

# Publieke verantwoording overheidscontracten Overeenkomst betreffende het meetstandaardenbeheer en Research 2016

## 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 kwaliteitsborgingsstelsel.

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 **2016** zijn uitgevoerd binnen alle vier de bovengenoemde programmaonderdelen. De totale financiële omvang van de programma's bedroeg in 2016 € 8.278.630 (waarvan € 8.110.630,00 inclusief BTW en € 168.000,00 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, deze heeft vervolgens 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/m<sup>3</sup>, terwijl tegelijkertijd op basis hiervan ook een kwikgenerator is ontwikkeld voor de hoge range (tot 60 µgram Hg/m<sup>3</sup>) 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 Fluoresce 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.

### 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 SilconNert 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 wordt in 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 wordt georganiseerd.

Er was gepland om onder leiding van het JRC (Joint Research Center) in Ispra het draft testprotocol gassensoren te schrijven. Vanwege vertraging bij deze partner is dit nog niet gereed. Ook de draft vergelijkingsprotocollen voor WP2 (oxy-VOS) and WP3 (semi-VOS) zijn nog niet opgesteld door vertraging bij de trekkers van het ringvergelijk (NPL en BAM, respectievelijk). Hier zal begin 2017 aan gewerkt gaan worden. Verder zijn alle impact activiteiten zijn gehaald. Er zijn 6 projectpresentaties/ posters gehouden/gepresenteerd op internationale conferenties (o.a. Pittcon, Indoor Air, ISES).

### **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, werkt goed. 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 metingen gedaan om vast te stellen hoe, als functie van de gassamenstelling, voor de afwijking van deze regelaars kan worden gecorrigeerd. Deze correctie wordt nog verder uitgewerkt. De detectiegrens voor beide componenten ligt beneden 10 nmol/mol.

In 2016 is een opstelling voor het meten van absorptiebuizen (TD-GC/MS) in gebruik genomen. Na opstartproblemen is er een methode voor monocyclische koolwaterstoffen (BTEX) opgezet. Begin 2017 wordt dit werk voortgezet voor gehalogeneerde koolwaterstoffen en siloxanen. Tenslotte is het werk aan de dauwpuntopstelling afgerond en zijn ook de validatiemetingen uitgevoerd. De opgelopen achterstanden in dit project zullen worden ingelopen, waarna alle werkzaamheden in 2017 zullen worden afgerond, inclusief het schrijven van een publicatie.

### **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 testen hiervan zijn gestart.

In 2015 en 2016 zijn verdere stabiliteitsmetingen aan mengsels ammoniak in stikstof uitgevoerd en zowel op het 10 micromol/mol en het 100 micromol/mol niveau is gedurende 18 maanden geen instabiliteit geconstateerd. De meetonzekerheid bedraagt 0,35%. 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. Analyse van een set mengsels is nu mogelijk 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. In de loop van 2017 gaat VSL deze cilinders ook inzetten voor het standaardenbeheer. De bijbehorende kwaliteitsdocumenten worden begin 2017 aangepast. Hiermee wordt de waardetoeikening aan mengsels eenduidiger. 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 CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> en CO, referentiegasstandaarden met een uitdagend lage onzekerheid nodig. VSL werkt aan de realisatie van N<sub>2</sub>O en CH<sub>4</sub>, 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 N<sub>2</sub>O 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 CH<sub>4</sub> en CO<sub>2</sub> is de GC analyse verbeterd met o.a. het gebruik van een grotere sample loop.

Het lange-termijn stabiliteitsonderzoek loopt volgens plan nog door tot april 2017. Na afronding van de laatste metingen zal gewerkt gaan worden 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 2107 (Gas Analyses Symposium, Rotterdam, juni 2017).

### **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 PQ-meters in het Enduris 50kV netwerk geplaatst en via een dataverbinding kan VSL continu 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. Daarnaast zijn er 6 PMUs in het Enduris 50 kV netwerk geplaatst en via een dataverbinding kan VSL continu de PMU-data in het Enduris netwerk monitoren.

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. Vervolgens is een start gemaakt met een vergelijkbare analyse van voortplanting van flicker signalen, die in 2017 zal worden afgerond d.m.v. een paper ter presentatie op de CIREN conferentie. Verder is in mei een presentatie gegeven tijdens de Milestones in Metrology conferentie over power quality en de voortplanting daarvan in distributienetten.

Metingen aan de laboratoriumopstelling voor foutlokalisatie en lijnimpedantie met PMUs laten zien dat de methode in principe werkt. Hiertoe zijn in de zomer twee medewerkers van IMBIH (NMI van Bosnië-Herzegovina) overgekomen voor de analyse van de metingen met hun algoritme. Tevens is hiervoor een nieuwe gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Metingen in het Enduris netwerk moeten laten zien of het in de praktijk ook werkt voor lijnimpedantie. Dit zal in 2017 worden uitgevoerd.

Voor de referentieopstelling voor het testen van PMUs is een paper geschreven en gepresenteerd op de CPEM conferentie. Daarna zijn nieuwe digitizers aangeschaft, waarmee een nauwkeurigere tijdsynchronisatie gehaald kan worden. Dit is getest en de beoogde nauwkeurigheid van 300 ns is

ruimschoots gehaald. Algoritmes en software voor statische tests zijn ontwikkeld. Voor dynamische tests is een nieuwe spanningsdeler ontworpen en gebouwd. Ook worden algoritmes voor het bepalen van referentiephasorwaarden voor dynamische tests geschreven. Deze worden in 2017 afgerond. Procedures inclusief onzekerheidsberekeningen zijn doorgeschoven naar 2017, omdat de software nog niet volledig is afgerond en dus ook de validatie van de opstelling en de software nog niet.

### **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 is inmiddels gekarakteriseerd en geautomatiseerd en werkt volgens verwachting. Voor de spanningsdeler is een alternatief bekeken, namelijk de R2R-deler. Deze bleek echter niet nauwkeurig genoeg en daarom wordt er nu toch verder gewerkt met de al bestaande technologie. Er is een ontwerp gemaakt voor een IVD (Inductive Voltage Divider) als alternatief op de R2R-deler. Onderdelen zijn besteld en zijn in december 2016 geleverd. Begin 2017 wordt begonnen met het in elkaar zetten van de IVD.

