

Publieke verantwoording overheidscontracten Overeenkomst betreffende het meetstandaardenbeheer en Research 2019

Algemeen

Groepen standaarden

In de Metrologiewet (2006) is opgenomen dat de Minister van Economische Zaken en Klimaat (EZK) "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 standhouden van het door RvA geaccrediteerde kwaliteitsborgingsysteem op basis van de ISO/IEC-normen: ISO/IEC 17025:2017 (kalibratie), ISO/IEC 17043:2010 (ringvergelijkingen) en ISO/IEC 17034:2016,
- 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 2019 zijn uitgevoerd binnen alle vier de bovengenoemde programmaonderdelen. De totale financiële omvang van de programma's bedroeg in 2019 € 7.682.550,00 (waarvan € 7.447.550,00 incl. BTW en € 235.000,00 BTW-vrij) voor het Standaardenbeheer en € 1.800.500,00 BTW vrij voor de Researchsubsidie.

Research

Metrologie voor biomethaan

Dit project is erop gericht om gestandaardiseerde beproevingsmethoden te ontwikkelen voor onzuiverheden in biomethaan, die gemonitord dienen te worden bij injectie in het aardgasnetwerk en bij gebruik als voertuigbrandstof.

De meetmethode voor amines is verbeterd en gereed voor gebruik, maar dit heeft meer tijd gekost dan vooraf verwacht. Ook de methode voor het beladen ('spiken') van adsorptiebuizen is verbeterd en in gebruik genomen. De eerste set adsorptiebuizen met amines (met de nieuwe methode) voor lange termijn stabiliteitsstudie is beladen in november 2019. Aanvullende series volgen in januari en april 2020. Hierdoor zal de studie een periode van 6 maanden in beslag nemen (dit is gecommuniceerd en geaccepteerd binnen het EMPIR-project).

De meetdata voor de 12- en 18-maanden stabiliteitsstudie voor gehalogeneerde componenten is verzameld. Aan de berekening van het totale onzekerheidsbudget wordt nog gewerkt. De kalibratieopstelling voor flowregelaars is gemaakt en getest. Er werd een klein lek gedetecteerd. De opstelling is daarna opnieuw gemonteerd en verder getest. Het lekprobleem bleek opgelost. De validatietesten zullen in januari 2020 afgerond zijn.

Het verdunningssysteem is gemaakt en gevalideerd en het bijbehorende rapport is geschreven. Er wordt nog gewerkt aan het onzekerheidsbudget en enkele kleine verbeteringen. De permeatieopstelling en het verdunningssysteem zijn beide operationeel, alleen de koppeling van de twee is nog niet gerealiseerd. Het staat intern nog ter discussie of de koppeling in de praktijk ook nodig is, omdat de permeatieopstelling al getest is met mass flow controllers, met goede resultaten. De validatie voor het genereren van HF en HCl in (bio)methaan is met succes uitgevoerd. Het bepalen van het totale onzekerheidsbudget moet nog worden afgerond, evenals het uitgebreide validatierapport.

Er zijn input en presentaties geleverd aan normcommissies, waaronder ISO/TC193/SC1/WG25 en NEN310408. Geschikte testmethodes voor gehalogeneerde koolwaterstoffen, HF, HCl en amines zijn ontwikkeld en in de nabije toekomst worden deze testmethodes als kandidaat-standaardmethodes aangeboden aan betreffende NEN en ISO normcommissies.

Er zijn twee publicaties (conference proceedings) geweest en er is een aantal presentaties (bijvoorbeeld GAS2019, CIM2019) gegeven tijdens diverse Internationale conferenties. Vergaderingen van stakeholders zijn georganiseerd via Skype of tijdens een Workshop. De EMPIR-voortgangsbijeenkomst is georganiseerd op 3-4 oktober 2019 (M27/29) en de EMPIR-tussen-rapportages zijn opgesteld. De projectwebsite is bijgewerkt, zie <http://empir.npl.co.uk/biomethane/>.

