van alle "Calibration and Measurement Capabilities" en alle referentiematerialen van VSL die onder de MRA erkend zijn.

Standaardenbeheer (SBO)

De term "**Standaardenbeheer**" omvat een drietal activiteiten, te weten **Basisbeheer**, **Beheerontwikkeling** en **Key Comparisons**.

Onder **Basisbeheer** wordt verstaan:

- i. het beheren en verwezenlijken van de betreffende standaarden op het huidige nauwkeurniveau,
- ii. het operationeel houden van de apparatuur die ingezet wordt bij het basisbeheer,
- iii. het in stand houden van het door RvA geaccrediteerde kwaliteitsborgingsstelsel op basis van de ISO/IEC normen: ISO/IEC 17025:2005 (kalibratie), ISO/IEC 17043:2010 (ringvergelijkingen) en ISO Guide 34 (referentiematerialen),
- iv. het onderhouden van de contacten binnen de Metrologische Infrastructuur.

Beheerontwikkeling omvat de volgende onderwerpen:

- i. ontwikkelingsprojecten rond bestaande standaarden die leiden tot bijv. een vooraf gedefinieerde verbetering in de meetonzekerheid, een verbetering in de efficiëntie van het basisbeheer van een standaard door automatisering van het meetproces, een uitbreiding van de range waarin kalibraties geleverd kunnen worden of de toevoeging van nieuwe componenten aan bestaande referentiematerialen, e.d.,
- ii. ontwikkelingsprojecten op basis van elders bekende technieken die leiden tot nieuwe standaarden die voorzien in een nationale behoefte ten einde te kunnen voldoen aan nieuwe (internationale) eisen,
- iii. het schrijven van procedures voor nieuwe standaarden, teneinde de resultaten van het beheerontwikkelingsprogramma vast te leggen in het kwaliteitsborgingsysteem.

Onder **Key Comparisons** worden de internationale vergelijkingen verstaan die gericht zijn op het aantonen van de vergelijkbaarheid van de Nederlandse nationale standaarden met de nationale standaarden van andere landen die de CIPM MRA hebben ondertekend. De Key Comparisons kunnen uitgevoerd worden onder de vlag van CIPM en onder de vlag van de regionale metrologie-organisatie EURAMET.

Researchsubsidie

Het meer fundamentele onderzoek dat gericht is op het ontwikkelen van nieuwe standaarden en nieuwe meetprincipes vindt plaats via de **Researchsubsidie**.

Publieke rapportages

Hieronder volgen de afzonderlijke rapportages over de activiteiten die in **2017** zijn uitgevoerd binnen alle vier de bovengenoemde programmaonderdelen. De totale financiële omvang van de programma's bedroeg in 2017 € 8.005.570,00 (waarvan € 7.764.570,00 incl. BTW en € 241.000,00 BTW-vrij) voor het Standaardenbeheer en € 1.452.000,00 BTW-vrij voor de Researchsubsidie.

Research

Herleidbaarheid van kwikmetingen

In 2014 is de inventarisatie van het gebruik en de beschikbare onderhoud- en schoonmaakprocedures van gold traps (bemonsteringsbuizen voor kwikdamp) gestart.

Bij het meten van kwikdamp worden bijna altijd gold traps gebruikt, waarbij het (gemonsterde) kwik met goud een amalgaam vormt. Het schoonmaken en optimaal gebruiken van deze gold traps is van groot belang bij het verkrijgen van betrouwbare meetresultaten. De inventarisatie heeft in 2015 geleid tot vastgelegde procedures (SOPs). In 2015 is gestart met het ontwikkelen van een kwikgenerator voor de lage range, oftewel de range van 10 – 500 ng Hg/m³, terwijl tegelijkertijd op basis hiervan ook een kwikgenerator is ontwikkeld voor de hoge range (tot 60 µgram Hg/m³) en tevens een extra kwikgenerator om sneller meerdere kwikdiffusiebuizen te kunnen karakteriseren. Verder is van 21 gold traps de 'performance' getest bij verschillende niveaus van kwikbelading en de "Inventory of candidate CFLs (Compact Fluorescent Lamps) and sample set" is afgerond.

In 2016 zijn nieuwe, metalen kwikdiffusiebuizen vervaardigd met een interne diameter (ID) van 1, 3, 8 en 33 mm. De gemeten diffusie van deze buizen ligt in de range van 1 – 75 ng Hg/minuut per buis. Om de diffusie nauwkeurig te bepalen zijn de wegingen van het allergrootste belang. Daar 1 mbar atmosferische verschildruk reeds een massaverschil betekent van meerdere microgrammen, vanwege de 3 – 4 mL interne (met stikstof gevulde) ruimte, is een handschoenenkast gemodificeerd, waardoor de diffusiebuizen bij 1020,0 mbar gesloten kunnen worden. Deze methode bleek uiterst succesvol te zijn, zodat de gemodificeerde handschoenenkast is vervangen door een speciaal ontworpen en vervaardigd drukvat, waarmee de diffusiebuizen op een druk van 1020 mbar gebracht kunnen worden ongeacht de heersende atmosferische druk.

Van de eerste set buizen, met een interne diameter van 3 mm, zijn inmiddels 4 weegseries uitgevoerd, steeds na minimaal 2 maanden van diffusie. Twee van de drie buizen blijken een zeer stabiele diffusie te vertonen. Inmiddels zijn ook de ID 1 en 33 mm buizen in bedrijf. De diffusie van de ID 3 mm buizen zal worden gebruikt om gold traps te beladen, via een vervaardigde opstelling, die momenteel getest wordt. Dit enerzijds als vergelijk van de gravimetrisch bepaalde diffusie met de Dumarey vergelijking (i.s.m. NPL, Engeland, en IJS, Slovenië) en anderzijds om de meetopstelling bij IJS te kalibreren met als doel de totale massa aan vrijkomend kwik van gebroken energiezuinige CFL-lampen te meten.

Begin 2017 zijn de resultaten van een, door NPL (UK) uitgevoerde, onderzoek gepubliceerd in Analytical Methods. VSL heeft een belangrijke bijdrage geleverd door een grote, tot dan toe onbekende, bijdrage aan het 'memory effect' van gold traps te identificeren en vervolgens ook bijna te reduceren.

De door VSL ontworpen en gebouwde speciale drukkamer, waarin diffusiebuizen op 1020,0 mbar worden gebracht alvorens ze gewogen worden, functioneert na enkele aanpassingen uitstekend. Gebaseerd op de hiermede verbeterde massabepalingen is inmiddels een goed gedefinieerde gravimetrische kwikdiffusie bepaald, die gebruikt wordt om de VSL kwikmonitoren te kalibreren en gold traps te beladen. Bij het beladen hiervan zijn zeer consistente resultaten geboekt, zodat deze kennis gebruikt kon worden voor de vervaardiging van een instrument voor de automatische belading van maximaal zes gold traps tegelijkertijd. Deze nieuwe faciliteit is, na validatie, ingezet in vergelijken met zowel het Josef Stefan Institute (JSI) te Slovenië als NPL. Bij de vergelijken met JSI betrof het vergelijken in de 0 – 1000 ng Hg range, terwijl de vergelijken met NPL de range 0 – 10 ng Hg betroffen. Naast de genoemde vergelijken met de meetfaciliteiten van twee van Europa's vooraanstaande instituten op kwikgebied, heeft VSL zelf een vergelijk uitgevoerd tussen de door de primaire kwikgenerator geleverde kwikdiffusie en de Dumarey vergelijking. Aan het eind van het project is hiertoe een meetmethode ontwikkeld. Om consistente en verbeterde meetresultaten te kunnen boeken is verbeterde apparatuur gekocht, ontvangen en ingezet ten behoeve van dit vergelijk.

Eindconclusie: de resultaten van de vergelijken hebben veel nieuwe informatie opgeleverd en geoptimaliseerde parameters voor beladingen en gebruik van gold traps. Tevens is een verschil tussen de primaire kwikgenerator en de Dumarey vergelijking aangetoond.

VOS indicatoren

In 2014 is gestart met het selectieproces van VOS-componenten en cilindertypes en zijn voorbereidingen t.a.v. de testfaciliteiten getroffen. In 2015 is de methode voor de bepaling van de compatibiliteit van materialen voor geoxideerde VOS geoptimaliseerd voor CEAS- en CRDS-spectroscopie. Twee leveranciers hebben hun zuiveringsystemen voor nulgas beschikbaar gesteld voor testen bij VSL in het eerste kwartaal van 2016.

Tijdens de mid-term review in februari 2016 is het project door een team van internationale experts beoordeeld als 'sterk/dominant' op het gebied van technologie en 'hoog' voor impact.

Methanol adsorptiemetingen zijn in 2016 uitgevoerd met verschillende metalen zoals rvs, aluminium, koper en SilcoNert gecoat rvs. Alleen SilcoNert gecoat rvs blijkt geschikt voor de analyse van lage concentraties methanol mengsels. Daarnaast zijn twee commerciële zuiveringsmethoden getest voor de bereiding van nulgas voor VOS-metingen. Eén type blijkt alle geteste VOS te verwijderen tot enkele pmol/mol, terwijl het andere type alleen VOS hoger dan butaan verwijdert. De resultaten zijn gepresenteerd op Pittcon. Door vertraging bij een aantal metingen, is het werk aan het certificeringsprotocol VOS in nulgas nog niet begonnen. In 2017 zal hieraan gewerkt gaan worden.

De resultaten van de testen voor adsorptiebepaling op de cilinderwand van oxy-VOS mengsels en andere resultaten van het project zijn tevens gepresenteerd tijdens de mid-term meeting voor stakeholders (21 april 2016 in Parijs). De cilinderwandbehandeling blijkt een hele grote invloed te hebben op de adsorptie en methanol is de component waarvoor het meeste verlies optreedt (beste behandeling ongeveer 10% verlies, slechtste tot 100%). De stabiliteitsstudie van de mengsels, m.u.v. het rapport, is afgerond. De meeste mengsels blijven stabiel na het initiële verlies.

Semi-VOS zijn bereid met een nieuw ontworpen systeem dat VOS-mengsels op zeer lage niveaus kan genereren door middel van een verdunning in 2 stappen. Het systeem is gevalideerd. In het algemeen laten de resultaten zien dat het systeem goed werkt. Voor de zware semi-VOS, zoals octadecaan en dibutylphthalaat haalt het systeem de doelonzekerheid van 7 % niet. De definitieve onzekerheid van de referentiematerialen is begin 2017 bepaald. Niet gepland, maar wel uitgevoerd, is het stabiliteitsonderzoek van semi-VOC op diverse soorten adsorptiebuizen in voorbereiding voor het ringvergelijk dat in 2017 is georganiseerd.

Onder leiding van het JRC (Joint Research Center) in Ispra is er begin 2017 aan het draft testprotocol gassensoren geschreven. Ook is er toen gewerkt aan het opstellen van de draft vergelijkingsprotocols voor WP2 (oxy-VOS) and WP3 (semi-VOS). Verder zijn alle impact activiteiten gehaald. Er zijn 6 projectpresentaties/ posters gehouden/gepresenteerd op internationale conferenties (o.a. Pittcon, Indoor Air, ISES).

De 1,5-jaar stabiliteitstest van oxy-VOS mengsels op 100 nmol/mol is uitgevoerd en de resultaten zijn gepresenteerd op GAS Analysis 2017 symposium. Twee nieuwe oxy-VOS mengsels zijn naar de projectpartners en naar ACTRIS laboratoria (EU project van onderzoek en meteorologisch instituten, o.a. naar IMAU-Utrecht Universiteit) gestuurd voor een onderling vergelijking. De resultaten van het vergelijk zijn veel belovend voor 6 componenten, terwijl voor methanol verder onderzoek nodig is. Een vergelijk met andere NMIs voor het produceren en meten van semi-VOS in sorptiebuizen is succesvol afgerond.

Het werk voor geoxideerde VOS heeft een nieuwe set standaarden opgeleverd in de range 1-10 µmol/mol en er is een stap gemaakt voor het 100 nmol/mol gebied. Voor semi-VOS kan VSL nu transferstandaarden in thermische desorptie buizen produceren voor emissietest laboratoria. Een eerste uptake is het produceren van monsters voor een proficiency test georganiseerd in samenwerking met BAM (Duitsland).

Het werk over t.a.v. VOS gassensoren heeft laten zien dat de sensoren nog niet in staat zijn om individuele VOS te onderscheiden. Wel is het aangetoond dat een geminiaturiseerde GC (zo groot als een vuist) nauwkeurig kan meten. Voor VSL was het belangrijk om te werken aan het ontwikkelen van een gassensor validatieprotocol en aan het beoordelen van de resultaten. Dit om het protocol en kennis te kunnen gebruiken voor andere soorten gassen (zoals waterstof) en toepassingen.

In september 2017 is het project succesvol afgerond. Alle doelen zijn gehaald en zelfs meer impact activiteiten dan gepland, zijn uitgevoerd. Er zijn in 2017 3 publicaties over VOS-metingen, nulgas en gassensoren ingediend. Ook zijn 5 lezingen gehouden en 3 posters gepresenteerd tijdens internationale symposia en tijdens stakeholder evenementen (zoals WMO GAW VOC meeting en Microchamber users seminar). Aan het eind van het project is een webinar gehouden met 3 sessies en in totaal 67 deelnemers.

Eindconclusie is dat de bevindingen op het gebied van adsorptie zijn geïmplementeerd in de productie en verificatie van VOS-referentiegasmengsels. Andere NMI's en meetlaboratoria zijn ook geïnteresseerd in onze resultaten. Een certificeringsprotocol voor VOS-vrij nulgas is ontwikkeld en zal gebruikt worden voor het certificeren van onze matrix gassen en voor derden.