In februari 2016 is er een bezoek geweest aan PTB om te kijken hoe we elkaar kunnen versterken en om informatie uit te wisselen over de bouw van stroomtransformatoren. Beide stroomtrafo's zijn gekalibreerd, voordat deze zijn ingebouwd. Deze resultaten zagen er erg goed uit, maar na inbouwen in een behuizing blijkt er veel oppik van stoorsignalen o.a. veroorzaakt door de interne voeding (die ook in de kast zit). Ook blijkt de zogenaamde 'sense' van het feedbackcircuit erg gevoelig voor zijn eigen uitgangssignaal. Hier moest meer magnetisch worden afgeschermd. Beide CT's zijn gereed en kunnen ingezet worden voor kalibraties van zowel testsets als conventionele kalibraties, bijvoorbeeld bij de primaire vermogensopstelling. 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.

Digitale sensoren gaan vergeleken worden met een referentiedatastroom. Hiervoor is al een generator gebouwd, die via het digitale protocol IEC61850 communiceert, maar in de praktijk blijkt het toch handiger om een SAMU (Stand Alone Merging Unit) te hebben, die de datastromen genereert. Deze SAMU is beter in te zetten bij kalibraties van niet-conventionele stroom- en spanningstrafo's. Er is daarom een SAMU aangeschaft.

### **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. In 2015 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 data beschikbaar is vanwege privacywetgeving. Voor het doorrekenen van de gevolgen van het combineren van smart meter data is een IEEE testmodel van een laagspanningsnetwerk gebruikt. Een onderzoek naar de verschillende onzekerheidsbijdragen heeft geleid tot een uitgebreide onzekerheidsberekening, waarmee de methode vergeleken kon worden met bestaande alternatieven (zoals quasi-metingen) voor state estimation. Over deze resultaten is een paper geschreven en een presentatie gegeven op de AMPS conferentie in september. Vervolgens is samen met de TU/e door gebruik van een ander IEEE testmodel van een middenspanningsnetwerk bekeken wat de invloed is van de onzekerheid op de betrouwbaarheid van state estimation in verschillende scenario's. Ook hierover zal een paper worden geschreven.

Voor state estimation m.b.v. PMUs is data van alle vijf de onderstations van het Enduris netwerk verzameld. Deze is geconverteerd en gedeeld met PTB en NPL, samen met een gedetailleerd model van het netwerk. State estimation met PMU data en het vergelijk daarvan met conventionele data en met gecombineerde smart meter data gaat begin 2017 verder uitgewerkt worden.

### **Niet-Newtoniaanse vloeistoffen**

Binnen het EMRP-project Non-Newtonian Liquids worden de fysische effecten, die bepalend zijn voor de viscositeit van niet-Newtoniaanse vloeistoffen, bestudeerd. De belangrijkste taak van VSL is de ontwikkeling van gecertificeerde niet-Newtoniaanse referentiematerialen (CRMs).

In juni 2014 is een reometer geleverd om aan niet-Newtonische vloeistoffen te kunnen 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-Newtonse 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 om te testen als eerste, indicatieve, ringvergelijking.

Het protocol voor een meer formele ringvergelijking tussen de projectpartners is in 2016 opgesteld. Het document beschrijft op welke manier de testresultaten geëvalueerd moeten worden. Het was hierbij bovendien het idee dat de metrologische projectpartners ook zelf CRMs zouden gaan produceren. De benodigde samples voor de tweede ringvergelijking zijn door VSL geproduceerd. Tijdens de voortgangsbijeenkomst bij METAS, in april 2016, is aan de deelnemers (INRIM, IPQ, IRIS, Shell, PTB en METAS) gevraagd of zij de recepten voor de CRMs willen ontvangen of de reeds door VSL geproduceerde samples. Men heeft om tijd te besparen, en dus afwijkend van het oorspronkelijke plan, gekozen voor de reeds reproduceerde samples. Er is door de deelnemers ingeschat dat 100 ml van elk sample een voldoende hoeveelheid zou zijn. Om aan de veilige kant te zitten is uiteindelijk van elk sample minimaal 250 ml geleverd.

De tussentijdse projectresultaten zijn tijdens de Drilling Engineer Association Europe (DEAE) meeting in maart 2016 bij Huisman in Nederland gepresenteerd en 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.

### **Diepe-oceaan referentiethermistoren**

In 2014 zijn de NIOZ SBE35 thermometer en een VSL SPRT gekalibreerd op de vaste punten van H<sub>2</sub>O en Ga en is de sketch van het NIOZ comparatorblok gereviseerd. In 2015 is in februari de kalibratie van de NIOZ SBE3 sensor, een niet-gehaald resultaat uit 2014, uitgevoerd. Voor deze kalibratie is een nieuwe sub-millikelvin kalibratiefaciliteit ongewikkeld, 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 comparator block is in november 2015 afgerond. Bovendien zijn toen de eerste metingen bij druk tot 10 MPa uitgevoerd.

In 2016 zijn in mei de benodigde VSL referentietemperatuurinstrumenten (microK bridge, temperature-controlled standard resistor, calibrated SPRT en laptop met data-acquisitie software) naar het NIOZ overgebracht. De metingen bij drukken tot 60 MPa aan de NIOZ SBE35 en SBE3 zijn in juni 2016 afgerond. De resultaten van de metingen zijn tijdens de TEMPMEKO2016 (Juni, Zakopane, Poland) en de MMC2016 (September, Madrid, Spain) conferenties gepresenteerd en in een IJTP artikel beschreven. Het artikel is al wel geaccepteerd, maar nog niet gepubliceerd.

### **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. De MTS zal begin 2017 gekarakteriseerd worden. 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.

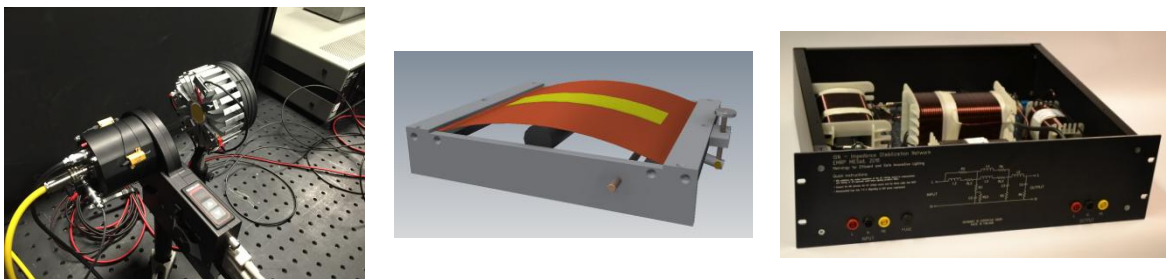


*Figuur 1: Multiple Transfer Standard (MTS)*

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) en worden verwerkt in een publicatie in 2017.