Metrologie voor voertuigen op waterstof

Het ontwerp voor de gravimetrische opstelling om de waterstofflow op de locatie van een waterstoftankstation (Hydrogen Refueling Station, HRS) te meten, is in 2018 gemaakt en het merendeel van de onderdelen is besteld en geleverd. Een externe partij is ingehuurd om te adviseren over zaken rondom explosieveiligheid en regelgeving (ATEX, Hazop, RIE) om de opstelling op locatie in te kunnen zetten. Uit deze evaluatie kwam de aanbeveling om een extra temperatuurafhankelijke beveiliging aan het ontwerp toe te voegen (Thermal and Pressure Relief Device, TPRD). Ook dit onderdeel is inmiddels besteld en ontvangen en een externe partij is ingehuurd om de assemblage van de losse onderdelen tot één opstelling te verzorgen. Als gevolg van lange levertijden en de complexiteit van het geheel zal de opstelling naar verwachting pas aan het eind van het eerste kwartaal 2020 in gebruik kunnen worden genomen. Als alles goed gaat, zal dan nog precies binnen de projecttijd (einddatum eind mei 2020) kunnen worden deelgenomen aan de comparison. Praktijkmetingen bij een HRS zullen naar alle waarschijnlijkheid niet meer binnen die tijd gaan lukken.

De validatie voor de meetmethoden voor HCl, mierenzuur en formaldehyde is vrijwel afgerond en de behaalde detectiegrenzen zijn voldoende om deze te bepalen in waterstof volgens de specificaties in nieuwe ISO14687-2. De laatste stappen van validatie van de methoden zijn uitgevoerd met de magnetic suspension balance, die inmiddels, na reparatie, weer beschikbaar is en de validatierapporten zijn opgesteld. Binnen het EMPIR-project is overleg geweest over de resultaten van de ontwikkelde methoden en de resultaten van de binnen VSL ontwikkelde methoden zijn gelijk of superieur aan de methoden ontwikkeld door andere NMI's. De resultaten zijn gepresenteerd tijdens het GasAnalyse symposium 2019. De validatie werd ook vertraagd, omdat gedurende het project de ISO21087-norm gepubliceerd zou worden en besloten was dat de validatie volgens deze nieuwe norm uitgevoerd moest worden.

De mengsels (CO, O₂ en H₂O in H₂) nodig voor de intercomparison van instrumenten, zijn beschikbaar gesteld en de set gasmengsels voor de intercomparison zuiverheidsanalyse (CO, H₂S, N₂ en H₂O in H₂) zijn in juni aan de diverse deelnemers uitgeleverd. In totaal zijn er 10 deelnemers vanuit de industrie terwijl uitgegaan was van 3. Dit heeft wel gevolgen gehad voor de tijdsbesteding van VSL, omdat er ook een groter aantal gasmengsels beschikbaar gesteld moest worden. VSL is, samen met NPL, zelf ook deelnemer om de eigen CMCs te onderbouwen. VSL heeft de eigen resultaten ingeleverd en wacht nu op terugkoppeling van NPL.

Een aantal zwavelcomponenten is beladen op sorbent tubes en een stabiliteitsonderzoek is uitgevoerd om te onderzoeken of 'total sulphur' op deze manier geanalyseerd kan worden. Het resultaat is dat voor sommige zwavelcomponenten deze methode goed werkt, maar voor de belangrijkste zwavelverontreiniging (H₂S) is deze methode niet geschikt. De resultaten zijn gepubliceerd.

Ook is er input gegeven aan nationale (NEN TC197) en internationale (TC158-WG7 in liaison met TC197) standaardisatie commissies. Het werk van WG7 is afgerond met de publicatie van een nieuwe standaard voor de validatie van analysemethoden voor de zuiverheidsbepaling van waterstof (ISO 21087). Ook is het project gepresenteerd tijdens de Euramet vergadering in februari 2019. In september is een tweedaagse workshop georganiseerd bij VSL, gericht op de stakeholder community van zowel MetroHyve als het FCH 2 JU Hydrate project. Hierbij waren ongeveer 80 deelnemers uit het project en vooral de stakeholder community was aanwezig. De link naar de projectwebsite is: <http://www.metrohyve.eu/>.

LNG en LBG als transportbrandstof

De ingebruikname van de LNG kalibratiefaciliteit is afgerond met vloeibaar stikstof in juli 2019 waarna de validatieactiviteiten en het LNG flowmeter testprogramma tot een succesvol einde zijn gebracht. De resultaten zijn beschikbaar gemaakt voor eindgebruikers: <https://lngmetrology.info/vsl-releases-first-results-of-flow-meters-calibrated-in-cryogenic-conditions-at-its-lng-test-facility/>. Het LNG-flowmeter testprogramma is ook met vloeibaar stikstof verricht, in plaats van met LNG, in lijn met het verbeterplan van het gecontrafinancierde EMPIR-project "Metrological support for LNG and LBG as transport fuel". Dit verbeterplan volgde op de tijdelijke stillegging van het EMPIR-project vanwege het uitblijven van de LNG-flowmeter meetresultaten.