Metrologie voor biogas

In 2014 is begonnen met de bereiding van mengsels van BTEX (benzeen, toluen, ethylbenzeen en de xylenen) in biogas. Voor een stabiliteitsonderzoek van ammoniak (10 ppm) in biogas zijn mengsels gemaakt van ammoniak in methaan en in biogas, die in de tijd gevolgd worden. In 2015 is het maken van siloxaanmengsels gestart met het onderzoeken van het gedrag van siloxanen in gascilinders. Octaan is gebruikt als interne standaard, zodat de stabiliteit kan worden gerelateerd aan de respons van deze (relatief) inerte component.

De permeatieopstelling, die gebruikt wordt voor waterstofchloride en waterstofcyanide, bleek goed te werken. Er wordt een meetonzekerheid van de orde grootte van 3-4% mee gehaald voor stikstof. Voor het bijmengen van biogas wordt gebruik gemaakt van een massflow controller (MFC). Er zijn in 2016 ook metingen gedaan om vast te stellen hoe, als functie van de gassamenstelling, voor de afwijking van deze regelaars kan worden gecorrigeerd. Deze correctie is later verder uitgewerkt. De detectiegrens voor beide componenten ligt beneden 10 nmol/mol.

Daarnaast is het werk aan de dauwpuntopstelling afgerond en zijn ook de validatiemetingen uitgevoerd. Verder is in 2016 een opstelling voor het meten van absorptiebuizen (TD-GC/MS) in gebruik genomen. Na opstartproblemen is er een methode voor monocyclische koolwaterstoffen (BTEX) opgezet. In 2017 is dit werk voortgezet voor gehalogeneerde koolwaterstoffen en siloxanen.

Voor siloxanen is de methodeontwikkeling afgerond. De herhaalbaarheidstandaarddeviatie varieert van 0,3% voor de lichtste verbinding tot 0,7% voor de zwaarste; de reproduceerbaarheidstandaarddeviatie varieert van 2% tot 5%. Hiermee komt de totale geëxpandeerde onzekerheid uit op 10% voor de zwaarste component.

De stabiliteitsmetingen aan zwavelverbindingen tonen aan dat deze componenten op ppm-niveau stabiel zijn binnen $\pm 3\%$. Dit gegeven legt een goede basis om in de toekomst ook referentiematerialen te leveren voor deze componenten in methaan.

De TD-GC-MS/FID is gevalideerd voor BTEX. Deze kunnen goed gekwantificeerd worden op adsorptiebuizen. Er is tevens een analysemethode ontwikkeld voor waterstofcyanide in stikstof en biomethaan. De meetonzekerheid is circa 3 %, vooral veroorzaakt door de beperkte prestaties van de dynamische methode, die gebruikt is voor de gasmengselbereiding.

Het stabiliteitsonderzoek aan ammoniak in methaan heeft aangetoond dat de stabiliteit van deze mengsels vergelijkbaar is met ammoniak in stikstof. Er hoeft dus geen apart lange-termijn onderzoek aan deze standaarden plaats te vinden.

Er is een methode ontwikkeld voor waterstofchloride in stikstof. Deze component kan op ppb-niveau worden gedetecteerd en ook de isotoopverhouding $H^{35}Cl/H^{37}Cl$ kan worden bepaald. Ten gevolge van te grote spectrale interferentie van methaan is het niet gelukt een methode voor biomethaan te ontwikkelen.

De metingen zijn uitgewerkt in het onderzoek naar de geschiktheid van verpakkingsmaterialen voor het bemonsteren van biogas en biomethaan. Hieruit is gebleken dat er geen materiaal is, dat geschikt is voor alle componenten uit de specificatie (EN 16723). Wel zijn er aanbevelingen per component.

Resumerend kan gesteld worden dat, afgezien van de gehalogeneerde koolwaterstoffen en waterstofchloride, alle doelstellingen van het project zijn gehaald.

Ammoniak in buitenlucht

In 2014 zijn binnen VSL drie verschillende cilindertypes getest op geschiktheid voor ammonia en de resultaten van VSL zijn gecombineerd met die van NPL. Er is toen besloten om twee typen cilinders te gebruiken voor de adsorptie-experimenten. Eind 2015 is er een nieuw type cilinder uit Japan beschikbaar gekomen, waarna de testen zijn gestart.

In 2015, 2016 en 2017 zijn verdere stabiliteitsmetingen aan mengsels ammoniak in stikstof uitgevoerd en op het 100 micromol/mol niveau is 24 maanden stabiliteit vastgesteld. Op het 10 micromol/mol is er een afname in concentratie van ongeveer 1% relatief vastgesteld gedurende 24 maanden. De meetonzekerheid bedraagt 0,35% relatief. Dit is een factor 3 kleiner dan voorheen. Verder is een evaluatie van verschillende coatings uitgevoerd om de onzekerheid en de stabilisatietijd bij dynamische verdunningen te optimaliseren. Ook is de meetopstelling dusdanig aangepast dat analyse van een set mengsels nu mogelijk is zonder dat het systeem blootgesteld wordt aan water uit de omgevingslucht. Tevens wordt hiermee de spoeltijd en daarmee het gasverbruik met een factor 2 verminderd.

Silconert 2000 gecoate cilinders, die door een ander instituut in het EMRP-project zijn getest, vertonen geen adsorptie en geen instabiliteit gedurende 18 maanden. Het nadeel van deze cilinders is echter het geringe gasvolume. Om deze reden is in 2016 de analysemethode geoptimaliseerd voor dynamische verdunning, zodat er maar een klein volume van een mengsel met een hoge fractie nodig is om een mengsel met een lagere fractie te certificeren. Alle kennis ten aanzien van adsorptie aan leidingen en het effect van water hierop zijn ingezet om deze methode te optimaliseren. Testen uitgevoerd in 2017 tonen aan dat de analyses herhaalbaar zijn binnen 1%. In de loop van 2017 zijn Silconert gecoate cilinders ook ingezet voor het standaardenbeheer. Uiteindelijke internationale bevestiging van de VSL resultaten is het onderwerp van een key comparison op CCQM gebied, waarbij VSL, samen met NIST, pilotlab is. Dit is van belang voor NMIs en gasleveranciers om betrouwbare kalibratiegassen te kunnen leveren voor milieumetingen, zowel op agrarisch als op achtergrondniveau.

High-impact greenhouse gases

In 2014 is het protocol voor de uitvoering van de lange en korte termijn stabiliteitsstudies gereed gekomen (lead NPL). Daarnaast is VSL in 2014 gestart met de planning van de werkzaamheden voor de mengselbereiding en de stabiliteitsstudies en met de inventarisatie van de daarvoor benodigde materialen en grondstoffen. In 2015 waren voor de monitoring van trends in de concentratie van broeikasgassen zoals CO₂, N₂O, CH₄ en CO, referentiegasstandaarden met een uitdagend lage onzekerheid nodig. VSL werkt aan de realisatie van N₂O en CH₄, waarvoor de totale onzekerheid respectievelijk een factor 10 en 3 lager moet zijn dan de huidige Best Measurement Capabilities.

In 2016 zijn de werkzaamheden voorspoedig verlopen. Zuiverheidsanalyse van de in het project genoemde targetcomponenten in de matrix gassen stikstof en zuurstof is uitgevoerd, waarbij de benodigde lagere detectielimieten zijn behaald. Voor N₂O en CO is hiervoor een Optical Parametric Oscillator (OPO) geconstrueerd om infrarood licht te genereren in het gebied rond 5 µm. Dit is volgens de literatuur slechts 1x eerder gerealiseerd. Voor CH₄ en CO₂ is de GC analyse verbeterd met o.a. het gebruik van een grotere sample loop.

Het lange-termijn stabiliteitsonderzoek heeft, volgens plan, nog doorgelopen tot april 2017. Na afronding van de laatste metingen is gewerkt aan een publicatie hierover. De tussentijdse resultaten zijn, samen met de resultaten van de hierboven beschreven zuiverheidsanalyse, gepresenteerd aan een gezelschap stakeholders en projectpartners tijdens de bij VSL georganiseerde internationale workshop over broeikasgassen.

Ter bevestiging van de behaalde resultaten is meegedaan aan een tweetal comparisons met metrologische zusterinstituten en referentielaboratoria van de WMO. De resultaten van VSL zijn voorzien van een onzekerheid, die voor de diverse componenten een factor 2 – 15 lager is dan de huidige CMC. De officiële uitslag van de comparisons wordt in februari 2017 verwacht en dan kan worden beoordeeld hoe er gescoord is t.o.v. de doelstelling binnen dit project. Daarnaast zijn er

abstracts voor presentaties ingediend voor de EGU 2017 (European Geosciences Union, Wenen, april 2017) en GAS 2017 (Gas Analyses Symposium, Rotterdam, juni 2017).

Mei 2017 is het project met een positief resultaat afgerond. De door de WMO gewenste onzekerheden (Data Quality Objectives, DQO) zijn niet allemaal gerealiseerd, maar er is wel een grote stap gezet in de richting ervan. Voor VSL heeft het project geleid tot een reductie van de onzekerheid voor de componenten CH₄ en N₂O en parallel aan dit werk ook voor CO₂ en CO. Onderstaande tabel geeft de target onzekerheid (DQO), de onzekerheid van VSL bij aanvang van het project en de onzekerheid na afronding ervan, gevolgd door de factor waarmee de onzekerheid is gereduceerd.

Component	Molfractie	Target onzekerheid DQO (k=1)	VSL onzekerheid bij aanvang (k=1)	VSL gerealiseerde onzekerheid (k=1)	Behaalde reductie onzekerheid
CH ₄	1,800 · 10 ⁻⁶	0,002 · 10 ⁻⁶	0,014 · 10 ⁻⁶	0,0022 · 10 ⁻⁶	6-7x
N ₂ O	325,0 · 10 ⁻⁹	0,1 · 10 ⁻⁹	2,4 · 10 ⁻⁹	0,9 · 10 ⁻⁹	3x
CO ₂	400,0 · 10 ⁻⁶	0,1 · 10 ⁻⁶	0,3 · 10 ⁻⁶	0,15 · 10 ⁻⁶	2x
CO	300,0 · 10 ⁻⁹	2,0 · 10 ⁻⁹	4,0 · 10 ⁻⁹	1,5 · 10 ⁻⁹	2-3x

Daarnaast is lange-termijn stabiliteit in cilinders aangetoond voor CO₂, N₂O en CH₄, waardoor deze componenten als referentiemateriaal in gascilinders aan de markt kunnen worden aangeboden. Deze nieuwe referentiematerialen, met de gereduceerde onzekerheid, zijn in februari 2017 al met succes onderdeel geweest van een RvA-audit en zijn toegevoegd aan VSL's scope van accreditatie.

Voor het meten van de onzuiverheden van CO₂ en N₂O in N₂, O₂ en lucht is een nieuwe (unieke) OPO-CRDS (Cavity Ringdown Spectroscopy, voorzien van een Optical Parametric Oscillator) opstelling gebouwd, die nieuwe mogelijkheden biedt voor lagere detectielimieten, als ook voor nieuwe, toekomstige research aan moleculen, die absorberen in hetzelfde golflengte gebied (≈ 5 μm).

Als laatste heeft het lange-termijn stabiliteitsonderzoek inzicht gegeven in de reproduceerbaarheid van de 'standaard' analyses met gaschromatografie. Diverse verbeteringen van spoelprocedures, gebruik van tubing, gebruik van reduceerventielen, etc., hebben geleid tot een verbetering van de reproduceerbaarheid en onzekerheid voor de werkzaamheden in dit project, maar zullen zeker ook als positieve spin-off een verbetering geven voor vrijwel al het analytische werk dat door de Chemiegroep wordt uitgevoerd. Dit is van belang om de internationale toonaangevende positie in gasanalyse in stand te houden. De verbetering op het gebied van CO₂ is gebruikt in een momenteel lopende Key Comparison.

De resultaten zijn verspreid via twee recent gehouden presentaties op internationale symposia (EGU conference, Wenen, april 2017 en GAS2017, Rotterdam, juni 2017) en via een webinar met meer dan 25 volgers uit de metrologie en meteorologie gemeenschap in mei 2017. Publicaties moeten nog worden geschreven over de stabiliteitsstudie, de nieuwe OPO-CRDS en de comparison met de andere projectpartners.

Stabiliteit en kwaliteit distributienetwerken

In 2014 zijn er met TU/e en Alliander afspraken gemaakt over het gebruik van LiveLab. Tevens is er, samen met METAS en NIST, bekeken welke hardware het meest geschikt is voor de uitbreiding van de software voor dynamisch testen. Daarnaast is er gewerkt aan een modelopstelling voor de lijnimpedantiemetingen in het VSL-lab.

In 2015 is er een beschrijving van de topologie van het Enduris (voorheen Delta) 50 kV netwerk gemaakt t.b.v. onsite Power Quality (PQ) metingen. Verder zijn er 6 PMU/PQ-meters in het Enduris 50kV netwerk geplaatst en via een dataverbinding kan VSL continu de PMU-data en de PQ in het Enduris netwerk monitoren. In het VSL-lab zijn metingen gedaan tijdens een kortsluiting in een modelnetwerk. Er is een analysetechniek ontwikkeld om de plaats van de kortsluiting af te leiden.

In 2016 is samen met de TU/e de voortplanting van harmonischen in het Enduris netwerk gebruikt om de netwerkimpedantie aan de laagspanningskant van de onderstations te bepalen. Over deze resultaten is een paper geschreven en gepresenteerd op de ICHQP conferentie. Metingen aan de laboratoriumopstelling voor foutlokalisatie en lijnimpedantie met PMUs laten zien dat de methode in principe werkt. Voor de referentieopstelling voor het testen van PMUs zijn nieuwe digitizers aangeschaft, waarmee de beoogde tijdsynchronisatie van 300 ns ruimschoots is gehaald. Tevens zijn een eerste versie van algoritmes en software voor statische tests ontwikkeld en is voor dynamische tests is een nieuwe spanningsdeler ontworpen en gebouwd.