Er is een houder voor flexibele OLEDs voor de near-field goniometer 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, maar de optische karakterisering (CCD-camera) loopt wat achter op de planning. Begin 2017 zal ook dit worden afgerond.

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) strooilight. In januari 2017 starten de metingen bij 85 °C en 85% luchtvochtigheid.



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

### **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 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 siliciumzonnecellen 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 ( $2 \times 2 \text{ cm}^2$ ) is uitgevoerd. De analyse van de grote cellen en de temperatuurafhankelijkheid hiervan is nog onderhanden en ook de meetonzekerheid moet nog worden bepaald.

### **Totale kolom ozon**

Het doel is om TCO (Total Column Ozone) herleidbaar te meten met een onzekerheid beter dan 0,5%, onafhankelijk van het type instrument. In 2014 is begonnen met de ontwikkeling van de golflengtelineaal. 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  $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$  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. De analyse van de metingen is eind 2016 begonnen en zal in het eerste kwartaal van 2017 worden afgerond. De resultaten van de gehele meetcampagne zullen in 2017 gepresenteerd/gepubliceerd worden.

Wat betreft de invloed van gecorreleerde grootheden op de meetonzekerheid van Dobson TOC-metingen, zal de analysemethode ontwikkeld door VSL in samenwerking met de andere projectpartners, toegepast worden op de resultaten van de Izaña campagne en ook dit zal in 2017 gepresenteerd/gepubliceerd worden.

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.

### **Dunne films voor energie**

Het project is 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 referentietralies, 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 zal in het eerste kwartaal van 2017 aan de Denso robotarm gekoppeld worden. Vanwege de mogelijke intrinsieke mechanische instabiliteiten en trillingen, die het bewegen van de robot kan veroorzaken, zal de grote-oppervlakte versie geopereerd worden met zowel coherent en niet coherent licht rond 450 nm golflengte.

Wat betreft de wetenschappelijke output is er een artikel ingediend over een idee dat kan leiden tot een eerste concept van zogenaamde modale scatterometrie. Inmiddels is dit artikel geaccepteerd in de New Journal of Physics. Er zijn daarnaast ook twee wetenschappelijke presentaties gegeven, in september 2016, tijdens de EOSAM2016.

Met betrekking tot disseminatie en training heeft VSL zomerschool georganiseerd over "The Metrology of thin film materials". Ditt 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).

### **Multifase flowmetrologie voor olie- en gasproductie**

In dit project wordt 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 zijn de testmatrix en het protocol voor deze intercomparison ontwikkeld. Begin 2015 heeft een fabrikant een multifase flowmeter als transferstandaard beschikbaar gesteld en in de zomer van 2015 heeft de eerste testsessie plaatsgevonden bij NEL in Schotland.

Na het oplossen van licentieproblemen voor de nucleaire bron is er in juli 2016 getest bij DNV GL. Om de reproduceerbaarheid van de meter vast te stellen, evenals de invloed van verschillende procesparameters is er vervolgens eind augustus opnieuw getest bij NEL. In december is de flowmeter getest bij de flowmetereigenaar en -fabrikant OneSubsea. Vanwege interne budgetproblemen heeft Shell helaas niet kunnen mee doen aan de intercomparison. Eerste analyses van de data zijn door VSL uitgevoerd. De resultaten zijn nog confidentieel.

VSL heeft een beknopt document opgesteld met de hoofdcomponenten van een onzekerheidsbudget voor multifase testinstallaties. Een uitgebreide, algemeen toepasbare richtlijn voor dergelijke onzekerheidsberekeningen komt in 2017 gereed. De partners zijn dankbaar voor de feedback van VSL op hun onzekerheidsdocumentatie, maar missen het financiële budget om alle aanbevelingen te implementeren.

Vanwege het verplaatsen van de testen naar de tweede helft van 2016, is er vooral in de tweede helft van het jaar aan het project gewerkt en is het budget niet geheel gebruikt. Aangezien alle testresultaten nu binnen zijn, wordt verwacht dat de meeste resterende activiteiten (analyses, rapporten schrijven, presentaties) binnen de looptijd van het project afgerond kunnen worden, met uitzondering van het publiceren van wetenschappelijke artikelen, omdat die i.h.a. een lange doorlooptijd hebben.

## SBO Basisbeheer en Beheerontwikkeling

### Chemie

Het beheer is conform planning uitgevoerd. Problemen waren er vooral met de weegopstellingen. Eén weegopstelling (AWD-1) is nu definitief buiten gebruik gesteld en ontmanteld. Aan de AWD-2 is onderhoud gepleegd en er is een aantal onderdelen vervangen, waarna deze opstelling weer betrouwbaar werkt.

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 methaangehalte 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 dit jaar vrijwel volgens planning verlopen. Er zijn geen serieuze bijzonderheden te vermelden. Alle opstellingen zijn herleidbaar en beschikbaar voor kalibraties.

Alle vier de ontwikkelingsprojecten zijn EMRP of EMPIR gekoppeld. Het EMRP-project “Herleidbaarheid van gesampelde elektrische metingen” is in mei 2016 afgerond. Hiermee staat er een kalibratieopstelling, waarmee willekeurige wisselspanningssignalen met lage spanningen gekalibreerd kunnen worden. De eerste kalibratie onder RvA-erkenning is een feit. Aansluitend is in juni 2016 het ontwikkelingsproject “Waveform metrology met AC Josephson spanningen” gestart onder EMPIR. Het project “Metrologie voor de elektrische vermogensindustrie” is in 2015 onder EMPIR gestart. Hierbij ligt de nadruk op de transformatorverliesmeetopstelling, waarvan een eerste versie operationeel is. Het laatste DCLF-project, “ROCOF metingen in intelligente netten”, een EMPIR-project gericht op standaardisatie, is eveneens gestart in juni 2016.

Voor de Key Comparisons zijn dit jaar geen metingen uitgevoerd. Voor het vergelijk van LF-vermogen bij 50 Hz zijn verdere voorbereidingen getroffen samen met de coördinator (CENAM, copilots PTB en VSL). Deze vergelijking gaat v.w.b. de metingen pas in 2017 starten. Voor AC-ratio (CT's) is een eerste versie van de resultaten rondgestuurd en is bijgedragen aan een paper voor de CPEM conferentie. De VSL-resultaten zijn zeer goed. Voor het AC-hoogspanningsvergelijk is het rapport definitief. De VSL resultaten zijn eveneens goed. Bij de overige vergelijkingen, die in de draft A/B fase zitten, is vrijwel geen voortgang te melden.