Er is momenteel nog geen datum vastgesteld voor de overgang van vloeibaar stikstof naar LNG op de kalibratiefaciliteit. In het gecontrafinancierde EMPIR-project zijn de activiteiten ter karakterisering van de EffecTech aardgasliquifier uitgebreid tot metrologische validatie van de EffecTech aardgasliquifier, zodat het projectdoel van een metrologisch gevalideerde liquifier gerealiseerd zal worden via een andere route. Deze activiteit ligt achter op het werkplan, maar zal naar verwachting voor de einddatum van het project volbracht worden. De link naar de projectwebsite is: <https://lngmetrology.info/>.

Metrologie voor geoxideerd kwik

Dit project is op 1 oktober 2017 gestart. In het in 2017 afgeronde EMRP-project "Herleidbaarheid van kwikmetingen" is een faciliteit ontwikkeld voor de herleidbare kalibratie van meetmethodes voor elementair kwik (Hg(0)). Deze primaire gasvormige kwik standaard is herleidbaar via gravimetrie, oftewel wegingen. Dit soort herleidbare meetmethoden en standaarden zijn echter ook nodig voor geoxideerd kwik (Hg(II)) om te voldoen aan de vereisten van EU-regelgeving en de implementatie van de Minamataconventie. Het doel van het project is om herleidbare

kalibratiemethode en standaarden te ontwikkelen voor de belangrijkste geoxideerde kwikverbindingen, in het bijzonder voor kwikchloride (HgCl_2).

De herleidbaarheid voor geoxideerd kwik zal verlopen via de faciliteit van VSL, die zorgt voor herleidbare kalibratiemethoden en -standaarden voor $\text{Hg}(0)$ gebaseerd op gravimetrie. Hiervoor is in 2018 een meetsysteem voor $\text{Hg}(0)$ en $\text{Hg}(\text{tot})$ ontwikkeld. In 2019 is het meetsysteem naar VSL gebracht voor metingen in combinatie met de $\text{Hg}(0)$ -generator. Tijdens deze metingen is het meetsysteem gekalibreerd met de primaire gasvormige kwik standaard en vervolgens zijn HgCl_2 gasgeneratoren gecertificeerd m.b.v. het gekalibreerde meetsysteem. Het meetsysteem en gecertificeerde gasgeneratoren worden in 2020 gebruikt voor veldtesten, uitgevoerd door projectpartners. De ontwikkelde kalibratiemethodes en het protocol voor de certificering van HgCl_2 gasgeneratoren zijn gerapporteerd en gepresenteerd bij GAS2019 (juni, Den Haag) en ICMGP 2019 (september, Krakow).

Er is extra werk verricht om potentiële gebruikers (o.a. Shell) te informeren over de projectresultaten en de impact van het project te vergroten. Hiervoor is een artikel geschreven in een populair tijdschrift over de ontwikkelde kalibratiemethodes voor geoxideerd kwik. Daarnaast is er een wetenschappelijk artikel geschreven over de ontwikkeling en validatie van de primaire gasvormige kwik standaard ontwikkeld door VSL. Dit artikel wordt begin 2020 opgestuurd naar een peer reviewed journal voor review. Als laatst is er een begin gemaakt met wetenschappelijk artikel over de resultaten van vergelijken van de primaire standaard met kalibratiefaciliteiten voor kwik bij andere NMIs en DIs. Dit artikel wordt in 2020 afgerond en opgestuurd naar een peer reviewed journal. De link naar de projectwebsite is: <http://www.mercox.si/>.

Metrologie voor stikstofdioxide

Doel van dit project is om de onzekerheid van NO_2 in 10 $\mu\text{mol/mol}$ mengsels te verkleinen tot 0,5% (thans 2% onzekerheid) met een stabiliteit van 2 jaar (thans 1 jaar). Om dit te bepalen is het van belang dat de analyse van NO_2 sneller en reproduceerbaarder gebeurt dan nu het geval is.