In 2017 is met de TU/e verder gewerkt aan PQ voortplanting van flickersignalen als vervolg op het succes met harmonische signalen. Dit blijkt ingewikkelder dan vooraf gepland, en zal verder worden voortgezet onder SBO en het Horizon 2020 project MEAN4SG. Ook het bepalen van de fase van de harmonische impedantie lijkt met PMUs niet haalbaar. Overigens is het beoogde eindresultaat voor dit projectonderdeel (op minimaal twee plaatsen synchroon PQ-metingen uitvoeren om voortplanting van verstoringen te kunnen detecteren) wel gehaald.

Metingen in het Enduris netwerk hebben laten zien dat de meetmethode voor lijnimpedantie met PMUs in de praktijk werkt. De resultaten zijn verwerkt in een paper van IMBIH en VSL voor de AMPS conferentie in september 2017. Voor de PMU-referentieopstelling zijn algoritmes en software voor statische tests verder ontwikkeld. Hiermee is de opstelling echter nog niet geheel klaar voor kalibraties van PMUs, hier zal nog verder aan worden gewerkt. Ook is een aantal algoritmes geschreven voor het bepalen van referentiephasorwaarden voor dynamische tests.

Als afsluitende activiteit van het EMRP-project heeft VSL in april 2017 in Haarlem een afsluitende workshop georganiseerd, samen met de projecten FutureGrid (Hs10, "Niet-conventionele stroom- en spanningssensoren") en GridSens (Hs11, "Sensornetwerken in distributienetten").

Niet-conventionele stroom- en spanningssensoren

In 2014 is een inventarisatie van de benodigde systeemeisen afgerond en zijn eerste berekeningen aan benodigde kernen voor speciale transformatoren gedaan. In 2015 is voor de kalibratie van digitale sensoren een SAMU (Stand Alone Merging Unit) aangeschaft. Deze SAMU gaat als referentie dienen om niet-conventionele transformatoren te kunnen kalibreren. In 2015 is kennis van de werking van de SAMU opgebouwd. In 2016 is er extra inspanning gepleegd om de achterstand van 2015 weg te werken. De stroomdeler (CT's) is gekarakteriseerd en geautomatiseerd. De nauwkeurigheid van de CT's is (t.o.v. de huidige CT's voor primair vermogen) met een factor 5 omlaag gegaan van ongeveer 3 $\mu\text{A/A}$ naar 0,6 $\mu\text{A/A}$. Bovendien zijn er ook veel meer ratio's beschikbaar, waardoor er altijd op het optimale werkpunt van de digitizers gemeten kan worden. Dit heeft als gevolg heeft dat de lineariteit van de digitizers een minder grote rol speelt.

Voor de spanningsdeler is een experimentele R2R-deler gemaakt. Deze bleek echter niet nauwkeurig genoeg. Als alternatief is er een ontwerp gemaakt voor een IVD (Inductive Voltage Divider). Deze IVD is gebouwd en gekarakteriseerd. In februari 2016 is er een bezoek geweest aan PTB om te kijken hoe beide partijen elkaar kunnen versterken en om informatie uit te wisselen over de bouw van stroomtransformatoren. Beide CT's zijn gereed en kunnen ingezet worden voor kalibraties van zowel testsets als conventionele kalibraties, bijvoorbeeld bij de primaire vermogensopstelling. In 2017 is de afronding van het project gedaan en een artikel geschreven.

Met de nieuwe stroomdelers, IVD en nieuw opgedane kennis van SAMU's zijn bestaande opstellingen verbeterd, waaronder de primaire vermogensopstelling, is VSL voorbereid op de kalibratie van niet-conventionele transformatoren en test-sets. Een CMC (Calibration and Measurement Capability) op dit gebied zal binnenkort in de nieuwe CMC-ronde worden aangevraagd (dit loopt via het BIPM).

Sensornetwerken in distributienetten

In 2014 is met TU/e een plan van aanpak afgesproken en het LiveLab van Alliander bezocht voor smart meter data. Met Enduris (voorheen Delta) is afgestemd in welke onderstations in het 50kV netwerk PMUs geïnstalleerd zouden worden. In 2015 zijn zes bij VSL gekalibreerde PMUs in vijf onderstations geïnstalleerd en zijn ze via een server bereikbaar gemaakt voor VSL. Daarnaast zijn de twee beoogde methoden om alternatieve data voor 'state estimation' te krijgen (smart meters en PMUs) verder ontwikkeld. In 2016 is samen met de TU/e een algoritme ontwikkeld om smart meter data te combineren voor state estimation, inclusief een uitgebreide onzekerheidsberekening. Het algoritme is uitgebreid getest met behulp van een bestaande dataset, omdat vanuit het Alliander LiveLab geen nieuwe data beschikbaar was vanwege privacywetgeving. Voor het doorrekenen van de gevolgen van het combineren van smart meter data is een IEEE-testmodel van een laagspanningsnetwerk gebruikt. Over deze resultaten is een paper geschreven en een presentatie gegeven op de AMPS conferentie.

In 2017 is het onderzoek met de TU/e voortgezet door het gebruik van een ander IEEE-testmodel van een middenspanningsnetwerk om de invloed van de onzekerheid te bepalen op de betrouwbaarheid van state estimation met gecombineerde smart meter data. Over deze resultaten is een paper aangeboden ter publicatie in een peer reviewed tijdschrift (IJEPES, Int. J. Electr. Power Energy Systems). De conclusie is dat gecombineerde smart meter data een significante toegevoegde waarde heeft.

Daarnaast is in 2017 verder gewerkt aan state estimation m.b.v. PMUs door data uit het Enduris netwerk en verdere input te leveren aan PTB en NPL. De resultaten laten zien dat één extra PMU in het netwerk al een significante verbetering van de betrouwbaarheid levert. Als afsluitende activiteit van dit EMRP-project heeft VSL in april 2017 in Haarlem een workshop georganiseerd, samen met de projecten SmartGrid-II (Hs 9, "Stabiliteit en kwaliteit in distributienetwerken") en FutureGrid (Hs 10, "Niet-conventionele stroom- en spanningssensoren")

Niet-Newtoniaanse vloeistoffen

Bij het boren naar olie worden speciale niet-Newtonische boorvloeistoffen gebruikt, waarvan de viscositeit nauwkeurig en zeer regelmatig gemeten moet worden. Vanuit economische en veiligheidsperspectieven is er grote druk om dit proces te automatiseren. De huidige sensoren zijn niet nauwkeurig genoeg, de herleidbaarheid is onvoldoende gewaarborgd en de metingen kunnen niet inline plaatsvinden, wat automatisering onmogelijk maakt. Behalve de viscositeit speelt ook de dichtheid en verdeling van de sedimentdeeltjes in deze boorvloeistoffen een belangrijke rol. Voor die metingen gelden dezelfde problemen. Aangezien ook in andere industrieën de viscositeit en dichtheid van niet-Newtonische vloeistoffen en slurries steeds belangrijker worden, is het essentieel dat de sensoren en herleidbaarheid op dit gebied verbeterd worden en dat er een goed onderbouwde meetonzekerheid voor deze metingen opgesteld kan worden. Binnen het EMRP-project Non-Newtonian Liquids zijn de fysische effecten, die bepalend zijn voor de viscositeit van niet-Newtoniaanse vloeistoffen, bestudeerd. De belangrijkste taak van VSL was de ontwikkeling van gecertificeerde niet-Newtoniaanse referentiematerialen (CRMs).

In juni 2014 is een reometer aangeschaft om aan niet-Newtonische vloeistoffen te meten en is een query m.b.t. operationele condities uitgevoerd en de vereiste fysische eigenschappen voor niet-Newtonische vloeistoffen uitgevoerd. In 2015 is de bereidingsmethode voor CRMs afgerond. De stabiliteitstesten liepen in 2016 door. Er zijn diverse niet-Newtonische vloeistofmaterialen door VSL geproduceerd (genummerd CRM1, CRM2, CRM4 en CRM4). Deze materialen zijn in de periode december 2015 - januari 2016 naar de andere metrologische projectpartners (NMIs) verstuurd als eerste, indicatieve, ringvergelijking. Een meer formele ringvergelijking tussen de projectpartners is in 2017 uitgevoerd. De benodigde samples voor deze tweede ringvergelijking zijn door VSL geproduceerd. De resultaten zijn nog niet gepubliceerd.

Tussentijdse projectresultaten zijn gepresenteerd tijdens de Drilling Engineer Association Europe (DEAE) meeting in maart 2016 bij Huisman in Nederland, tijdens de Drilling Systems Automation Technical Section of the Society of Petroleum Engineers (SPE) op 23 juni 2016 en van 21 – 24 maart 2016 tijdens de CAFMET (International Conference of Metrology in Africa) 2016 conferentie in Dakar, Senegal.

Dit EMRP-project is eind april 2017 inhoudelijk afgerond. De ERMP-eindrapportages (VSL is projectcoördinator) zijn eind juni opgeleverd. Het project heeft herleidbare, niet-Newtonische referentiematerialen opgeleverd, representatief voor boorvloeistoffen. Deze CRMs kunnen vanaf nu ingezet worden voor de kalibratie van inline reologie-instrumenten.

Diepe-oceaan referentiethermistoren

In 2014 zijn de NIOZ SBE35 thermometer en een VSL SPRT gekalibreerd op de vaste punten van H₂O en Ga. In 2015 is de kalibratie van de NIOZ SBE3 sensor uitgevoerd. Voor deze kalibratie is een nieuwe submillikelvin kalibratiefaciliteit ontwikkeld, die in het temperatuurbereik tussen 0 °C en 30 °C een onzekerheid van 0,0006 °C tot 0,0010 °C oplevert. De realisatie van het NIOZ comparator block is eind 2015 afgerond.

In 2016 zijn de VSL referentietemperatuurinstrumenten naar het NIOZ gebracht. De metingen bij drukken tot 60 MPa aan de NIOZ SBE35 en SBE3 zijn in juni 2016 afgerond. De resultaten van deze metingen zijn tijdens de TEMPMEKO2016 (juni, Zakopane, Poland) en de MMC2016 (september, Madrid, Spain) conferenties gepresenteerd en in een artikel beschreven (geaccepteerd door International Journal of Thermophysics, publicatie verwacht binnen 2-3 maanden).

Er zijn in 2017 geen nieuwe meetresultaten te melden ten opzichte van vorige rapport (eind 2016). Metingen bij drukken tot 60 MPa met de LNE SBE35 thermometer zijn niet uitgevoerd, omdat LNE zijn SBE35 heeft teruggehaald om zijn comparator block te kunnen ontwerpen. Het project is geëindigd in september 2017 met als belangrijkste resultaat voor VSL genoemde nieuwe submillikelvin kalibratiefaciliteit.

Metrologie voor nieuwe SSL-verlichting

In 2014 is er o.a. gewerkt aan de ontwikkeling van een meetopstelling voor versnelde veroudering en is er een ontwerp gemaakt voor een opstelling met een DC-pulsbron en voor een methode voor tijdsopgeloste optische metingen. In 2015 is de ontwikkeling en assemblage van een set optische standaarden met verschillende spectrale eigenschappen afgerond. In 2016 zijn er twee optische prototypen van de Multiple Transfer Standard (MTS) gebouwd volgens PTB-ontwerp (zie figuur 1). Vanwege problemen met de stabiliteit heeft PTB de bedieningssoftware en hardware settings moeten optimaliseren. Sinds december 2016 zijn hiervoor updates beschikbaar. Tevens is er aan een elektrische standaard gewerkt. Een prototype is ontworpen, gebouwd en getest. De componenten voor de definitieve versie zijn besteld en ML (Mechatronica Lab) is begonnen met de assemblage.

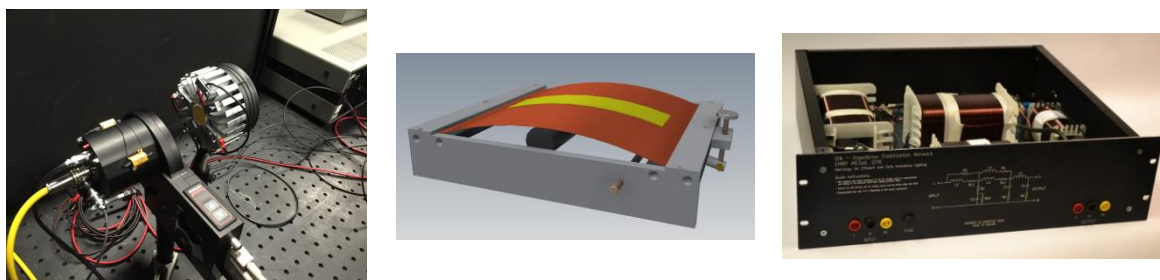


Figuur 1: Multiple Transfer Standard (MTS)

Verder is de ontwikkeling van een herleidbare meetmethode voor optische en elektrische metingen van *dimbare* SSL afgerond. Tevens is een snelle testmethode van SSL-modules door gebruik van korte pulsen (25 en 50 ms) ontwikkeld. Daarnaast zijn alle geplande testen uitgevoerd aan twee SSL-modules type CoB (zie figuur 2a). De resultaten zijn tijdens een conferentie in de VS gepresenteerd (IES Annual Conference, Orlando, oktober 2016).

Er is een houder voor flexibele OLEDs voor de near-field goniofotometer RIGO801 gerealiseerd (zie figuur 2b), waarmee OLEDs enkele graden kunnen gebogen worden. Parallel is er ook aan de validatie van de near-field goniometer gewerkt. De geometrische karakterisering is met positief resultaat afgerond in 2016, maar de optische karakterisering (CCD-camera) pas in 2017.