#### Hoogfrequent

Het basisbeheer van Hoog Frequentie (HF) en Elektromagnetische (EM) velden is volgens de planning uitgevoerd. De meetfaciliteit benodigd voor het meten van HF S-parameters is voorzien van vernieuwde aansturingsoftware. Er is een aantal belangrijke updates uitgevoerd betreffende datacorrecties en het berekenen van meetonzekerheden.

Het ontwikkelingsproject “Metrologie voor nieuwe elektrische meetgrootheden in hoogfrequente circuits” heeft de grenzen verlegd van S-parametermetingen, vooral voor wat betreft het frequentiebereik en de meetonzekerheid. Het project is succesvol afgerond. VSL heeft d.m.v. dit project S-parametermeetonzekerheden gemiddeld met een factor 5 verkleind.

In 2016 is voor eerst een HF VNA-cursus verzorgd voor een aantal klanten. Deze cursus sluit goed aan op marktbehoeftes. De VNA-meetsoftware is aan het eind van de cursus/training aan de deelnemers ter beschikking gesteld. Deze hoogfrequente cursus/training wordt voortaan elk jaar verzorgd.

Het project “Metrologie voor verbeterde EMC-testmethodes in industriële omgevingen” heeft nieuwe, op de behoefte van de Europese industrie afgestemde, alternatieve testmethoden opgeleverd om deze industrie te voorzien van standaard EMC-tests. Ook dit project is succesvol afgerond. De projecteindvergadering was gekoppeld aan een seminar voor externe partijen en was door en bij VSL georganiseerd.

Tijdens de tweede projectvergadering van het EMPIR-project (“Metrologie voor hoogfrequente planaire circuits”) is een gratis seminar bij VSL en de TU Delft georganiseerd. Het seminar was succesvol en is door groot aantal (tussen de 40 en de 50 ) deelnemers bijgewoond.

### **Ioniserende straling**

Het beheer voor de faciliteit voor mediumenergetische röntgenstraling (inclusief tweejaarlijkse spectrometrie), DIR (stralingsveiligheid-) faciliteit en voor de Gammatron Co-60 faciliteit, inclusief watercalorimetrie, is volledig uitgevoerd.

Het EMPIR-project “Metrology for MR guided Radiotherapy (MRgRT)” wordt door VSL gecoördineerd en is op 1 juni van start gaan. De kick-off meeting met alle partners en meer dan tien stakeholders heeft in juni plaatsgevonden. Voorafgaand aan dit project zijn eind 2015 al eerste testmetingen gedaan met de watercalorimeter in een MRI Linac met magneetveld ‘aan’. De resultaten van deze testmetingen zijn gepresenteerd op het AAPM congres in juli. Onbegrepen effecten in het monitorsysteem zorgden ervoor dat de beoogde onzekerheid van 1% nog niet gehaald kon worden. Daarom zijn er eerst aanpassingen gemaakt aan het monitorsysteem dat in november en december 2016 met succes gevalideerd is. Hierdoor is een lichte vertraging ontstaan in de bepaling van  $k_B$  (correctiefactor voor dosis-in-water in MRI-magneetvelden), waarvoor metingen met zowel magneetveld ‘aan’ en ‘uit’ nodig zijn en dus een rampdown van de MRI. Deze meetsessie staat nu gepland voor Q1 2017. Voor de realisatie van een verplaatsbare electromagneet is een keuze gemaakt voor het type magneet. Het ontwerp voor de positioneringstafel is afgerond. De magneet wordt in februari 2017 geleverd, waarna gestart kan worden met het karakteriseren van detectoren.

Het rapport van de Euramet-1331 vergelijking is gepubliceerd. De VSL-resultaten zijn op zich goed, maar er is wel een fout ontdekt in de berekening van één van de correctiefactoren. Ondanks dat het effect hiervan niet groot lijkt te zijn, is hier verder onderzoek naar gedaan. Het blijkt dat een aantal punten nog niet volledig helder is. Tegelijk start in 2017 het EMPIR-project RTNORM, waarin ook het onderwerp watercalorimetrie voor medium-energetische röntgenbundels zit. De ontdekte fout zal in het kader van dit project verder uitgezocht worden.

De draft B rapportage van BIPM.RI(I)-K6 is gereed. Vanwege een lopende discussie in de CCRI Key Comparison werkgroep is publicatie vertraagd tot Q1 2017. Voor Euramet-1285 en Euramet-1132 zijn alle metingen uitgevoerd en de voorlopige resultaten bekend. Voor Euramet-1285 is ook een draft A rapport ontvangen en hierop is commentaar geleverd. De vergelijkingen BIPM.RI(I)-K3 en BIPM.RI(I)-K5 zijn dit jaar gestart en met goed resultaat afgerond en gepubliceerd.

### **Massa, Druk en Viscositeit**

Het beheer voor Massa, Druk en Viscositeit is in 2016 conform de planning uitgevoerd. Behalve de al in 2015 gemelde reproduceerbaarheidsproblemen met de beide Mettlerrobots, een beschadigde cilinder/plunjer combinatie bij Druk en het feit dat diverse ijkvloeistoffen, gebruikt om viscosimeters te controleren, in 2016 opnieuw gemaakt zijn, zijn er geen bijzonderheden.

### **Lengte**

Het uitvoeren van de interne kalibraties en het onderhoud zijn in grote lijnen conform schema verlopen. De opgelopen achterstand in verband met de reductie van het beschikbare personeel door pensionering van een Lengte-medewerker is reeds ingelopen. De beperkte RvA-audit in april is succesvol verlopen. Er werden bij Lengte geen afwijkingen geconstateerd.

Er werd in 2016 gewerkt aan zeven onderzoeksprojecten binnen EMRP, EMPIR en KP7, waarvan één EMPIR-onderzoeksproject pas per 1 oktober van start is gegaan. Er zijn in 2016 twee EMRP-

projecten en één KP7-project succesvol inhoudelijk afgerond. Eén KP7-project dat eind 2016 zou aflopen, is met 3 maanden verlengd en loopt door tot in 2017.

Het in mei afgeronde EMRP-onderzoeksproject "Multisensor metrologie voor microparts in innovatieve industriële producten" betrof de realisatie van metrologie voor de combinatie van tactiele en optische sensoren ten behoeve van productmetingen van industriële microparts. De mogelijkheid om zowel tactiel als optisch te kunnen meten is gedemonstreerd met behulp van een industrieel micropart. De meetopstelling en -procedure zijn hiervoor verbeterd. Ook is de onzekerheidsbepaling met behulp van de virtuele CMM verder uitgebreid. De onzekerheidsberekeningen zijn mogelijk gemaakt voor complexe productmetingen met behulp van Monte Carlo berekeningen waar dat eerder niet kon. Door correctie van de tasterafwijkingen kunnen nu bijvoorbeeld kogels met een onzekerheid kleiner dan 50 nm gekalibreerd worden op diameter en kleiner dan 100 nm op vorm. Dit was eerst 250 nm. E.e.a. is gevalideerd d.m.v. een comparison binnen het project.