Een aantal mengsels is gemaakt (1, 5 en 10 $\mu\text{mol/mol}$) en deze zijn vervolgens geanalyseerd d.m.v. twee verschillende NO_2 -analysemethoden (chemiluminiscentie en NDUV, dat staat voor Non-Dispersive Ultra Violet Spectroscopy). Ook is de salpeterzuurfractie bepaald in deze mengsels. In een aantal mengsels is ook geprobeerd HNO_2 (salpeterigzuur) te meten, maar de hoeveelheid hiervan was beneden de detectielimiet.

De reproduceerbaarheid van de NO_2 -analyses is inmiddels verbeterd, wat van belang is voor de lopende stabiliteitsanalyses. Er is nog een verschil in analyseresultaten tussen de dynamische verdunningen en de PSMs (primaire standaardmengsels), dat moet worden opgelost. Binnen het Biomethaanproject wordt gewerkt aan een nieuw verdunningssysteem op basis van mass flow controllers, dat mogelijk ook voor NO_2 kan worden ingezet. Tot die tijd zullen de stabiliteitsanalyses worden uitgevoerd tegen primaire standaardmengsels die, lopende het project, dan extra bij moeten worden gemaakt.

Verder zijn er projectbijeenkomsten bijgewoond bij EMPA in Zwitserland en Forschungszentrum Jülich in Duitsland en zijn er presentaties gehouden tijdens de PittCon 2019 (USA) en het GAS Analysis Event 2019 in Den Haag. Op de Pittcon is o.a. het nieuwe NO_2 -kalibratiecertificaat gepresenteerd dat vorig jaar mede op basis van de resultaten in dit project is ontwikkeld. Dit leverde positieve reacties op van de gebruikers, met name de commerciële gasleveranciers en de vertegenwoordigers van wet- en regelgeving. De link naar de projectwebsite is: <http://empir.npl.co.uk/metno2/>.

Energiemanagement van elektrische spoorwegsystemen

In 2018 heeft VSL een referentiemeetopstelling gebouwd voor het uitvoeren van stroomkalibraties van energiemeetsystemen, zoals toegepast aan boord van treinen met gelijkstroom voeding. In 2019 is een vergelijkbare opstelling gebouwd voor treinen met AC-voeding. De opstelling is in eerste instantie gebouwd onder laagspanning om te testen of alles naar behoren werkt. In de tweede helft van dit jaar is de opstelling verder uitgebreid om ook stroomkalibraties uit te voeren onder hoogspanningscondities. Daarnaast is de grootte en het effect van de lekstroom bepaald in het gedeelte van de meetopstelling waar de referentiestroomtransformatoren zijn geplaatst. Hierna

is een begin gemaakt met de kalibratie van de stroomtransformator onder hoogspanningscondities, deze wordt komend jaar afgerond.

Als eerste stap voor de kalibratie van energiemeetsystemen aan boord van rijdende treinen is in juni 2019 een meeting bij Metro de Madrid geweest. Daarbij heeft een verkenning plaatsgevonden naar geschikte aansluitmogelijkheden in een metrostel. Daarnaast is er door VSL een onzekerheidsberekening gemaakt aan de hand van de door INRIM uitgevoerde metingen bij Trenitalia. De M18 meeting heeft in februari plaatsgevonden in Napels, en de M27 meeting in december in Madrid. De link naar de projectwebsite is: <https://myrails.it/>.

kQ-factoren in moderne radiotherapie

De metrologische herleidbaarheid voor de radiotherapie via de grootheid geabsorbeerde dosis in water is meer dan twee decennia geleden geïntroduceerd en vastgelegd in diverse 'codes of practice'. Instrumentspecifieke correctiefactoren, zogenaamde k_Q -factoren, voor ionisatiekamers zijn destijds berekend voor de modernste therapiemodaliteiten en faciliteiten. Vandaag de dag zijn er voor de meeste stralingsmodaliteiten primaire meetstandaarden beschikbaar. Daarnaast zijn rekenmethoden verbeterd en gebaseerd op moderne Monte Carlo methoden. Deze veranderingen hebben ervoor gezorgd dat één van de belangrijkste 'code of practice', die van de IAEA (International Atomic Energy Agency), TRS-398, toe is aan een update. De gebruikers van de TRS-398 zijn radiotherapie-instituten, nationaal, Europees en wereldwijd. Daarnaast worden de Europese fabrikanten van ionisatiekamers hier ook mee geholpen.