Op het gebied van elektrische meetmethodes is een definitieve versie van een ISN (Impedance Stabilisation Network) (zie figuur 2c) opgeleverd. De klimaatkamer is gekarakteriseerd en aangepast om levensduurtesten mee te kunnen uitvoeren. De meetopstelling voor simultane optische, elektrische en temperatuurmetingen tijdens levensduurtesten is bijna klaar, op de bedrading na. De originele methode om een spectroradiometersysteem langs de fibers naar buiten de kast te laten rijden, is nu veranderd naar een methode met een vaste fiberbundel van 40 fibers. Hiermee kunnen de SSL-modules één voor één elektrisch uitgeschakeld worden. Met deze aanpassing worden tegelijkertijd twee problemen opgelost: 1) invloed van beweging van fibers en 2) strooilicht.



Figuur 2: a) SSL module CoB, b) houder voor flexibele OLEDs en c) Impedance Stabilisation Network.

Er zijn twee optische Multiple Transfer Standards (MTS) gebouwd volgens PTB-ontwerp (zie figuur 2a). De stabiliteitsproblemen zijn opgelost na een upgrade van de bedieningssoftware. De MTS is bij VSL gekarakteriseerd en naar Philips gestuurd om de meetfaciliteit aldaar te karakteriseren en te kalibreren. Tevens is een snelle testmethode voor SSL-modules ontwikkeld door gebruik te maken van korte pulsen (25 en 50 ms). De resultaten zijn tijdens een conferentie in de VS gepresenteerd (IES Annual Conference, Orlando, oktober 2016) en zullen worden aangeboden aan een wetenschappelijk tijdschrift (International Journal of Metrology and Quality Engineering).

Optische parameters van de flexibele OLEDs zijn gemeten en vergeleken wanneer de OLED in een platte dan wel een gebogen positie (zie figuur 2b) staat. Er is geen duidelijk verschil gevonden, in overeenstemming met onze hypothese.

Op het gebied van elektrische meetmethodes is een definitieve versie van een ISN (Impedance Stabilisation Network) (zie figuur 2c) opgeleverd. Metingen voor de elektrische parameters van 8 lampen zijn uitgevoerd. De resultaten van VSL zijn geheel consistent met de waarden van andere NMIs. In 2017 is bovendien een e-MTS (elektrische MTS, zie figuur 1d) ontwikkeld die 8 SSL-lampen, 1 gloeilamp en 1 dimbare gloeilamp kan simuleren. De lange-termijn fluctuatie van alle elektrische parameters wordt binnen 0,1% geregeld, wat het oorspronkelijke doel van het project was.

Eind mei 2017 is het EMRP-project “Metrology for Efficient and Safe Innovative Lighting” afgesloten. Er zijn kalibratiemethodes, transferstandaarden en richtlijnen gerealiseerd in het project. De ontwikkelde apparatuur is tevens bij de Nederlandse industrie (Philips) toegepast. De afsluitende projectvergadering heeft plaatsgevonden bij METAS, Bern, Zwitserland. Ongeveer 60 partijen uit de Europese industrie zullen gaan profiteren van de expertise, die in dit project is verkregen.



Figuur 1: a) Multiple Transfer Standard, b) OLED in gebogen positie, c) Impedance Stabilisation Network en d) e-MTS

Spectrale respons van fotovoltaïsche apparatuur

In 2014 is voor het ontwerp van de gehele spectrale-responsfaciliteit een compleet functioneel blokdiagram gedefinieerd, inclusief de componenten in elk subsysteem. Alle benodigde componenten, waaronder de supercontinuüm laserbron (SCL) en de robotarm, zijn in dat jaar besteld en geleverd. De karakterisering van de breedband optische fiberkoppeling (400-2500 nm) is uitgevoerd in termen van fiberverlies en reflectie als functie van het laser inputvermogen.

In 2015 is een voorlopige onzekerheidsbegroting voor de afzonderlijke onderdelen (laserbron, monochromator, 'beam-delivery' en optische kop) van de spectrale-responsfaciliteit gemaakt. De karakterisering van de onderdelen en van de monochromator zijn afgerond. Eind november 2015 was de volledig geïntegreerde SR-faciliteit in bedrijf.

In 2016 is de data-acquisitiesoftware ontwikkeld. Initiële metingen aan poly- en monokristallijn silicium zonnecellen zijn uitgevoerd. In de tweede helft van 2016 is de faciliteit ingezet voor metingen aan twee typen zonnecellen, waarbij hoek en temperatuurafhankelijkheid zijn gemeten. De software voor data-analyse voor de spectrale respons is ontwikkeld. De analyse voor de kleine cellen (2x2 cm²) is uitgevoerd, waarna begin 2017 is gestart met de analyse van de grote cellen en de temperatuurafhankelijkheid. Dit is niet afgerond omdat de aan dit project gekoppelde EMRP project per 1 mei 2017 was afgelopen, daarnaast vertrok de projectleider vlak voor het einde van het project en resterende er een zeer beperkt projectbudget in 2017.

Eindconclusie is dat het project niet de beoogde faciliteit voor het meten van spectrale respons van zonnecellen heeft opgeleverd. De inschatting is dat hiervoor nog een forse inspanning zou moeten worden geleverd. Op basis van een nadere analyse van de marktbehoefte zal een afweging moeten worden gemaakt over een vervolgproject om de faciliteit operationeel te maken. Wel is met dit project een flexibele opstelling beschikbaar gekomen door de combinatie van een breedverstembare laserbron op basis van een supercontinuüm laser en robotarm

Totale kolom ozon

De stratosferische ozonlaag voorkomt dat schadelijke ultraviolette straling het aardoppervlak bereikt. Sinds de jaren zeventig is bekend dat door menselijk handelen geproduceerde chloorfluorkoolstoffen (CFK's) hebben geleid tot terugkerende grote verliezen van de ozonconcentratie in het Antarctisch gebied (ozongat). Het doel van het project is herleidbare metingen voor de totale kolom ozon te produceren met een onzekerheid lager dan 0,5%, onafhankelijk van het type instrument, door een systematisch onderzoek naar de radiometrische, spectroscopische en methodologische kenmerken ervan

In 2014 is begonnen met de ontwikkeling van de golflengteliniaal. In dat jaar is de bestaande literatuur over inverse algoritmen van TCO (Total Column Ozone) retrieval bestudeerd.

In 2015 is er een literatuurstudie over de mogelijke opties voor een golflengtelineaal gedaan en is een korte samenvatting van de belangrijkste aspecten van een birefringence-gebaseerde golflengtelineaal gedeeld met de andere projectpartners. Het systeem is gebouwd en voorzien van een temperatuurregelaar, die de temperatuur binnen 0,1 °C rond het gekozen werkpunt stabiliseert.

Voor wat betreft het werk aan de invloed van gecorreleerde variabelen op het onzekerheidsbudget van Totale Kolom Ozon, is een mathematisch model opgesteld en gebruikt op echte data voor Dobson spectroradiometers.

In 2016 is de golflengtelineaal volledig ontworpen en gebouwd. Het instrument is gebruikt in september tijdens een internationale meetcampagne in het Izaña Atmospheric Research Center (Tenerife), om de golflengteschaal van verschillende instrumenten te kalibreren. Brewer spectroradiometers en nieuwe array-gebaseerde spectroradiometers zijn gekalibreerd tegen de VSL-golflengtelineaal.

Een artikel over de golflengtelineaal is op de Thematic Network For Ultraviolet Measurements - UVnews gepubliceerd. Een kleine samenvatting van het artikel is bovendien geselecteerd door EURAMET als één van de EMRP 'good news stories' en is vervolgens in september 2016 gepubliceerd op de EURAMET-website.

Wat betreft de invloed van gecorreleerde grootheden op de meetonzekerheid van Dobson TOC-metingen, is in 2017 de analysemethode ontwikkeld door VSL, in samenwerking met de andere projectpartners, en toegepast op de resultaten van de Izana campagne.

De analyse van de metingen is eind 2016 begonnen en in het eerste kwartaal van 2017 afgerond. De resultaten van de meetcampagne zijn gepubliceerd in UVNews **12**, maart 2017 (<http://metrology.tkk.fi/uvnet/reports.htm>)

VSL was ook betrokken, in samenwerking met collega's van PMOD (Switzerland), Universiteit La Laguna (Tenerife, Spanje) en Aalto Universiteit (Finland), bij het bepalen van het onzekerheidsbudget van ozone retrieval gedaan door double-ratio toegepast aan Brewer- en Dobsonmetingen. Dit deel van het werk is eerste poging om een compleet onzekerheidsbudget te berekenen, inclusief mogelijke cross-correlatie effecten, en heeft veel interesse gegenereerd binnen de klimaatobservatie gemeenschap. De resultaten van dit werk zijn gepresenteerd tijdens een workshop in Magazon, Spanje, tijdens de Regionale Brewer Intercomparison meetcampagne bij INTA (Instituto Nacional de Tecnica Aereospacial, Spanje). Het project is afgerond met als tastbaar resultaat een golflengtelineaal voor in-situ kalibraties van instrumenten en andere klantgerichte diensten.

Dunne films voor energie

Dit project beoogde het ontwikkelen van het benodigde veelzijdige metrologische kader om ervoor te zorgen dat innovatie op het gebied van dunne films een directe impact zal hebben op de Europese 20-20-20 doelstellingen. VSL heeft zich specifiek gericht op het ontwikkelen van coherente, optische scatterometers, die ook gebruikt kunnen worden om grote oppervlakten te meten

Het project was gericht op het bepalen van de geometrie en fysische eigenschappen van nano-gestructureerde zonnecellen met subnanometer onzekerheid door gebruik te maken van niet-destructieve en snelle optische methoden. In 2014 is begonnen met het ontwerp en de implementatie van een prototype van de scatterometer. In 2015 is het ontwerp en de uitvoering van het prototype van de optische scatterometer vervolgd. Het prototype bestaat uit twee verschillende systemen, één werkend op 372 nm en één op 532 nm golflengte. Voor beide systemen is een hoge-coherentie laser de lichtbron. Dit maakt ook fase-informatie beschikbaar voor objectreconstructie.

In 2016 is het ontwerpen van de scatterometer doorgegaan. VSL heeft op dit moment een tweekleuren coherente scatterometer in het lab staan (die werkt op de genoemde 372 nm en 532 nm). Verschillende referentietrialies, met variërende pitches, die met een AFM gekarakteriseerd zijn, zijn gebruikt om de resultaten van de optische metingen te checken en het systeem verder te kalibreren.

In 2016 is ook gewerkt aan de grote-oppervlakte versie van de scatterometerkop. De optische componenten zijn gebouwd en in het systeem geïmplementeerd. De optische scatterometerkop is in 2017 aan de Denso robotarm gekoppeld. Vanwege de mogelijke intrinsieke mechanische instabiliteiten en trillingen, die het bewegen van de robot kan veroorzaken, wordt de grote-oppervlakte versie geopereerd met zowel coherent als niet-coherent licht rond 450 nm golflengte.

Er is in 2017 gewerkt aan validatiemetingen van de grote-oppervlakte scatterometer. Een vergelijking is gedaan met metingen van een tralie van DFM (het Deense meetinstituut). Specifiek is er daarbij gekeken naar de overeenkomst qua pitch van de tralie en een goede match werd geconstateerd. De afwijking tussen de door DFM gemeten pitch en die gemeten door VSL viel binnen 2 pm, hetgeen binnen de onzekerheid van de metingen valt.

Tijdens het project heeft VSL twee wetenschappelijke artikelen gepubliceerd en twee presentaties gehouden, één op de EOSAM2016 in Berlijn en de andere op de EMR-S spring meeting 2017 in mei in Straatsburg. In de laatste zes maanden is vooral gewerkt aan de disseminatie van de projectresultaten, o.a. tijdens genoemde EMR-S conferentie, waar een presentatie is gegeven over het binnen het project verrichte onderzoek.

Met betrekking tot disseminatie en training heeft VSL een zomerschool georganiseerd over "The Metrology of thin film materials". Deze heeft plaatsgevonden in Berlijn in september 2016. Daarnaast was één van de wetenschappers van VSL co-chair van de Topical Meeting Frontiers of Optical Metrology binnen het kader van de EOSAM2016 (European Optical Society Annual Meeting).

Samenvattend is het eindresultaat van het project de realisatie van een VIS/UV-scatterometer voor de range 50x50 cm en een VIS (golflengte 457 nm) scatterometerkop, die gekoppeld wordt aan een robotarm. Het meetbereik van deze scatterometer maakt het mogelijk om de eigenschappen van grote dunne-film monsters te meten. Een nieuw tweekleurig (UV / VIS) Coherent Fourier Scatterometry-systeem is ontworpen, gebouwd en gevalideerd. Het is in staat om optische karakterisering van dunne films met subnanometeronzekerheid uit te voeren en kan pitches tot 200 nm evenals dikte en brekingsindices van materialen meten.

Multifase flowmetrologie voor olie- en gasproductie

In dit project is gewerkt aan het realiseren van 'referentienetwerk' voor het testen van multifase flowmeters. Met behulp van een intercomparison wordt onderzocht of de deelnemende labs, te weten DNV GL (NL), NEL (UK), OneSubsea Bergen (NO) en Shell (NL), consistent zijn voor vergelijkbare condities. VSL is verantwoordelijk voor de organisatie en analyse van de resultaten.

In 2014 is het testprotocol opgesteld en in 2015 is een multifase flowmeter als transferstandaard beschikbaar gekomen. In juli 2015 zijn de testen gestart bij NEL (Glasgow), vervolgens is er in juli 2016 getest bij DNV GL (Groningen), in augustus 2016 weer bij NEL en ten slotte in november 2016 bij flowmetereigenaar en -fabrikant OneSubsea (Bergen). Vanwege interne budgetproblemen heeft Shell niet kunnen mee doen aan de intercomparison. VSL heeft tevens de onzekerheidsbudgetten van de testfaciliteiten onder de loep genomen en de faciliteiten hierover gerapporteerd.