Het in juni afgeronde EMRP-onderzoeksproject "Metrologie voor lange-afstandmetingen" betrof het leggen van een basis voor praktische toepassing in het veld van afstandsmetingen gebaseerd op homodyne frequentiekaminterferometrie. Het project heeft geresulteerd in een opstelling voor zeer nauwkeurige absolute lange-afstandmetingen, zonder de noodzaak tot het genereren van verplaatsingen. Dit is gedemonstreerd met behulp van de ontwikkelde filter cavity en door het gebruik maken van een fiberkoppeling tussen de laser, filter cavity, interferometer en meetapparatuur, waarbij een relatief onnauwkeurige voorkennis over de te meten afstand is gebruikt.

Het in september afgeronde KP7-onderzoeksproject "Aim4np" stond in het teken van AFM metingen en is eind september succesvol afgerond. Er is een strategie opgesteld voor het kalibreren van het in het project ontworpen en gebouwde metrologieplatform. Hierbij is gebruik gemaakt van de eerder ontwikkelde virtuele en ook conventionele fysieke standaard. Kalibratie van het meetplatform is met behulp van VSL uitgevoerd. De functionaliteit van het robotgebaseerde meetplatform is gedemonstreerd gedurende het project.

Het andere KP7-project "SNM" staat eveneens in het teken van AFM. Bij dit project is er grote vooruitgang geboekt bij het karakteriseren van AFM-probes en de interactie met het sample. Tevens is het benchmarkrapport afgerond en is er metrologische ondersteuning geleverd aan projectpartner door middel van AFM-metingen.

De ptychografische testopstelling en de reconstructiesoftware zijn doorontwikkeld voor het EMPIR-project "Metrologie voor massief parallelle fabricagetechnieken". Er zijn meerdere metingen gedaan, waarbij de software succesvol is getest. Het ontwikkelproject ter verbetering van de opstelling om laserafstandsmeters te kalibreren is eveneens succesvol uitgevoerd en validatie is aangetoond d.m.v. het uitgevoerde ringvergelijk van laserafstandsmeters.

M.b.t. de Key Comparisons is de rapportage voor Diameterstandaarden (EURAMET L-K4) uitgevoerd en rondgestuurd en waren de resultaten goed. Het vergelijk van lijnbreedte metingen met de AFM, Nano6 (CCL-NANO6) is succesvol uitgevoerd, maar heeft aanzienlijk meer tijd gekost dan voorzien, waardoor het bilaterale vergelijk van hoekmetingen (EURAMET xxx) is uitgesteld tot 2017. Het vergelijk voor de stappeneindmaat (EURAMET L-K5) is na technische problemen met de taster en de software uitgesteld tot 2017/2018. Het vergelijk van metingen met laserafstandsmeters is succesvol uitgevoerd en het final report is reeds ontvangen. Het vergelijk van kogelmetingen, waarbij VSL als coördinator optreedt, is geheel voorbereid en klaar om opgestart te worden. Voor de overige Key Comparisons bestonden de activiteiten uit communicatie over de rapportage.

### **Thermometrie**

Het beheer van de standaarden is conform planning uitgevoerd. Op het gebied van de metrologische infrastructuur zijn alle geplande nationale (TCTV) en internationale (EURAMET en 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 hebben enkele maanden vertraging opgelopen. Verschillende methodes zijn onderzocht om een dauwpunttemperatuur van 150 °C te bereiken, maar dit heeft nog niet het gewenste resultaat opgeleverd. Ondanks de vertraging is er vertrouwen dat dit binnen de looptijd van het project (het project eindigt in 2018) gerealiseerd gaat worden.

De metingen voor de tweede groep van thermometers in de EURAMET.T-K9 key comparison (vaste punten van Ar t/m Zn) zijn bijna afgerond. De Ar-metingen ontbreken nog, maar die gaan in 2017 uitgevoerd worden.

### **Optica**

Het basisbeheer voor Radiometrie en Fotometrie is volgens plan uitgevoerd, waarbij in 2016 de primaire realisatie met de ACR (Absolute Cryogene Radiometer) is gedaan voor het infrarode deel van het spectrum. De projectonderdelen Kwaliteit en Metrologische Infrastructuur zijn volgens planning uitgevoerd. Het basisbeheer heeft meer tijd gekost en de uitvoering van beheerontwikkeling heeft onder druk gestaan door veranderingen in de personele bezetting (vertrek van 2 kalibratiemedewerkers en 1 wetenschappelijk medewerker eind 2016 en het opleiden van 1 nieuwe kalibratiemedewerker).

Voor het beheerontwikkelingsproject "Schaaluitbreiding ACR" zijn drie detectoren gebouwd en zijn aanpassingen uitgevoerd om de signaal/ruisverhouding te optimaliseren. De kalibratie van de spectrale responsiviteit van een van de nieuwe detectoren tegen de ACR is uitgevoerd.

Binnen het aan EMRP gerelateerde project "Metrologie voor aardobservatie en klimaat" is de afstandgevoeligheid van de door VSL ontwikkelde filterradiometer voldoende gereduceerd, waarna het instrument is toegepast voor het overzetten van de schaal van een black body naar een reisstandaard. Het aan EMPIR gerelateerde project "Toekomstige fotometrie voor SSL-producten" is in september gestart met het opstellen van draftspecificaties van optische en elektrische parameters in overleg met een industriële partner.

De ontwikkeling van een meetopstelling voor het kalibreren van meters van 'flicker' is succesvol afgerond en toegepast voor de kalibratie van een flickermeter. Het ontwikkelingsproject "Verbetering bestaande faciliteiten" is slechts ten dele uitgevoerd. Dit geldt ook voor het ontwikkelproject 'Automatisering'. De vorig jaar voorbereide databases zijn succesvol 'live gegaan' en diverse activiteiten ten behoeve van beheer en ontwikkeling zijn uitgevoerd, maar er zijn geen nieuwe databases omgezet.

In 2016 is zeer weinig tijd besteed aan Key comparisons, vanwege onvoldoende beschikbare capaciteit. De comparison waarvan VSL pilot is (spectrale responsiviteit 900-16000 nm), heeft hierdoor vertraging opgelopen.