Voor mediumenergetische (kV) röntgenbundels zijn metingen verricht in 6 bundels met energieën tussen 100 kV en 300 kV. Drie ionisatiekamers (12 serienummers) zijn gekalibreerd in termen van dosis-in-water D_w ($N_{D,w}$) en air-kerma K_a (N_K). Hieruit zijn gemeten k_Q -factoren op basis van $N_{D,w}$ - en p_Q -factoren (perturbatiecorrectie) op basis van $N_{D,w}$ en N_K bepaald. Het oorspronkelijk doel was het meten van alleen k_Q -factoren voor deze 12 ionisatiekamers in 8 bundelkwaliteiten. Twee van de 8 stralingskwaliteiten bleken niet haalbaar voor D_w metingen i.v.m. een te laag dosistempo in de watercalorimeter. Er is gekozen voor toevoeging van N_K en daarmee het additioneel bepalen van p_Q -factoren, omdat met de behaalde resultaten, aangeleverd aan de IAEA, deze een uitspraak kan doen over herleidbaarheid via de traditionele K_a -route (met p_Q) versus de nieuwe D_w -route (met k_Q). De uitgevoerde metingen waren zo opgezet dat deze konden worden vergeleken met de uitgevoerde Monte Carlo berekeningen in hetzelfde WP van het project.

Voor het meten van k_Q -factoren van 5 ionisatiekamertypen (15 serienummers) in hoogenergetische fotonbundels tussen 6 MV en 25 MV zijn in 2017 en 2018 metingen verricht in 4 Elekta VersaHD bundels (AVL, Amsterdam) en 7 Varian TrueBeam bundels (DTU, Denemarken) met de door VSL in 2014 ontwikkelde watercalorimeter. Het is voor de eerste keer dat met dezelfde primaire standaard in versnellers van twee verschillende fabrikanten, zowel ongefilterde (FFF) bundels, alsmede conventionele gefilterde bundels (cFF) zijn gemeten voor 5 typen ionisatiekamers (15 serienummers). Tijdens alle bundels zijn 2 ionisatiekamers direct gekalibreerd tegen de VSL watercalorimeter in de 11 bundelkwaliteiten bij AVL en DTU. Uiteindelijk zijn cross-kalibraties van 22 ionisatiekamers (5 x IBA FC65-G, 5 x NE2571, 2 x NPL2611, 5 x PTW 30013, 5 x PTW 31021) door DTU uitgewerkt en medio december 2019 zijn deze gerapporteerd aan de IAEA. De metingen uitgevoerd bij AVL voor 15 ionisatiekamers zijn wel uitgevoerd, maar nog niet uitgewerkt.

Het project is met 6 maanden verlengd tot en met oktober 2019, omdat vooral het analyseren van de uitgevoerde metingen onderschat is, dat wil zeggen in WP1 6 kV bundelkwaliteiten voor 12 ionisatiekamers en in WP2 11 bundelkwaliteiten voor 15 ionisatiekamers, inclusief alle bijbehorende correctiefactoren voor zowel de watercalorimeter als de ionisatiekamers. VSL heeft met het project bereikt dat de VSL watercalorimeter verder geoptimaliseerd is voor de betreffende metingen (kV en MV on-site). De link naar de projectwebsite is: <http://www.rtnorm.eu/>.

Metrologie voor dunne, complexe materialen

Dit project richt zich op complex dunne films, die belangrijke componenten zijn in vele energie-technologieën, waaronder vermogenslektronica, solid state verlichting, zonne-energie en energie-efficiënte ramen. Al deze technologieën delen dan ook gemeenschappelijke uitdagingen met betrekking tot prestaties, stabiliteit en kosteneffectieve productie. Binnen dit project zal VSL, samen met Europese partners, een breedbandige optische scatterometer ontwikkelen, die nanostructuur

materialen kan karakteriseren in een golflengtegebied van 400 nm t/m 1000 nm. Deze scatterometer zal niet alleen de geometrie van kunststoffen bepalen, maar ook fysieke grootheden, zoals absorptie en brekingsindex. Dit wordt een wereldwijd uniek instrument, gezien de meetmogelijkheden en eigenschappen. Het project is bedoeld om de hightech industrie te ondersteunen, zoals bijvoorbeeld de halfgeleider industrie en producenten van meetapparatuur.