In de eerste helft van 2017 heeft VSL de resultaten geanalyseerd en gerapporteerd aan de deelnemers aan het intercomparison. Vervolgens zijn de resultaten in meer detail besproken met de deelnemers. Recent is alle ruwe meetdata gedeeld met de partners, zodat deze de data ook zelf kunnen analyseren.

Het project is afgerond. Een abstract met als onderwerp de resultaten van de intercomparison is geaccepteerd voor presentatie en publicatie op de North Sea Flow Measurement Workshop in oktober 2017 in Noorwegen. Op verzoek van één van de deelnemers (NEL, UK) is deze echter teruggetrokken.

Metrologie voor biomethaan

Dit project is op 1 juni 2017 gestart. De kick-off vergadering voor het project is gehouden. Daarnaast zijn de data voor de M9 en M18 vergaderingen (projectvoortgang) gepland.

In 2017 is een literatuurstudie over de relevante aminecomponenten in biomethaan uitgevoerd, Tenslotte zijn er 5 componenten voor de aminemeetstandaard uitgekozen en aangeschaft. Van de uitgekozen amine componenten zijn de fysieke eigenschappen en de mogelijkheden om er gasmengsels mee te bereiden werden onderzocht.

Er is ook onderzoek gedaan naar de relevante, gehalogeneerde koolwaterstof componenten. Er

zijn 10 componenten uitgekozen en gekocht. Zuiverheidsanalyses voor enkele van deze componenten zijn uitgevoerd.

Er zijn materialen en onderdelen voor de kalibratieopstelling voor flowregelaars en het verdunningssysteem gekocht. Basisontwerpen voor de kalibratieopstelling en het verdunningssysteem zijn gereed. Parameters voor het ontwerp van de permeatie-opstelling voor HF zijn getest.

Er zijn ongeveer 30 stakeholders bij het project betrokken. Een ISO-werkgroep over biomethaan is opgezet: "ISO/TC193/SC1/WG25 Biomethane". Een abstract met algemene informatie over het project is voorgelegd tijdens een internationale conferentie.

Metrologie voor voertuigen op waterstof

Het project is gestart op 1 juni 2017. Het bijbehorende EMPIR-project "Metrology for hydrogen vehicles" heeft als algemeen doel de benodigde metrologische infrastructuur te ontwikkelen voor waterstoftankstations om te voldoen aan de in de Europese Directive 2014/94/EU genoemde specificaties door het wegnemen van de huidige barrières. Binnen dit project werkt VSL aan de opbouw van een opstelling voor waterstof flow metering ('afrekenen aan de pomp') op basis van gravimetrie. Daarnaast worden analysemethoden voor zuiverheidsanalyse ontwikkeld voor waterstof kwaliteitscontrole doeleinden.

Een conceptontwerp voor een gravimetrische kalibratiemethode is vervaardigd. De contacten om de opstelling uiteindelijk te valideren bij een waterstoftankstation zijn gelegd. Een aantal componenten voor de meetopstelling is geselecteerd en deze componenten zullen begin van 2018 worden besteld.

VSL heeft samen met de andere partners een literatuuronderzoek afgerond naar de analytische methoden voor het meten van onzuiverheden in waterstof. Tevens heeft VSL een inventarisatie gemaakt van cilinderwandbehandelingen die mogelijk geschikt zijn voor het maken van referentie standaarden voor onzuiverheden in waterstof. VSL heeft daarnaast een aantal kandidaat sensoren voor het meten van lage concentraties CO in waterstof uitgezocht. Tenslotte is, in samenwerking met twee projectpartners, uitgezocht welke componenten er beladen zullen worden op de sorbent tubes.

LNG en LBG als transportbrandstof

De LNG faciliteit (momenteel in aanbouw op de Maasvlakte) zal worden ingezet voor een systematisch onderzoek naar de meet- en kalibratieonzekerheid van LNG-flowmeters onder ideale en niet-ideale stromingscondities. Daarnaast richt VSL zich in dit EMPIR-project op een nieuwe dienst voor LNG-samenstelling door middel van de realisatie van een liquefier en validatie van standaarden voor bepalen van de kalibratiefaciliteit voor flowmeters en de realisatie van een liquefier en de referentiematerialen voor LNG-samenstelling.

Het project is gestart op 1 juni 2017, maar is significant vertraagd ,vanwege vertraging in de realisatie en validatie van de LNG-faciliteit op de Maasvlakte. Aangezien die faciliteit pas halverwege 2018 beschikbaar komt, hebben er minder activiteiten plaatsgevonden dan aanvankelijk bedacht. Wel is een eerste testplan voor de flowmetingen opgesteld en is de literatuurstudie naar de liquefier afgerond.

Metrologie voor geoxideerd kwik

Dit project is op 1 oktober 2017 gestart. In het project "Herleidbaarheid van kwikmetingen" (zie Hs 4) is een faciliteit ontwikkeld voor de herleidbare kalibratie van meetmethodes voor elementair kwik (Hg(0)). Deze Hg(0) generator is herleidbaar via gravimetrie of wel wegingen. Echter, dit soort herleidbare meetmethoden en standaarden zijn ook hard nodig voor geoxideerd kwik (Hg(II)) om te voldoen aan de vereisten van EU-regelgeving en de implementatie van de Minamata-conventie. Het doel van het project is om herleidbare kalibratiemethode en standaarden te ontwikkelen voor de belangrijkste geoxideerde kwikverbindingen, in het bijzonder voor kwikchloride (HgCl₂).

De herleidbaarheid voor geoxideerd kwik zal verlopen via de faciliteit van VSL die zorgt voor herleidbare kalibratiemethoden en -standaarden voor Hg(0) gebaseerd op gravimetrie. Hiervoor is eind 2017 een begin gemaakt met de ontwikkeling van een meetsysteem voor Hg(0) en Hg(tot), ontwikkeling van kalibratiemethode, het opzetten van een protocol voor de kalibratie van kwikgeneratoren en het ontwikkelen van transferstandaarden. In 2018 worden deze ontwikkelingen voortgezet, waarbij vergelijkingen tussen verschillende HgCl₂ generatoren, van PSA, VTT en Optoseven, en de Hg(0) generator van VSL zullen plaatsvinden. Daarnaast wordt het meetsysteem voor Hg(0) en Hg(tot) op verschillende locaties getest, waaronder bij VSL tegen de Hg(0) generator.

Metrologie voor stikstofdioxide

Project is gestart op 1 juni 2017. Er is een analyse gemaakt van de huidige bereidingsmethode om te bepalen hoe een betere stabiliteit van NO₂ standaarden kan worden gerealiseerd en tevens de molfractie van salpeterzuur (ontstaat uit een reactie van H₂O met NO₂) kan worden verlaagd. Hieruit kwam onder meer dat het gebruik van een gas purifier voor het verwijderen van water zal worden getest en tevens dat de procedure voor het vacumeren van de cilinders zal worden aangepast.

Er is een aantal keer overleg geweest met de gasleveranciers over samenwerking op het gebied van de ontwikkeling van verbeterde NO₂ gasstandaarden. Hieruit is een concreet plan voor samenwerking gekomen dat in 2018 zal worden uitgevoerd. Verder is er een artikel geschreven "Gas standards for nitrogen dioxide - Current status and new developments" dat is gepubliceerd in Gasworld supplement:

<https://www.gasworld.com/gas-standards-for-nitrogen-dioxide/2013384.article>.

Tevens zijn diverse onderdelen besteld zoals gas purifiers en gecoat mass flow controllers.

Energiemanagement van elektrische spoorwegsystemen

Dit project is in september 2017 van start gegaan. De kick-off meeting in Turijn is bijgewoond en er is een eerste versie van een DC-referentiemeetopstelling voor stroommetingen gerealiseerd. Daarnaast is er onderzoek gedaan naar principes voor metingen aan reversibele onderstations (RSS). Door vertrek van medewerkers zijn er minder uren gewerkt dan voorzien, waardoor het werk aan een AC-referentieopstelling moest worden doorgeschoven naar 2018.

kQ-factoren in moderne radiotherapie

Dit project is gestart op 1 mei 2017. De bijdragen van VSL waren in WP1, kQ voor kV x-rays, als WP-leider en WP2, kQ voor MV-fotonen.

In WP1 lag de nadruk op WP-coördinatie, inclusief communicatie met de belangrijkste stakeholder en norminstituut, de IAEA. Er is een substantiële aanpassing gemaakt in Annex 1 als gevolg van een verzoek van de IAEA. Deze aanpassing waarborgt de nieuw kQ-aanpak middels de validatie van dosis-in-water metingen op basis van de traditionele air-kerma route en ICRU90 (met name interessant voor die landen waar nog geen Dw-standaarden beschikbaar zijn). De gevolgen binnen het project zijn: extra kalibraties voor air-kerma, in principe routine werk, en de analyse van deze extra resultaten. Ter compensatie van dit extra werk is het aantal typen ionisatiekamer teruggebracht van 4 naar 3 (d.w.z. van 20 naar 15 serienummers) bij gelijkblijvend aantal röntgenkwaliteiten.

In WP2 lag de nadruk op het voorbereiden en meten van k- factoren in de klinische versnellers bij het AVL in Amsterdam (uitgevoerd in oktober en november 2017 voor 15 serienummers van 3 typen ionisatiekamers 4 MV fotonenbundels) en de klinische versneller bij de consortiumspartner DTU (gepland voor april en mei 2018). Een voorbereidend bezoek heeft plaatsgevonden aan VSL in augustus 2017. Tot slot is er een manuscript ingediend bij Physics in Medicine and Biology met betrekking tot in 2014 uitgevoerde kQ-metingen bij het AVL in dezelfde klinische versneller voor typen ionisatiekamers (8 serienummers). Het manuscript is na een 'minor revision' geaccepteerd voor publicatie in 2018.

Metrologie voor dunne, complexe materialen

Binnen dit project zal VSL, samen met Europese partners, een nieuwe breedbandige optische scatterometer ontwikkelen, die nanostructuur materialen kan karakteriseren in een golflengtegebied van 400 nm t/m 1000 nm. Dit zal niet alleen de geometrie van materialen kunnen bepalen, maar ook fysieke grootheden, zoals absorptie en brekingsindex. Dit wordt een wereldwijd uniek instrument, gezien de meetmogelijkheden en eigenschappen.

Het project is op 1 juli 2017 begonnen. Tot nu toe is er aan de achtergrondkennis gewerkt door het lezen en onderzoeken van de bestaande literatuur. Er is een conferentie (Face2Phase, Science Centre Delft, 9-11 oktober 2017) over de fase-gevoelige optische methode bijgewoond. Dit was een goede gelegenheid om in contact te komen met potentiële stakeholders en wetenschappers, die in dit veld werkzaam zijn.

Metrologie voor aardobservatie en klimaat

Optische meetinstrumenten zoals spectroradiometers leveren een belangrijke bijdrage aan het wereldwijd verkrijgen van klimaatdata, zowel vanuit de ruimte als vanaf de aarde. Dit project richt zich op het leveren van herleidbaarheid aan spectroradiometers, waarmee (direct of indirect) Essential Climate Variables (ECVs) worden gemeten. Hiervoor zal een faciliteit voor radiantiemetingen worden ontwikkeld met een beoogde meetonzekerheid van 0,5-2% (golflengte-afhankelijk) voor een zeer breed golflengtegebied (270-2400 nm). Ook zal herleidbaarheid geleverd worden aan een spectrometer voor mesopause metingen, d.m.v. een verstembare lasergebaseerde radiantiebron bij 1,55 μm , met een beoogde onzekerheid van 1%.

Het project is op 1 september 2017 gestart met de selectie van een breed-verstembare laser voor een laser-gebaseerde radiantiebron en het ontwerp van een meetmethode voor de kalibratie van een dergelijke radiantiebron (WP1). In dit ontwerp wordt de herleidbaarheid voor radiantiemetingen gerealiseerd door een combinatie van herleidbaarheid van een detector naar de primaire detectorstandaard (ACR) en de kalibratie van diverse geometrische parameters (apertuurgroottes en afstanden). Voor het ontwerp is een schatting gemaakt van de verwachte signaal-ruisverhouding en de daarmee samenhangende meetonzekerheid voor 3 verschillende detectoren, die samen het golflengtegebied van 270-2400 nm afdekken. Dit is gebeurd in samenwerking met TNO. De ontwerpfase loopt nog door in 2018. Met de ontwikkeling van de verstembare radiantiebron voor de mesopause spectrometer bij 1,55 μm (WP2) is nog niet gestart.

Metrologie voor luchtvervuilende emissies

Dit project is gestart op 1 juni 2017 in samenwerking met een aantal Europese partners en bevat voor VSL drie onderdelen:

- Het onderzoeken en valideren van hyperspectrale technieken (chemie) voor een simultane detectie en kwantificering van meerdere componenten in schoorsteen gas.
- Het bepalen (en verkleinen) van de meetonzekerheid (flow) als gevolg van wandeffecten en obstructies.
- Het onderzoeken van het gebruik van meervoudige sensoren voor debietmeting (flow) in schoorsteen gas.

Er is een overzicht gemaakt van de beschikbare hyperspectrale technieken voor het meten van gasemissies. Tevens is er een ontwerp gemaakt voor een lichtbron voor de kalibratie en karakterisering van dit type instrumenten. Een aantal onderdelen voor de te ontwikkelen lichtbron is besteld. Ten slotte is er contact met een milieudienst over samenwerking op het gebied van hyperspectrale technieken voor emissie metingen in de industrie.