### **Tijd- en Frequentiestandaarden**

In 2016 is het beheer grotendeels volgens plan uitgevoerd. Bijzonderheden waren de aanschaf en het in gebruik nemen van een nieuwe NTP/PTP-server en een nieuwe GNSS-ontvanger, die naast GPS ook Galileo, Glonass en BeiDou Compas ontvangt. Ook is aan het eind van het jaar een schrikkelseconde ingevoerd.

Er is bijgedragen aan publicaties over nieuwe TWSTFT-kalibratierichtlijnen van BIPM en de publicatie van de resultaten van de White Rabbit (WR) glasvezelverbinding uit het EMRP-project "NEAT-FT" is afgerond en online beschikbaar.

Het ontwikkelingsproject voor de implementatie van het nieuwe SATRE modem in het TWSTFT systeem heeft vertraging opgelopen en zal volgende jaar worden voortgezet.

In het project voor TF-disseminatie via glasvezel is afgeweken van de oorspronkelijk beoogde resultaten voor 2016, omdat vervanging van de transceivers niet essentieel noodzakelijk bleek. In plaats daarvan is voortgang geboekt met de automatische verwerking van kalibratiedata en is een onzekerheidsanalyse uitgevoerd van de kalibratie van de interne delay van WR-apparatuur.

Verder is in 2016 deelgenomen in een vergelijk van de delay van GPS-ontvangers, met bevredigende resultaten voor VSL.

### **Voluimetrie**

De werkzaamheden en investeringen bij de lage-drukfaciliteiten zijn grotendeels volgens plan verlopen, met als opvallende punten de opwerking van de grote installatie, de opwerking (met extra inspanning) van de meetstraat en de aanschaf van een door VSL ontwikkeld buizenopslagsysteem. Enkele zaken zoals de uitbreiding van het bereik van de meetstraat en het operationeel maken van de APPs moesten deels doorgeschoven worden naar 2017.

De werkzaamheden aan de hoge-drukfaciliteiten GOPP en TraSys zijn in de tweede helft van 2016 stil komen te liggen door de verkoop van Euroloop en de (tijdelijke) verplaatsing van deze standaarden naar VSL in Delft.

Bij vloeistof is het werk volgens plan verlopen. De nieuwe weegschaal van 600 kg voor de waterflow is in bedrijf gesteld voor het uitvoeren van stabiliteitsmetingen.

Binnen het ontwikkelproject "Metrologie voor het reguleren van industriële emissies" zijn de experimentele metingen m.b.v. stacksimulator en IR VOC camera volgens plan afgerond. Het "Perfusion" project is van start gegaan in de tweede helft van 2017 en de eerste CFD-simulaties hebben plaats gevonden. Binnen het project "Verlagen onzekerheid primaire standaard (LNG)" is een verbeterd ontwerp gemaakt, al heeft dit wel geresulteerd in enige vertraging. Vanwege de extra inspanning bij de opwerking van met name de meetstraat is het automatiseringsproject doorgeschoven naar 2017.

Voor verschillende ringvergelijkingen zijn metingen verricht. De resultaten van Euramet ringvergelijkingen 1297 en 1333 zijn beschikbaar gekomen (50 en 500 ml volume water, resp. lage druk gasstroming van 1.000 tot 10.000 m<sup>3</sup>/h). De resultaten van VSL zijn goed en onderbouwen VSL's claims in de BIPM CMC database.

### **Metrologische infrastructuur**

Alle relevante nationale en internationale vergaderingen zijn bijgewoond, waaronder de bijeenkomsten van EURAMET en EMPIR en de bijeenkomsten van de Raad van Deskundigen (RvD). De definitieve werkplannen SBO en Research 2016 zijn ingediend en door EZ gecommiteerd. De eindrapportages SBO en Research 2015 zijn eveneens ingediend. Deze zijn met de RvD besproken en door EZ goedgekeurd. Ook de tussenrapportages (januari t/m mei) SBO en Research 2016 zijn tijdig ingediend en met de RvD en EZ besproken. Eind 2016 zijn de draftversies van de werkplannen SBO en Research voor 2017 bij EZ aangeleverd. Deze zijn begin december per technologie besproken met de betreffende leden van de RvD.

In de eerste helft van 2016 is aandacht besteed aan het inrichten van het nieuwe kwaliteitsmanagementsysteem (QMS) iQ. In april is door de Raad voor Accreditatie een audit uitgevoerd. Hierbij zijn het VSL kwaliteitsmanagementsysteem (par. 4 van ISO 17025) beoordeeld en is de verrichting PT Schemes (ISO 17043) beoordeeld. Tijdens de audit zijn er voor het kwaliteitsmanagementsysteem twee non-conformities geconstateerd en voor de verrichting PT Schemes zijn er vijf non-conformities genoteerd. De omvang en reikwijdte van de geconstateerde non-conformities waren beperkt en konden eenvoudig worden opgelost.

Bij het project "Beheer metrologische automatiseringsinfrastructuur" zijn geen bijzonderheden te melden. Alle relevante softwarepakketten en databases zijn onderhouden en up-to-date.

## Key Comparisons

### Chemie

Nummer	Omschrijving	Loop-tijd	Coörd.	Status	Uren 2016	
					Begr. 2016	Real. 2016
CCQM-K90	Formaldehyde	2012-2016	BIPM/ <b>VSL</b>	Beoordeling draft A rapport is gereed.	8	0
CCQM-K94	DMS in stikstof	2012-2016	KRISS	Rapport is gepubliceerd.	8	9
Euramet 708	Ethanol	2016	NIST/ <b>VSL</b>	Mengsel is gemaakt, wordt begin 2017 verstuurd.	40	1
Euramet 708	Nulgas	2014-2016	NIST/ <b>VSL</b>	Protocol geschreven en afgestemd. NIST is begonnen met de analyses.	56	24
Euramet 708	Propaan	2016	NIST/ <b>VSL</b>	Nog niet gestart. Communicatie met coördinator.	32	5
Euramet 708	Stikstofdioxide	2016	NIST/ <b>VSL</b>	Mengsel is gemaakt, wordt begin 2017 verstuurd.	32	4
Euramet 708	Zwavel dioxide	2014-2016	NIST/ <b>VSL</b>	Rapportage in voorbereiding.	12	3
CCQM-K111	Propaan in stikstof	2014-2016	<b>VSL</b>	Eindrapport gereed.	16	9
Euramet.QM-K111	Propaan in stikstof	2014-2016	<b>VSL</b>	Eindrapport gereed.	24	14
CCQM-K112*	Biogas	2014-2016	<b>VSL</b>	Draft A rapport in voorbereiding (schrijven, redigeren, communicatie met deelnemers).	32	123
CCQM-K118	Aardgas	2014-2016	BAM/ <b>VSL</b>	Nieuwe transfer-standaarden ontvangen en geanalyseerd.	64	69
CCQM-K119	LPG	2015-2017	NPL	Beoordeling draft A rapport gereed.	8	4