Eind 2018 is de gepulste laserbron gekocht en getest. Het bleek mogelijk om interferentiepatronen te zien door gebruik te maken van incoherent licht. Het systeem is vervolgens geïntegreerd in een zogenaamde vertragingslijn. Dit is een kernelement in de uiteindelijke configuratie van de scatterometer. Alle componenten zijn aangeschaft en in het systeem geïntegreerd. De ontwikkeling van de breedbandige optische scatterometer is in 2019 gereedgekomen. Een gedeelte van de laserveiligheidsmaatregelen is geïmplementeerd, zoals interlocks. Het complete systeem is in zijn finale configuratie gezet, waar het twee-puls gedeelte, het verlichtingsgedeelte, het referentiebundelgedeelte en de meetarm zijn samengevoegd.

In september 2019 is een artikel in een nationaal tijdschrift gepubliceerd over dit instrumentarium. In november is er een workshop met stakeholders geweest, waar is gesproken over de toepassingen en de exploitatie. De link naar de projectwebsite is: <https://www.hymet.ptb.eu/>.

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 wordt een faciliteit voor radiantiemetingen ontwikkeld met een beoogde meetonzekerheid van 0,5 - 2% (golflengteafhankelijk) voor een zeer breed golflengtegebied (270-2400 nm, WP1). Ook zal herleidbaarheid geleverd worden aan een spectrometer voor mesopauze metingen, d.m.v. een verstembare lasergebaseerde radiantiebron bij 1,55 μm , met een beoogde onzekerheid van 1% (WP2).

In WP1 wordt in samenwerking met TNO een case study uitgevoerd. Hierbij zou een breed-verstembare radiantiebron van TNO worden gekalibreerd, waarna deze zou worden ingezet voor het kalibreren van een satelliet spectroradiometer van TNO (TROPOLITE). Vanwege het defect raken van de verstembare laser van TNO is de radiantiebron in 2019 opgebouwd bij VSL, op basis van een integrerende bol van TNO en de laser van VSL. Deze opstelling is door VSL gekalibreerd voor radiantie, waarna samen met TNO de metingen voor de case study met de TROPOLITE spectrometer zijn uitgevoerd. De analyse hiervan is onderhanden werk.

Voor de ontwikkeling van de verstembare radiantiebron voor de mesopausespectrometer bij 1,55 μm heeft VSL een kleine aanpassing gedaan aan het ontwerp van de integrerende bol van de radiantiebron om tegemoet te komen aan extra eisen voor de kalibratie van een nieuw type spectrometer. In de 1^e helft van 2019 is de integrerende bol ontworpen, extern geproduceerd en geleverd. Diverse add-ons voor de bol (aperturen, houders voor detectoren en een element om 'laser speckle' tegen te gaan) zijn ontworpen en door ML vervaardigd. De verstembare infrarood laser is geleverd. Begin 2020 zal met deze componenten de IR-radiantiebron worden opgebouwd.

In november 2019 is een presentatie gegeven over de toepassing van verstembare lasers voor de kalibratie van spectroradiometers tijdens de ESA ESTEC Workshop on Innovative Technologies for Space Optics. De link naar de projectwebsite is: <http://www.meteoc.org/>.

Metrologie voor luchtvervuilende emissies

Een vernieuwd ontwerp voor de OPO (Optische Parametrische Oscillator) is afgerond. Het uiteindelijke ontwerp is gebaseerd op een intracavity OPO, waarin een PPLN (Periodically Poled Lithium Niobate) kristal in de cavity van een Nd:YVO₄ laser, zorgt voor de conversie naar mid-infrarood licht. De collimator van de pomplaser is vervangen door een nieuwe collimator met minder verliezen waardoor er minder opwarming plaats vindt. De opgebouwde Nd:YVO₄ laser heeft een relatief laag threshold vermogen. Doordat het PPLN-kristal in de cavity staat, is er, naar verwachting, maar een relatief laag laservermogen nodig om OPO-werking te krijgen.

De nieuwe FTIR is geleverd en geïnstalleerd (zie ook project "Metrologie voor stikstofdioxide", waar hetzelfde apparaat wordt ingezet). Er is een aantal testmetingen verricht. De ontvangen

gasmengsels met CO, C₃H₈ en N₂O van de Spaanse projectpartner (CEM) zullen hiermee worden gemeten na validatie van de opstelling (het wachten is nog op ontvangst van de meetcellen).