Een testrapport is geschreven, in lijn met de recent gepubliceerde EN 16911-1, voor de bepaling van de onzekerheid bij het gebruik van L-type en S-type pitot tubes. De experimenten hiermee worden begin 2018 uitgevoerd. Ook is een draftversie van het testprotocol voor het gebruik van meervoudige sensoren geschreven.

SBO Basisbeheer en Beheerontwikkeling

Chemie

Het jaar 2017 was voor Chemie een uitdagend jaar met onder andere de afronding van een groot aantal Europese onderzoeksprojecten (EMRP-projecten voor oxy-VOCs, NH₃, kwik, broeikasgas, LNG en biogas), waarin de afdeling in alle gevallen een rol van coördinator en/of werkpakketleider had. Parallel aan de afronding hiervan zijn ook weer nieuwe projecten gestart (EMPIR-projecten voor emissies, NO₂, LNG, kwik, waterstof en biomethaan) en is gewerkt aan de projectvoorstellen voor twee EMPIR projecten (moleculaire contaminatie en meetonzekerheid), die in 2018 zullen starten.

De resultaten van de Europese projecten zijn onder andere terug te zien in de verkiezing van beste presentatie (voor kwik) en beste poster (voor oxy-VOCs) bij het GasAnalyseSymposium 2017. Een ander highlight is de uitreiking van de "CITAC paper-of-the-year" award voor een publicatie over zero gas, waar diverse medewerkers van Chemie als co-auteurs nauw bij betrokken waren.

Het beheer is conform planning uitgevoerd. De resultaten van de RvA-audit waren bevredigend. Er waren 5 afwijkingen, vooral administratief van aard (kleine wijzigingen in de werkinstructies). Geen ervan heeft een grote inspanning gevergd om op te lossen.

Bij automatisering hebben de projectleider en IT-coördinator SCRUM ingevoerd als ontwikkelmethode voor software. Het eerste project dat conform deze methode is uitgevoerd, heeft tot een betere samenwerking tussen gebruikers en automatiseerders geleid en is uiteindelijk de kwaliteit van de software ten goede gekomen. Verder zijn er van alle programma's weer compileerbare broncodes.

Een punt van aandacht blijft de capaciteit binnen de technologie. Vanwege deze tekorten is een aantal activiteiten bij automatisering (2.3.1), verbetering bestaande faciliteiten (2.3.2) en de bouw van een nieuwe automatische weegopstelling (2.3.3) niet afgerond. Voor 2018 is de capaciteit weer op orde.

Eind 2016 is er voor de JCGM WG1 een presentatie gegeven over Bayesiaanse type A evaluatie van standaardonzekerheid. Deze presentatie is uitgewerkt tot een paper, die is aangeboden aan *Metrologia*. De paper beschrijft methoden voor gemiddelde en standaarddeviatie, variantieanalyse, lineaire kleinste kwadraten en ISO 6143-type regressie. De Bayesiaanse variantieanalyse is verder uitgewerkt en in project "Standaarden en software voor validatie aardgas analysers" (zie 2.3.6) succesvol toegepast en is gepubliceerd in *Accreditation and Quality Assurance* **22** (2017), pp. 307-319. Ook is de Bayesiaanse statistiek gebruikt in drie trainingssessies op het gebied van zuiverheidsanalyse, die VSL verzorgd heeft in Delft, Ispra (Italië) en Helsinki (Finland).

NPL heeft samen met VSL een artikel gepubliceerd in *Metrologia* **54** (2017) L11–L18, getiteld "On the traceability of gaseous reference materials". Dit artikel vloeide onder meer voort uit de activiteiten in ISOTC158/WG2, waar onder leiding van VSL een norm over de metrologische infrastructuur en kwaliteitsborging in de gasanalyse (ISO 14167) wordt ontwikkeld. Binnen ISOTC158/WG3 heeft VSL de projectleiding gehad voor het reviseren van ISO 19229 voor het uitvoeren van zuiverheidsanalyse. In 2017 zijn de comitee draft (CD) en de draft ISO-standard (DIS) geschreven. Publicatie van de norm zal naar verwachting in 2018 plaatsvinden.

Bij de diverse key comparisons is er voor de meeste vergelijkingen voldoende voortgang (uitvoeren van metingen, dan wel beoordeling Draft A/B rapportages). De afgeronde comparisons geven goede resultaten voor ozon, formaldehyde en propaan. Een aantal comparisons zijn later gestart dan verwacht, of zelfs nog helemaal niet zijn gestart, door vertraging bij de zusterinstituten. De vertraging die was ontstaan in CCQM-K117 NH₃, door het tekort aan geschikte cilinders bij de leverancier, is door een stevige inzet in december weer grotendeels ingelopen. Bij de metingen is dankbaar gebruik gemaakt van de nieuwe meetmethode, zoals deze is ontwikkeld in het Research- en EMRP-project "Ammoniak in buitenlucht"

De bouw van de multifunctionele weegrobot voor 10 L cilinders en massastukken tot 20 kg is gereed voor wat betreft het wegen van gascilinders. Er wordt een standaardonzekerheid van 1 mg – 1,5 mg gehaald. De afbouw ten behoeve van Massa en Druk is grotendeels afgerond in de tweede helft van 2016. De validatiemetingen wachten nog op onderleggers voor de massastukken.

In het project “Metrologie voor LNG” is een kalibratiestandaard voor LNG-samenstelling gerealiseerd. De proeven met deze standaard starten in 2017. Voor het methaangetal zijn de eerste resultaten binnen.

De publicatie getiteld “Validation of ISO 6974 for the measurement of the composition of hydrogen-enriched natural gas” door A.M.H. van der Veen, P.R. Ziel en J. Li in International Journal of Hydrogen Energy **40(46)** (2015), pp. 15877-15884 (nog voortvloeiend uit het EMRP-project “Karakterisering van Energiegassen”, dat liep van 2010 tot en met 2013) is onderscheiden met de CITAC Best Paper Award 2015.

De resultaten van de deelname aan CCQM-K137 (zuiverheidsanalyse), BIPM.QM-K1 (ozon) en CCQM-K116 (water) zijn bevredigend.

Elektriciteit

DC en Laagfrequent

Het basisbeheer is vrijwel volgens planning verlopen. Alle opstellingen zijn herleidbaar en beschikbaar voor kalibraties.

Het EMPIR-project “Metrologie voor de elektrische vermogensindustrie” is in 2015 gestart. Hierbij ligt de nadruk op herleidbaarheid van transformatorverliesmeetopstellingen, waarvoor de eerste kalibratie onder accreditatie heeft plaatsgevonden. In 2016 is het EMPIR-project “Waveform metrology met AC Josephson spanningen” gestart. Dit jaar lag de nadruk op het bepalen van de impedantiemismatch van de onderdelen van de opstelling, waarvoor een peer reviewed paper is ingediend. Het EMPIR-project “ROCOF metingen in intelligente netten”, is gericht op standaardisatie en is eveneens gestart in juni 2016. Hierbij is o.a. een bijdrage geleverd aan de nieuwe IEEE/IEC-standaard. Het project, “Metrologie voor elektriciteitsnetten”, is een vervolg op drie EMRP-projecten, die in 2017 zijn afgerond (zie de Research tussenrapportage 2017). Er is een verbeterde terugkoppellus ontwikkeld, waarmee de ruis onder industriële on-site condities is verlaagd van meer dan 30 μ rad naar minder dan 10 μ rad. Door een aantal extra verbeteringen, onder andere het verwijderen van DC offsets in het spanningssigitaal, is de ruis onder labcondities verlaagd naar minder dan 5 μ rad. De opstelling is na kalibratie nauwkeurig op ongeveer 25 μ rad in fasehoek – beter dan de beoogde 30 μ rad.

Voor de Key Comparisons zijn in 2017 geen metingen uitgevoerd. Voor het vergelijk voor weerstand bij 10 M Ω en 1 G Ω is een nieuwe onzekerheidsberekening gedaan en is de VSL rapportage afgerond. Voor LF-vermogen bij 50 Hz zijn enige voorbereidingen getroffen samen met de coördinator (CENAM, copilots PTB en VSL), maar is de uitvoering van de metingen uitgesteld naar 2018. Voor AC-ratio (CT's) is bijgedragen aan het opstellen van een draft B versie van het rapport. Het AC-hoogspanningsvergelijk is afgerond. De VSL-resultaten zijn goed.

Hoogfrequent

Het basisbeheer van Hoog Frequent (HF) en Elektromagnetische (EM) velden is volgens plan uitgevoerd. Alle opstellingen zijn herleidbaar en beschikbaar voor kalibraties. Accreditatie voor HF power is uitgebreid van 18 GHz naar 50 GHz meetbereik.

Er is één EMPIR-ontwikkelingsproject op het gebied van hoogfrequent. Het project richt zich op het realiseren van herleidbaarheid voor hoogfrequent on-wafer metingen aan nanocomponenten. VSL is in samenwerking met de TU Delft erin geslaagd een onwafer probing-station te ontwikkelen. Deze wordt ingezet voor het verwezenlijken van onwafer S-parametermetingen aan micro- en nano-schaal componenten.

De VSL-expert elektromagnetische veldmetingen heeft in december 2017 VSL verlaten. Er is een opvolger aangenomen en deze wordt momenteel ingewerkt op het desbetreffende vakgebied.

Ioniserende straling

In 2017 is de installatie, commissioning en validatie van de nieuwe röntgenbuis voor medium-energetische röntgenstraling en de setup uitgevoerd. Hierbij is tegelijkertijd het beheerprogramma

voor deze faciliteit volledig uitgevoerd. Daarna is opnieuw gestart met de kalibratiediensten op deze faciliteit. Het beheer voor de Gammatron Co-60 faciliteit en de DIR (stralingsveiligheid)faciliteit is uitgevoerd

Het EMPIR-project “Metrology for MR guided Radiotherapy (MRgRT)” wordt door VSL gecoördineerd en is in 2016 van start gaan. In april 2017 is in een meetserie van vier weken de correctiefactor voor het magneetveld k_B bepaald door de directe kalibratie van een set ionisatiekamers onder verschillende oriëntaties tegen de VSL watercalorimeter in de MRI linac (van het UMC, Utrecht) met en zonder magneetveld. Dit is de eerste keer dat dit wereldwijd is gedaan. De eerste analyse laat zien dat de resultaten goed overeenkomen met de initiële metingen die in 2015 zijn uitgevoerd waarbij alleen in de aanwezigheid van het magneetveld is gemeten. De set ionisatiekamers is in een tweede meetsessie in de MRI linac van Christie hospital in Manchester gemeten ter validatie van de onderlinge consistentie van de kamers en voor de cross kalibratie van de meetapparatuur van NPL en PTB. Definitieve resultaten en publicatie van de k_B -metingen zullen in 2018 bekend worden, respectievelijk plaatsvinden.

Verder is in het kader van dit project in 2017 de installatie van de verplaatsbare elektromagneet afgerond en de kalibratie van het magneetveld van de electromagneet uitgevoerd. In de tweede helft van 2017 is de ontwikkelde benchmarktest voor detector response simulaties in de aanwezigheid van een magneetveld uitgevoerd met de PENELOPE code. Vanwege problemen met de invoerfiles met materiaaleigenschappen zijn nog niet alle simulaties uitgevoerd. Wel laten de eerste resultaten zien dat de code een afwijking kleiner dan 0,1 % van de benchmark kan halen voor een eenvoudige detectorgeometrie. Resultaten voor meer complexe geometrieën worden begin 2018 verwacht.

Het rapport van de Key comparison BIPM.RI(I)-K6 is geaccepteerd en gepubliceerd. Voor de vergelijkingen Euramet-1285 en Euramet-1132 is commentaar op de draft rapportage geleverd. Het definitieve rapport voor deze vergelijkingen wordt in 2018 verwacht. De metingen voor de bilaterale vergelijking met NPL, “Dosis in water voor MeV elektronen” zijn uitgevoerd en geanalyseerd. De metingen voor de vergelijkingen BIPM.RI(I)-K1 en BIPM.RI(I)-K4, voorafgaand aan de metingen door BIPM, zijn uitgevoerd. De metingen achteraf en de analyse en rapportage zullen uitgevoerd worden, wanneer de meetinstrumenten in januari 2018 terugkomen van BIPM.

Massa, Druk en Viscositeit

Het beheer voor Massa, Druk en Viscositeit is conform de planning uitgevoerd. De nieuwe dichtheidsmeter DMA 5000M is gevalideerd. De kalibratie van de rheometer is volgens de betreffende ISOstandaard uitgevoerd en de meetonzekerheid is geëvalueerd. De set-ups voor de kalibratie van torque, temperatuur en rotatie zijn ontworpen. Deze kalibraties zullen in 2018 worden uitgevoerd.

Zowel het CCM.V-K3 en als het EURAMET 1179 vergelijk (viscositeit van vloeistoffen en druk) zijn met uitstekende resultaten afgerond. Een nieuw vergelijk EURAMET.MM-K4 (1 kg massastuk) is gestart.

Lengte

Het uitvoeren van de interne kalibraties en het onderhoud zijn in grote lijnen conform schema verlopen. Er is bij Lengte extra werk verzet met betrekking tot kwaliteit in verband met de RvA-audit in maart, die succesvol is verlopen. Er werden bij Lengte drie afwijkingen geconstateerd, die zijn opgevolgd. Twee van de drie afwijkingen zijn geheel afgerond, de andere afwijking is nagenoeg afgerond, waarvoor nog een bevestiging van de vernieuwde meetmethodiek dient te worden verkregen als onderdeel van een ringvergelijk. Tevens is er bij Lengte een noodzakelijke extra inspanning geleverd ter verbetering van de kleinehoekgenerator in verband met een zelf geconstateerde afwijking buiten het onzekerheidsbudget.