CCQM-K120	Koolstofdioxide in buitenlucht	2016-2018	BIPM	Deelname uitgevoerd en mengsels verstuurd.	80	40
CCQM-K131**	Zuiverheidsanalyse	2015-2017	NIST	Metingen uitgevoerd.	8	163
Euramet 1220	Zuiverheidsanalyse waterstof	2014-2016	NPL/ VSL	Data geëvalueerd. Draft A in voorbereiding.	16	35
CCQM-K116	Water in stikstof	2015-2016	NPL	Draft A rapport beoordeeld.	8	37
CCQM-K117	Ammoniak in stikstof	2015-2017	VSL/ NIST	Protocol wordt herschreven.	100	12
BIPM.QM-K1	Ozon	2015-2016	BIPM	Opnieuw deelgenomen. Dit keer zijn de resultaten wel bevredigend.	8	57
Euramet 1305***	C6 en C7 isomeren in aardgas	2015-2016	Bilateriaal met NPL	Mengsels zijn gemaakt. En metingen uitgevoerd.	20	124
CCQM-K137****	NO in stikstof	2016-2018	BIPM	Mengsels zijn gemaakt en naar BIPM verzonden.	0	0

*Toelichting:*

\* CCQM-K112: vanwege vertraging in 2015 is dit project nog in de draft A fase.

\*\* CCQM-K131: vanwege late ontvangst van de transferstandaard is pas in 2016 met de uitvoering van de metingen begonnen.

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

\*\*\*\* CCQM-K137 is later in het jaar aan het werkprogramma toegevoegd. Voor de uitvoering waren 40 uur begroot, die moesten worden opgevangen binnen het totale SBO-budget. Er zijn enkele uren aan besteed, die per abuis op een andere key comparison zijn geschreven.

## Elektriciteit

Nummer	Omschrijving	Loop-tijd	Coörd.	Status	Uren 2016	
					Begr. 2016	Real. 2016
CCEM.EM-K2.2012	Weerstand 10 MΩ & 1 GΩ	2012-2016	NRC	Wachten op draft A rapport.	20	0
CCEM/EURAMET. EM-K5.2012	LF vermogen 50 Hz	2016-2018	CENAM i.s.m. VSL en PTB	Gestart met voorbereidingen. VSL en PTB beide co-pilot.	200	21
EURAMET.EM-K12	AC/DC stroom	2010-2016	BEV	Wachten op draft B rapport. Nieuwe generator ingeregeld.	10	40
EURAMET.EM-S33	Hoogspanning AC	2011-2016	LCOE	Draft B rapport afgerond en opgestuurd.	10	3
EURAMET.EM-S35	DC stroom 90 A – 600 A	2013-2016	INRIM	Contact met coördinator, wachten op draft A rapport.	20	4
EURAMET.EM-S37	AC Ratio (CTs)	2013-2016	CMI	Draft A rapport: VSL resultaten zijn zeer goed. Abstract paper geschreven voor CPEM.	20	20
BIPM.EM-K12	QHR on-site	2015-2016	BIPM	Rapport wordt niet opgesteld*	40	0
CCEM.RF-K5c.CL	S-parameters voor 3,5 mm connector	2013-2016	NMIJ	Wachten op draft A rapport.	20	6
CCEM.RF-K26	Hoogfrequent verzwakking tot 40 GHz	2015-2017	NMIJ	Metingen uitgevoerd eind 2016.	150	165

### Toelichting:

\* BIPM.EM-K12: Het BIPM.EM-K12 vergelijk (on-site quantum Hall) had tot doel om overeenkomst met een onzekerheid van enkele delen in 109 te halen. Bij de metingen eind 2015 trad een onverwachte fout in de VSL opstelling op, waardoor deze onzekerheid niet gehaald kon worden en verdere uitvoering van het vergelijk niet zinvol bleek. Er is in overleg met BIPM besloten dat hier geen rapport van zal worden opgesteld, zonder gevolgen voor de VSL CMC, die op het niveau van 20 delen in 109 ligt.

## Ioniserende Straling

Nummer	Omschrijving	Loop-tijd	Coörd.	Status	Uren 2016	
					Begr. 2016	Real. 2016
Euramet 1285	Indirecte vergelijking van air kerma en ge-absorbeerde dosis in water voor Co-60	2014-2016	METAS	Commentaar op draft A aangeleverd.	20	20
Euramet 1132	Ambient dose equivalent voor 60 keV iso-narrow en Cs-137 voor dosistrates tussen 10 $\mu$ Sv/h – 1 mSv/h	2014-2016	PTB	Voorlopige resultaten ontvangen.	20	16
Euramet 1331	Geabsorbeerde dosis-in-water standaarden voor medium-energetische x-rays	2014-2016	PTB	Rapport is gepubliceerd. Onderzoek naar fout in een correctie-factor gestart.	40	64
BIPM.RI(I)-K3	Air kerma voor medium-energetische röntgen	2016-2017	BIPM	Afgerond.	180	138
BIPM.RI(I)-K5	Air kerma voor Cs-137	2016-2017	BIPM	Afgerond.	120	97

## Massa en gerelateerde grootheden

Nummer	Omschrijving	Loop-tijd	Coörd.	Status	Uren 2016	
					Begr. 2016	Real. 2016
EURAMET project 1253 (hernoemd tot 1252)	Druk in het bereik 10 Mpa – 100 Mpa	2014-2016	UME	Geen voortgang (draft A).	10	0
CCM.V-K3	Viscositeit	2012-2016	NMIJ	Geen voortgang (draft B).	3	0