Numerieke modellering (CFD, Computational Fluid Dynamics) is uitgevoerd waarin de obstructie-effecten van een flow-sensor zijn gekwantificeerd. Gasstromingsmetingen met een S-Pitotbuis en met een L-Pitotbuis zijn verricht met als doel wand- en obstructie-effecten van de sensor op de meetonzekerheid te kwantificeren. De CFD-resultaten en metingen met de S-Pitotbuis zijn vastgelegd in een afstudeerscriptie. De tweede meetreeks met een L-Pitotbuis heeft tot verdere inzichten aangaande de wand- en obstructie-effecten geleid. Een rapport met de onzekerheidsbijdrage voor wand- en obstructie-effecten is afgerond. De resultaten van dit werk zijn gepresenteerd tijdens de Flomeko 2019 in Lissabon in juni, middels een presentatie en een bijbehorend conference paper.

Uit de experimenten ter bestudering van 'swirl' (letterlijk 'kolk') in 2018 is gebleken dat het effect hiervan als functie van de afstand van de flowmeter tot de schoorsteeningang dominant is in de gemeten snelheden. Er is een draft paper geschreven over de meetonzekerheid in het gemeten emissievolumedebiet ten gevolge van 'swirl' en het mogelijk reduceren ervan door middel van het gebruik van meerdere stromingssensoren, in samenwerking met projectpartner CMI (Tsjechië), die de bijbehorende simulaties heeft uitgevoerd. De link naar de projectwebsite is: <http://empir.npl.co.uk/impres/>.

Elektromagnetische interferentie bij statische elektriciteitsmeters

Het project "Elektromagnetische interferentie bij statische elektriciteitsmeters" is in 2018 van start gegaan. In februari heeft de M9 projectmeeting plaatsgevonden bij NPL. Hierbij was, behalve coördinator NPL en andere projectpartners, ook de 'chief stakeholder' Netbeheer Nederland aanwezig.

Een belangrijke activiteit in 2018 voor het project was het verwerven en meten van huishoudelijke apparatuur, teneinde potentieel versturende golfvormen vast te stellen. Een dertigtal apparaten is inmiddels bij VSL doorgemeten, resulterend in meer dan honderd datasets. Een paper hierover is gepresenteerd op de AMS2019 conferentie in Aken. Een tweede paper, dat meer inzoomt op de gevolgen van het gebruik van dimmers, is gepresenteerd tijdens de EMC Europe 2019 conferentie in Barcelona.

Voor het testen van statische elektriciteitsmeters tegen de gevonden golfvormen is een testopstelling ontworpen, gerealiseerd en gevalideerd. De resultaten hiervan zijn eveneens gepresenteerd op de EMC Europe 2019 conferentie in Barcelona. Er zijn intensieve contacten met stakeholders, zowel op nationaal als Europees niveau. Er is op zeer regelmatige basis contact met de chief stakeholder Netbeheer Nederland. Met vertegenwoordigers van Netbeheer Nederland en de netbeheerders is in maart een bezoek gebracht aan ELaad, waar onderzoek wordt gedaan naar laadmogelijkheden voor elektrische auto's.

Daarnaast is op Europees niveau samenwerking tot stand gebracht met ESMIG, de organisatie van de meterfabrikanten en met de CEN-CENELEC Coordination Group on Smart Meters, een TC-overstijgende groep specifiek voor de smart meter roll-out in Europa. Deze laatste groep komt twee keer per jaar bij elkaar in Brussel; op beide bijeenkomsten zijn we aanwezig geweest met een presentatie over de status van dit project.

De M18 meeting is gecombineerd met een stakeholder workshop tijdens de EMC Europe 2019 conferentie in Barcelona. VSL heeft drie bijdragen op deze conferentie gepresenteerd en actief aan de workshop bijgedragen door middel van twee presentaties. De link naar de projectwebsite is: <http://empir.npl.co.uk/meteremi/>.