Er zijn drie verbeterprojecten uitgevoerd. Het verbeterproject voor het opleggen van meetobjecten voor de CMM is succesvol uitgevoerd. Er wacht nog een definitieve validatie als onderdeel van het ringvergelijk voor diameterstandaarden (EURAMET L-K4). Het verbeterproject voor de kleinehoekgenerator met betrekking tot de automatisering van de faciliteit is succesvol uitgevoerd. Echter, gedurende de validatie kwam een vorig jaar opgelopen mechanische verzwakking van de opstelling aan het licht, waardoor de gewenste onzekerheid niet gerealiseerd kon worden. De opstelling is daarom herzien en nauwkeurig gevalideerd, wat als extra taak van het project is beschouwd en waarvoor extra budget benodigd was dat gecompenseerd is uit budget voor de key

comparisons. Het verbeterproject voor de kalibratie van laserinterferometers is eveneens succesvol uitgevoerd, een nieuwe interferometermodule is aangeschaft en de integratie van de kalibratiefaciliteit in de bakenbankmeetopstelling is mogelijk gemaakt, tevens is er een klimaatregistratiestation voor de opstelling beschikbaar gemaakt en zijn er verscheidene tests uitgevoerd met het opvouwen van het lichtpad als alternatief in geval van lange afstandsmetingen.

Er is in 2017 gewerkt aan vier onderzoeksprojecten binnen KP7, EMPIR, en H2020. Het KP7-project "SNM" is succesvol afgerond en stond in het teken van AFM. Er is een grote mate van metrologische ondersteuning geleverd en bewustwording gegenereerd bij projectpartners en binnen de halfgeleiderindustrie. De reguliere en 3-dimensionale AFM-metingen zijn aanzienlijk verbeterd en de onzekerheidsbudgetten zijn opgesteld. Grote vooruitgang in modellering draagt bij aan een verlaging van de onzekerheid van de meting. Het netwerk binnen de halfgeleiderindustrie is uitgebreid en de naamsbekendheid van VSL voor nanometrologie is vergroot. De ptychografische testopstelling en de reconstructiesoftware zijn grotendeels afgerond voor het EMPIR-project "Metrologie voor massief parallelle fabricagetechnieken". De methodiek en opstelling zijn uitgebreid gekarakteriseerd. De transferstandaard is gerealiseerd, en eveneens gekarakteriseerd. Het project ligt op schema en zal in 2018 afgerond worden met rapportage en publicaties. Binnen het EMPIR-project "Herleidbare 3D nanometrologie" zijn vorderingen gemaakt met betrekking tot de definitie en realisatie van het referentiemateriaal. Ook is de methodiek voor tip-karakterisatie en daar aan gekoppelde compensatie verder doorontwikkeld voor een arbitraire vorm van de AFM-probe. Verder is de 3D-AFM verder doorontwikkeld en zijn de mogelijkheden voor alternatieve 3D-scanstrategie bestudeerd. Meetdata is beschikbaar van een periodieke teststructuur voor de hybride metrologie van de scatterometer en AFM met als doel het benutten van de extra beschikbare informatie. Het H2020-project "Hybride 3D-fabricagemethoden" is in april van start gegaan en bestond in 2017 uit het afstemmen van de werkzaamheden binnen het project en het verlenen van metrologische ondersteuning en verdieping voor de meetmethodiek en ontwerp van het gecombineerde fabricage-/meetinstrument.

M.b.t. de key comparisons is de eindrapportage voor Diameterstandaarden (Euramet L-K4 supplement) geprepareerd, en zijn er metingen verricht voor het vervolg van het ringvergelijk diameterstandaarden (Euramet L-K4). De eindrapportage van de ringvergelijken voor rondheidsstandaarden en laserafstandsmeters zijn gereed en gepubliceerd (Euramet L-S23, L-S25). Bovendien zijn er testmetingen uitgevoerd ten behoeve van het vergelijk met een stappeneindmaat (Euramet L-K5). Bij enkele ringvergelijkingen wordt nog gewacht op communicatie van de rapportage (Euramet L-K3, CCL-NANO6) of van het meetobject (Euramet 1239) van de coördinerende laboratoria. Het nog zelf op te starten ringvergelijk voor hoeken vervalt na revaluatie van de relevantie voor de markt. Het ringvergelijk voor kogels (Euramet L-Sxx) is gereed gemaakt voor uitsturing naar de participerende NMI's, het protocol en de reeds gemeten data van de artefacten zijn gecontroleerd en geanalyseerd.

Thermometrie

Het beheer van de standaarden is conform de planning uitgevoerd. Op het gebied van de metrologische infrastructuur zijn alle internationale (EURAMET TC-T en BIPM CCT) vergaderingen bijgewoond met relevante bijdragen van de temperatuurgroep.

De activiteiten binnen het project over relatieve vochtigheid bij hoge temperaturen (tot 180 °C) en transient conditions heeft vertraging opgelopen. Verschillende methodes zijn onderzocht om een dauwpunttemperatuur van 150 °C te realiseren. Een benadering gebaseerd op het vervangen van water door olie in externe verzadiging, was succesvol. Met deze aanpassing is de RvA-accreditatie uitgebreid tot 150 °C. Voor de transient conditions is na onderzoek van de responstijden in de drukkamer een alternatieve activiteit afgesproken.

De metingen voor de tweede groep van thermometers in de EURAMET.T-K9 key comparison (vaste punten van Ar t/m Zn) zijn afgerond. De metingen zijn geanalyseerd en zijn gerapporteerd aan de pilot. Voor CCT-K9 heeft NIST (pilot) een progress report gemaakt en is commentaar op het Draft A rapport opgestuurd.

Optica

Het basisbeheer voor Radiometrie en Fotometrie is volgens plan uitgevoerd. Voor Radiometrie lag de nadruk op het in beheer nemen van twee nieuwe lampstandaarden voor de spectrale irradiantie faciliteit en de primaire schaalrealisatie met de absolute cryogene radiometer (ACR) voor het

zichtbare deel van het spectrum. De projectonderdelen Kwaliteit en Metrologische Infrastructuur zijn volgens planning uitgevoerd. Het kwaliteitssysteem van Optica is door een externe auditor beoordeeld. Er is een uitbreiding van de RvA-scope aangevraagd en begin 2017 is de nieuwe CMC-lijst van Optica gepubliceerd in de Key Comparison Database (KCDB) van BIPM.

Het aan EMRP gerelateerde project "Metrologie voor aardobservatie en klimaat" is afgerond met een aantal presentaties en een (nog te verschijnen) publicatie. De ontwikkelde filterradiometer voldoet aan de eisen en is ingezet om herleidbaarheid te leveren aan een reisstandaard voor radiantie. Binnen het aan EMPIR gerelateerde project "Toekomstige fotometrie voor SSL-producten" is de AC/DC-elektronica voor de LED-standaard gebouwd. Deze voldoet aan de eisen. De specificaties voor de te bouwen luminous-flux standaard zijn opgesteld en de metingen van de homogeniteit van de coating van de 3m bol zijn voorbereid.

Binnen het project "Verbetering bestaande faciliteiten" zijn de werkzaamheden m.b.t. de verbetering van de faciliteiten voor lichtstroom en lichtsterkte afgerond. Dit is uitgevoerd in plaats van het projectonderdeel over fluorescentie van de 3m bol. Daarnaast is de RIGO-goniometer voorzien van een spectrometer, waardoor het nu mogelijk is ook met dit instrument lichtstroom te meten. In het kader van het ontwikkelproject 'Automatisering' zijn diverse ondersteunende activiteiten uitgevoerd, waaronder het automatiseren van de lineariteitsopstelling en het uitlezen van een array spectrometer voor kalibratie met de ACR-opstelling.

Voor de comparison waarvan VSL pilot is (spectrale responsiviteit 900-1600 nm, K2a), zijn extra metingen uitgevoerd voor bepaling van de temperatuurgevoeligheid van de detectoren, zijn scripts geschreven voor de data-analyse en is een start gemaakt met het opstellen van het pre-draft A rapport. Voor de UV comparison (S4) is het pre-draft A rapport beoordeeld en voor de filter comparison (K6) zijn de metingen uitgevoerd en gerapporteerd.

Tijd- en Frequentiestandaarden

In 2017 is het reguliere beheer van de tijd- en frequentie faciliteiten volgens plan uitgevoerd. Alle klokken zijn operationeel en er zijn vrijwel geen storingen geweest in de meetsystemen. In het begin van het jaar is een nieuwe micro-phase stepper aangeschaft en geïnstalleerd, waarmee de back-up tijdschaal voor UTC(VSL) weer volledig operationeel is.

Belangrijke internationale vergaderingen en bijeenkomsten waarin VSL was vertegenwoordigd, waren de EURAMET TC-TF vergadering in maart in San Fernando, Spanje, de CCTF vergadering in juni bij BIPM en de EFTF-IFCS conferentie in juli in Besançon, Frankrijk.

Bij de uitvoering van ontwikkelingsprojecten is enigszins afgeweken van het oorspronkelijke plan. In het kader van nieuwe Europese regelgeving voor financiële instellingen met betrekking tot timestamping van transacties, heeft VSL zich gericht op verbetering en uitbreiding van faciliteiten voor disseminatie van tijdsignalen via Ethernet en glasvezelnetwerken.

Deelname aan het continu Key Comparison CCTF-K001.UTC is volgens plan uitgevoerd.

Volumetrie

Het beheer aan de reguliere lage druk gas standaarden is volgens plan verlopen. Echter, (metrologisch) onderhoud aan de Meetstraat en het operationeel maken van de APPs is niet gehaald (vooral vanwege tegenvallers bij hoge druk gas). Voor hoge druk gas hebben de GOPP en TraSys een technische upgrade gekregen waarmee de flexibiliteit en functionaliteit sterk zijn verbeterd. Daarnaast zijn TraSys en enkele transferstandaarden opgewerkt en ingezet voor Euroloop en andere commerciële projecten. De genoemde resultaten hebben wel significant meer middelen gekost dan oorspronkelijk begroot. Het beheer van de vloeistofstandaarden is volgens plan verlopen. De nieuwe weegschaal voor waterflow, de massameter en de inline dichtheidsmeter werken alleen nog niet optimaal en er wordt samen met de fabrikant(en) gewerkt aan oplossingen.

Het ontwikkelproject "Metrologie voor het reguleren van industriële emissies" is succesvol afgerond met o.a. een veldtest, waarin de respons van een IR (infrarood) VOC (Volatile Organic Compounds) camera vergeleken is met traditionele sniffingtools. In het "Perfusion" project is een optimaal ontwerp van het fantoom gemaakt op basis van CFD-berekeningen. Kwalitatief kwamen deze resultaten overeen met de PIV-metingen van de TU Delft. Voor uitbreiding van de range van de microflowfaciliteit is de benodigde hardware aangeschaft. Voor het project "Verlagen

onzekerheid primaire standaard (LNG)" is een deflectie-compensatie systeem gerealiseerd. Doordat het systeem vooralsnog niet voldoende stabiel is kan de gewenste reductie in (weeg)onzekerheid echter vooralsnog niet aangetoond worden. Een mogelijk alternatief systeem voor het bereiken van dit doel is de realisatie van de lekvrije snelkoppeling in de LNG-vulslang.

De automatisering van de waterflowfaciliteiten is tot nader order uitgesteld omdat nog niet duidelijk is in welke vorm deze faciliteit verhuisd zal worden van Dordrecht naar Delft. Voor de Bell Prover (primaire standaard lage druk gas) is een ontwerp gemaakt, de benodigde hardware besteld en nieuwe software ontwikkeld. Begin 2018 wordt de Bell Prover daadwerkelijk geüpgraded en worden de nieuwe elementen getest en gevalideerd.

Voor de lopende ringvergelijkingen zijn verschillende activiteiten uitgevoerd. Voor de volgende ringvergelijkingen zijn de resultaten van VSL consistent met de '(key) comparison reference value': K3 (windsnelheid 1 tot 40 m/s), project 1284 (1000 L volume) en project 1333 (lage druk gas 1.000 tot 10.000 m³/h). Voor project 1379 (vloeistof 0,5 tot en met 10 kg/h) waren de resultaten consistent voor 4 tot 10 kg/h, voor 0,5 en 2 kg/h waren de resultaten niet consistent en wordt gezocht naar een oplossing.

Metrologische infrastructuur

Alle relevante nationale en internationale vergaderingen zijn bijgewoond, waaronder de bijeenkomsten van EURAMET, EMPIR, CIPM, Fenelab en de Raad van Deskundigen (RvD). De definitieve werkplannen SBO en Research 2017 zijn ingediend en door EZ gecommiteerd. De eindrapportages SBO en Research 2016 zijn eveneens ingediend. Deze zijn met de RvD besproken en door EZ goedgekeurd. De tussenrapportages SBO en Research 2017 zijn tijdig opgesteld en met EZ en de RvD besproken. Daarnaast zijn eind 2017 ook de draft werkplannen voor SBO en Research 2018 opgesteld en met de RvD besproken.

In maart 2017 heeft een herbeoordeling door de Raad voor Accreditatie plaatsgevonden. Een team van 9 buitenlandse vakdeskundigen heeft deze audit op ISO/IEC 17025 en ISO/IEC 17043:2010 en ISO Guide 34 uitgevoerd. Het VSL kwaliteitmanagementsysteem (par. 4 van ISO 17025) heeft 2 non-conformities gekregen en voor de technologieën zijn er 38 non-conformities gegeven, die relatief beperkt en eenvoudig op te lossen waren. Door de steering committee van de technische commissie Kwaliteit van Euramet, de TC-Q is het QMS van VSL weer voor 4 jaar geaccepteerd.

Binnen het project "Beheer metrologische automatiseringsinfrastructuur" zijn alle relevante softwarepakketten en databases onderhouden en up-to-date gehouden.