## Lengte

Nummer	Omschrijving	Loop-tijd	Coörd.	Status	Uren 2016	
					Begr. 2016	Real. 2016
Euramet L-K3a	Hoekmeting (kalibratie van een auto-collimator)	2009-2015	PTB	In afwachting van het draft A rapport.	24	0
Euramet L-K4	Diameterstandaarden	2013-2016	VSL	Draftversies A en B rapport opgesteld en gecommuniceerd. Final report in voorbereiding.	40	56
Euramet xxx*	Hoek (polygoon en hoekeindmaat)	2013-2017	VSL met behulp van PTB	Uitgesteld tot 2017.	120	0
Euramet K1 2012	Eindmaten	2012-2016	BEH	In afwachting van het final en executive rapport.	8	2
Euramet L-Sxx	Kogeldiameter	2009-2016	VSL	De referentiekogels zijn meerdere malen gekarakteriseerd en geanalyseerd. Het protocol is opgesteld en zal samen met de referentiekogels begin 2017 worden opgestuurd aan de deelnemers.	80	58
Euramet L-S23	Rondheidsstandaarden	2014-2017	CEM	N.a.v. de resultaten zijn de huidige CMC-waarden bevestigd. Nog in afwachting van het final en executive rapport.	12	15
Euramet 1239**	Oppervlakteruwheid met AFM	2014-2017	PTB	In afwachting van meetartefact.	80	0
CCL-NANO6	Lijnbreedte met SPM	2014-2016	NIST	De lijnbreedte metingen zijn uitgevoerd en de meetresultaten zijn gecommuniceerd. De analyse heeft veel tijd gekost, omdat ervaring moest worden opgebouwd met de meetprocedu-rena een aanzienlijke verbeterstap m.b.t.	24	159

				de probe-sample interactie. Bovendien was de begrote tijd voor de metingen te laag ingeschat.		
Euramet L-K5	1D CMM artefacten	2015-2017	NPL	De meting is uitgevoerd, maar zal in 2017 worden herhaald, omdat door een software-probleem de data verloren zijn gegaan. De uiteindelijke meting t.b.v. het ringvergelijk wordt in 2018 verwacht.	80	92
Euramet L-S20***	Laserafstandsmeters	2014-2016	CEM	De laserafstandsmetingen zijn succesvol uitgevoerd en de resultaten zijn geanalyseerd. De meetdata zijn gerapporteerd. Het draft A en het final report zijn ontvangen.	24	45

*Toelichting:*

\* Door de extra vereiste inzet voor de key comparison CCL-NANO6 is besloten om de hoek key comparison (Euramet xxx) uit te stellen tot 2017.

\*\* Per abuis zijn 79 uren behorend bij de key comparison CCL-NANO6 op dit vergelijk geschreven. Door de overgang naar een nieuw registratiesysteem bleek correctie achteraf onmogelijk, de tabel toont de werkelijke gemaakte uren en niet de geregistreerde uren voor Euramet 1239 en CCL-NANO6.

\*\*\* In de offerte was vergeten de activiteit 'metingen' op te nemen.

## Thermometrie

Nummer	Omschrijving	Loop-tijd	Coörd.	Status	Uren 2016	
					Begr. 2016	Real. 2016
EURAMET.T-S3*	Pt/Pd Thermokoppels vergelijk	2013-2016	CEM	Teruggetrokken.	100	2
EURAMET.T-K9**	ITS-90 SPRT, calibration from the Ar TP to the Zn FP	2015-2017	CNAM/ VSL	Metingen zijn nog niet afgerond.	200	256

*Toelichting:*

\* VSL heeft de beslissing moeten nemen om uit het vergelijk te stappen, omdat de koperoven/cel wederom defect geraakt c.q. verontreinigd is.

\*\* De metingen zijn bijna afgerond, alleen de argonmetingen voor de 2<sup>e</sup> groep van thermometers (3 metingen x 3 thermometers) ontbreken nog, omdat een cryogene klep defect is geraakt. Deze wordt gerepareerd.

## Optica

Nummer	Omschrijving	Loop-tijd	Coörd.	Status	Uren 2016	
					Begr. 2016	Real. 2016
Euramet.PR-K2a	Spectrale responsiviteit, golflengte 900 nm tot 1600 nm	2010 - 2016	VSL	Heeft vrijwel gehele jaar stilgelegen, vanwege onvoldoende personeelscapaciteit.	150	10
Euramet PR-S4 (project N443)	Spectrale irradiantie detectoren, golflengte 365 nm	2013 - 2016	LNE	Draft A rapport is in voorbereiding door LNE.	20	0
Euramet.PR-K6	Filtertransmissie	2016 - 2018	LNE	Protocol is gereed. Metingen starten begin 2017.	40	1
CCPR-K2c	Spectrale responsiviteit, golflengte 200-400 nm	2004-2016	PTB	Bilateraal met PTB bleek niet mogelijk. Op basis van beschikbare kalibratiedata van detectoren die door de PTB zijn gemeten, zal een validatierapport worden opgesteld i.p.v. het uitvoeren van deze comparison.	100	2



## Tijd & Frequentie

Nummer	Omschrijving	Loop-tijd	Coörd.	Status	Uren 2016	
					Begr. 2016	Real. 2016
CCTF-K001.UTC	UTC	Continu	BIPM	Metingen en rapportage uitgevoerd.	70	55
CCTF-K001.UTC BIPM ID:2012-2016	GPS delay comparison	2016	PTB	Antenneposities zijn bepaald. De metingen en rapportage zijn in juni uitgevoerd. Het eindrapport is in oktober 2016 ontvangen.	80	128

## Volumetrie

Nummer	Omschrijving	Loop-tijd	Coörd.	Status	Uren 2016	
					Begr. 2016	Real. 2016
CCM-FF-K1.1.2011	Water van 100 l/min tot 3000 l/min	2013-2016	PTB	Metingen zijn uitgevoerd en de verwachting is dat in 2017 de resultaten bekend worden.	40	110
CCM-FF-K2.1.2011	Hydrocarbon en water van 10 kg/min tot 60 kg/min	2013-2016	VSL	Draft A is opgesteld en verspreid onder de deelnemende NMIs.	80	105
CCM-FF-K5C	Doorlopende harmonisatie hoge-druk aardgas	2015-2016	Eurega secretariaat: PTB/ LNE/ FORCE/ VSL	In 2016 zijn de voorbereidingen gestart. In 2017 zal er daadwerkelijk gemeten gaan worden.	80	13
EURAMET 1333	Lage-druk gas, 1,000 tot 10,000 m <sup>3</sup> /h	2015-2017	VSL	Project is afgerond, VSL is consistent met de gevonden referentiewaarden binnen de onzekerheid.	80	84
Bilateraal vergelijk met PTB	Airspeed 1 tot 30 m/s	2016	PTB	Er is besloten dit bilateraal niet door te laten gaan en de geclaimde onzekerheid te verhogen n.a.v. een eerdere comparison.	60	0
Bilateraal vergelijk met VNIIM	Volume, 1000 l	2016	VNIIM	Draft A is opgesteld en begin 2017 zal draft B volgen.	40	59