Key Comparisons

Chemie

Nummer	Omschrijving	Loop-tijd	Coörd.	Status	Uren 2017	
					Begr. 2017	Real. 2017
CCQM-K90	Formaldehyde	2012-2017	BIPM/ VSL	Eindrapport is gepubliceerd.	8	4
Euramet 708	Ethanol	2016-2017	NIST/ VSL	Comparison is uitgevoerd, alleen zijn de resultaten niet bevredigend. Overleg over vervolgacties loopt.	16	17
Euramet 708	Nulgas	2014-2017	NIST/ VSL	Cilinders zijn naar NIST gestuurd en de metingen zijn daar gestart.	56	26
Euramet 708	Propaan	2016-2017	NIST/ VSL	Geschrapd, is afgedekt door CCQM-K111	32	2
Euramet 708	Stikstofdioxide	2016-2017	NIST/ VSL	100 ppm mengsel naar NIST gestuurd voor analyse.	16	32
Euramet 708	Zwavedioxide	2014-2017	NIST/ VSL	Gewerkt aan rapportage.	12	7
CCQM-K111	Propaan in stikstof	2014-2017	VSL	Eindrapport is gepubliceerd.	4	7
Euramet.QM-K111	Propaan in stikstof	2014-2017	VSL	Eindrapport is gepubliceerd.	4	4
CCQM-K112*	Biogas	2014-2017	VSL	Uitwerken meetdata, draft B rapport is nog niet af.	32	44
CCQM-K116	Water in stikstof	2015-2017	NPL	Beoordeling draft B rapport uitgevoerd.	8	4
CCQM-K117**	Ammoniak in stikstof	2015-2017	VSL / NIST	Mengsels zijn geanalyseerd en naar NIST verstuurd.	100	93
CCQM-K118	Aardgas	2014-2017	BAM/ VSL	Analyse van de 2 ^e set transfer-standaarden is uitgevoerd.	64	50
CCQM-K119	LPG	2015-2018	NPL	Beoordeling draft B rapport uitgevoerd.	8	1

CCQM-K120	Koolstofdioxide in buitenlucht	2016-2018	BIPM	Heranalyse mengsels is uitgevoerd na terugkomst van BIPM. Het wachten is op draft A rapport.	16	20
CCQM-K131	Zuiverheidsanalyse	2015-2017	NIST	Beoordeling draft B rapport uitgevoerd.	8	0
Euramet 1220	Zuiverheidsanalyse waterstof	2014-2017	NPL/ VSL	Afronden rapportages voor NMIs wacht op input NPL.	4	3
BIPM.QM-K1	Ozon	2015-2017	BIPM	Eindrapport is gepubliceerd.	8	16
Euramet 1305***	C6 en C7 isomeren in aardgas	2015-2017	Bilateriaal met NPL	Rapportage wacht op resultaten van NPL.	20	29
CCQM-K41.2017	Waterstofsulfide	2017-2019	KRISS	Deelname wacht op start key comparison.	40	0
CCQM-K137	Stikstofmonoxide	2017-2019	BIPM	Mengsels bereid en naar BIPM gestuurd. Het wachten is op draft A rapport.	40	17
CCQM-K10.2017	Monocyclische aromaten	2017-2019	NIST	Deelname wacht op start key comparison.	60	0

Toelichting:

* CCQM-K112: heeft vertraging opgelopen en de uitwerking van de meetdata, om tot referentiewaarden te komen, heeft meer tijd gevegd.

** CCQM-K117: aan deze vergelijking is later begonnen dan gepland, vanwege een discussie tussen de deelnemers over de kosten van de gascilinders. In november zijn de cilinders gearriveerd en in december is een grote inhaalslag gemaakt om terug op schema te komen. Hierbij is gebruik gemaakt van de nieuwe analysemethode, die onder het researchproject 'Ammoniak in buitenlucht' is gerealiseerd. De mengsels zijn intussen gemeten en naar NIST gestuurd.

*** Onder Euramet 1305 wordt tevens een vergelijking uitgevoerd voor 5 ppm oxy-VOCs. Dit gebeurt niet onder SBO, maar is uitgevoerd binnen het EMRP/Researchproject 'VOS indicatoren'.

Elektriciteit

Nummer	Omschrijving	Loop-tijd	Coörd.	Status	Uren 2017	
					Begr. 2017	Real. 2017
CCEM.EM-K2.2012	Weerstand 10 MΩ & 1 GΩ	2012-2017	NRC	VSL rapport is afgerond (na herziene onzekerheidsberekeningen).	20	27
CCEM/EURAMET. EM-K5.2012*	LF vermogen 50 Hz	Start pas in 2018	CENAM i.s.m. VSL en PTB	Gestart met voorbereiding	0	7
EURAMET.EM-K12	AC/DC stroom	2010-2017	BEV	Wachten op draft B rapport.	10	5
EURAMET.EM-S35	DC stroom 90 A – 600 A	2013-2017	INRIM	Wachten op draft A rapport.	20	0
EURAMET.EM-S37**	AC Ratio (CTs)	2013-2017	CMI	Bijdragen aan draft B rapport	40	4
CCEM.RF-K5c.CL	S-parameters voor 3,5 mm connector	2013-2017	NMIJ	Commentaar geven op draft A rapport.	20	25
CCEM.RF-K26	Hoogfrequent verzwakking tot 40 GHz	2015-2017	NMIJ	Commentaar geven op draft A rapport.	20	24

Toelichting:

* Voor het vergelijk van LF-vermogen zal de coördinatie gezamenlijk worden uitgevoerd door VSL (analyse en rapportage), PTB (pilotlab) en CENAM (protocol en logistiek). Deze vergelijking was oorspronkelijk begroot op 200 uur, maar zoals in de wijzigingsbrief (Br17023/VF/MP) is aangegeven, zijn de werkzaamheden doorgeschoven naar 2018.

** Voor het vergelijk van AC-ratio heeft de coördinator (CMI) ondersteuning van VSL nodig bij het vaststellen van de resultaten en het schrijven van de rapportage. In overleg met de coördinator is dit tot 2018 uitgesteld.

Ioniserende Straling

Nummer	Omschrijving	Loop-tijd	Coörd.	Status	Uren 2017	
					Begr. 2017	Real. 2017
Euramet 1285	Indirecte vergelijking van air kerma en ge-absorbeerde dosis in water voor Co-60	2014-2017	METAS	Wachten op draft B rapport.	10	10
Euramet 1132	Ambient dose equivalent voor 60 keV iso-narrow en Cs-137 voor dosisrates tussen 10 μ Sv/h – 1 mSv/h	2014-2017	PTB	Wachten op draft B rapport.	10	9
BIPM.RI(I)-K1	Air kerma voor Co-60	2017-2018	BIPM	Metingen vooraf en de metingen door BIPM zijn in december 2017 uitgevoerd.	120	102
BIPM.RI(I)-K4	Dosis in water Co-60	2017-2018	BIPM	Metingen vooraf en de metingen door BIPM zijn in december 2017 uitgevoerd.	140	127
Bilateraal vergelijk met NPL	Dosis in water MeV elektronen	2017	NPL	Metingen en analyse zijn klaar.	40	47

Massa en gerelateerde grootheden

Nummer	Omschrijving	Loop-tijd	Coörd.	Status	Uren 2017	
					Begr. 2017	Real. 2017
EURAMET project 1253	Druk in het bereik 10 Mpa – 100 Mpa	2014-2017	UME	Wachten op draft A rapport.	10	5
CCM.V-K3	Viscositeit	2012-2017	NMIJ	Afgerond, draft B rapport goedgekeurd in mei 2017.	10	0
EURAMET.MM-K4*	1 kg massastuk vergelijk	2017-2019	BEV	Metingen afgerond.	100	104

Toelichting:

-Vergelijking EURAMET.MM-K4 is later aan het werkplan toegevoegd.

Lengte

Nummer	Omschrijving	Loop-tijd	Coörd.	Status	Uren 2017	
					Begr. 2017	Real. 2017
Euramet L-K3a	Hoekmeting (kalibratie van een auto-collimator)	2009-2017	PTB	In afwachting van het draft A rapport.	16	6
Euramet L-K4	Diameterstandaarden	2013-2017	VSL/ INRIM	Eindrapport nagenoeg gereed. In 2017 ook deelgenomen aan het opvolgend ringvergelijk (was in 2016 nog niet bekend), noodzakelijk ter bevestiging van de CMC-claim en de bij de RvA-audit geconstateerde NC.	40	147
Euramet L-K5	1D CMM artefacten	2015-2017	NPL	Testmetingen uitgevoerd, meetartefact voor het ringvergelijk wordt in 2018 naar VSL gestuurd (was nog niet bekend in 2016).	120	23
Euramet L-S23	Rondheidsstandaarden	2014-2017	CEM	Eindrapport gereed.	16	3
Euramet L-S25	Laserafstandsmeters	2014-2017	CEM	Eindrapport gereed.	24	0
Euramet xxx	Hoek (polygoon en hoekeindmaat)	2013-2017	VSL m.b.v. PTB	Voorlopig uitgesteld i.v.m. gebrek aan relevantie voor de markt, gecommuniceerd met deelnemers.	80	16
Euramet L-Sxx	Kogeldiameter	2009-2017	VSL	Meetprotocol en meetdata gecontroleerd, analyse gaande om te bepalen of meer metingen nodig zijn. Communicatie met de deelnemende NMIs.	80	39

Euramet 1239	Oppervlakte- ruwheid met AFM	2014- 2017	PTB	Nog geen meetobject ontvangen.	120	0
CCL-NANO6	Lijnbreedte met SPM	2014- 2017	NIST	In afwachting van draft A rapport.	24	0

Thermometrie

Nummer	Omschrijving	Loop-tijd	Coörd.	Status	Uren 2017	
					Begr. 2017	Real. 2017
CCT-K9	ITS-90 SPRT, calibration from the Ar TP to the Zn FP	2011-2018	NIST	NIST heeft een status-rapport rondgestuurd (mei 2017) en VSL heeft feedback op dit rapport gegeven.	100	114
EURAMET.T-K9**	ITS-90 SPRT, calibration from the Ar TP to the Zn FP	2015-2018	CENAM /VSL	VSL metingen (als co-pilot) zijn afgerond.	200	186

Toelichting:

-Vergelijking EURAMET.T-K9 is de regionale uitbreiding van CCT-K9. VSL is één van de vijf co-pilots.

Optica

Nummer	Omschrijving	Loop-tijd	Coörd.	Status	Uren 2017	
					Begr. 2017	Real. 2017
Euramet.PR-K2a*	Spectrale responsiviteit, golflengte 900 nm tot 1600 nm	2010 - 2017	VSL	Temperatuurafhankelijke responsmetingen zijn uitgevoerd. Scripts geschreven voor analyse meetdata. Gestart met opstellen pre-draft A rapport.	350	391
Euramet PR-S4 (project N443)	Spectrale irradiantie detectoren, golflengte 365 nm	2013 - 2017	LNE	Pre-draft A rapport is eind mei ontvangen. VSL respons is ingestuurd.	20	6
Euramet.PR-K6	Filtertransmissie	2016 - 2018	LNE	1 ^e ronde metingen is uitgevoerd en gerapporteerd, 2 ^e ronde volgt in 1 ^e kwartaal 2018.	150	148

Tijd & Frequentie

Nummer	Omschrijving	Loop-tijd	Coörd.	Status	Uren 2017	
					Begr. 2017	Real. 2017
CCTF-K001.UTC	UTC	Continu	BIPM	Metingen en rapportage zijn volgens plan uitgevoerd.	70	55

Volumetrie

Nummer	Omschrijving	Loop-tijd	Coörd.	Status	Uren 2017	
					Begr. 2017	Real. 2017
K2.2011*	Waterstof en brandstof flow	2014-2018	VSL	Draft A rapport is gepubliceerd, draft B en final report worden begin 2018 verwacht.	0	0
CM-FF-K4	Volume, 20 L	2017-2018	INRIM	Metingen zijn uitgevoerd, maar de resultaten zijn nog niet door pilot lab gerapporteerd.	40	42
CCM-FF-K5C**	Doorlopende harmonisatie hoge-druk aardgas	2015-2018	EuReGa (PTB/ LNE/ FORCE/ VSL)	De metingen zijn uitgesteld vanwege de vertraging van de opwerking van Euroloop.	180	40
KC 1325	Lage druk gas, 5 ml/min tot 30 l/min	2017-2018	MIKES	Metingen zijn uitgevoerd. Resultaten zijn opgestuurd naar pilot lab. Nog geen resultaten bekend.	40	50
EURAMET 1333	Lage druk gas, 1,000 tot 10,000 m ³ /h	2015-2018	VSL	De metingen zijn uitgevoerd, de analyse en rapportage zijn afgerond. Verder heeft NMIA (Australië) deelgenomen als supplement (zonder linking).	60	30
EURAMET PROJECT 1379 (KC-uFlow)	Micro-flow, 0,5 l/h tot 2 l/h	2017-2018	VSL	De metingen zijn uitgevoerd en de analyse en rapportage zijn uitgevoerd.	60	10

Toelichting:

* K2.2011 was geen onderdeel van het werkplan, maar wordt vermeld omdat Draft A is verschenen.

** De huidige harmonisatie tussen de EuReGa-partners vindt plaats op het niveau van de grote installaties zoals Euroloop. Tussen de primaire standaard (GOPP) en de werkstandaard (Euroloop) zitten tal van kopieerstappen, die ieder een stukje onzekerheid toevoegen. Om nu een harmonisatie te kunnen doen zonder al deze kopieerstappen, zullen de primaire standaarden direct met elkaar vergeleken worden, hetgeen de onzekerheid zal verlagen en het geheel minder afhankelijk maakt van de installaties.