Verliesmetingen voor vermogenstransformatoren en reactoren

VSL is de coördinator van het EMPIR-project "TrafoLoss". In dit project wordt gewerkt aan metrologisch onderzoek naar nauwkeurigere en betrouwbaardere verliesmetingen van vermogens-transformatoren en reactoren die gebruikt worden in het hoogspanningsnet. VSL is bezig met het verbeteren van het referentie meetstelsel dat eerder in het EMRP ELPOW-project is ontwikkeld, om de onzekerheid te verlagen tot 10-20 ppm niveau, zodat ook de nauwkeurigheid van industriële meetstelsels verder kan worden verlaagd. Het ontwerp voor het verbeterde stelsel is afgerond en er is goede voortgang geboekt in het maken en karakteriseren van de componenten van het verbeterde systeem.

Een belangrijk onderdeel van het verbeterde referentiesysteem zijn nieuwe stroomtransformatoren (CTs). In 2018 is een nieuwe stroomtransformator getest en er is een basisontwerp gemaakt. Dat ontwerp is in 2019 verbeterd en op basis daarvan is nieuw kernmateriaal besteld en er is gestart met de constructie van de definitieve versie van de CT. Een tweede onderdeel van het verbeterde systeem is een power-samplingtechniek, die nauwkeurig is op het niveau van 10 μ W/VA.

De elementen van de power meetopstelling zijn uitgebreid onderzocht op hun nauwkeurigheid en inmiddels is een onzekerheid van beter dan 10 μ W/VA gerealiseerd. Wel is er nog een aantal punten gevonden die verder onderzocht moeten worden. Dit zal worden gedaan samen een collega van JV, Noorwegen, die een EMPIR "Researcher Mobility Grant" heeft verworven om in 2020 zes maanden bij VSL aan dit onderwerp te werken.

Met ondersteuning van een gastonderzoeker van NIM, China, die 3 maanden bij VSL heeft gewerkt, is een start gemaakt met het evalueren van de nauwkeurigheid van het spanningskanaal van het verbeterde referentiesysteem. Samen met partner TUBITAK is een definitieve versie gemaakt van het overzicht van eisen aan industriële verliesmeetsystemen (LMS), waarvoor 13 transformatorfabrikanten hun input hebben gegeven.

De projectwebsite is operationeel (<http://www.trafoloss.eu>) en er is goede belangstelling van en interactie met stakeholders. In het bijzonder is er warme interesse vanuit de CENELEC TC14, die op halfjaarlijkse basis wordt bijgepraat over de projectvorderingen en INTAS, een EU-breed consortium met marktsurveillancepartijen, die toezien op de implementatie van de Ecodesignrichtlijnen voor vermogenstransformatoren.

Er zijn regelmatig projectwebmeetings gehouden om de projectvoortgang te monitoren. De project stakeholders worden via mail updates regelmatig geïnformeerd over de projectvoortgang. Een belangrijke gebeurtenis in 2019 was de midterm meeting met stakeholder workshop, gehouden op 24 september in combinatie met de IEEE AMPS conferentie in Aken. Tijdens de workshop en conferentie zijn in totaal 70 stakeholders geïnformeerd over de projectvoortgang. Op de ICTRAM2019-conferentie is een paper gepresenteerd aan de bredere vermogenstransformator gemeenschap over belangrijke aspecten in kalibraties van industriële verliesmeetsystemen. Naar aanleiding van deze presentatie is VSL uitgenodigd om bij te dragen aan een CIGRE-brochure over efficiëntie van vermogenstransformatoren.

Betrouwbare metingen van supraharmischen in het elektriciteitsnet

Dit EMPIR-project is op 1 mei van start gegaan. De kick-off meeting heeft plaatsgevonden op 21 juni bij NPL. Een van de belangrijkste hoofdoelen van het project is om een nieuwe meetmethodiek te ontwikkelen voor het meten van supraharmische (2-150 kHz) emissie.

Om de huidige methodieken te kunnen vergelijken met de nog te ontwikkelen nieuwe meetmethodiek, is er in 2019 een ontwerp gemaakt van een labopstelling die het mogelijk maakt om de supraharmische (2-150 kHz) emissie van (huishoudelijke) apparatuur te meten. Er is in samenwerking met partners een lijst van sterk vervuilende apparatuur samengesteld die gebruikt gaat worden om de huidige meetmethodieken te kunnen vergelijken met nieuwe ontworpen meetmethodieken.

In overleg met partners is besloten om de door VSL in het verleden ontwikkelde meetset te gebruiken voor metingen op locatie. Er zijn diverse aanpassingen aan deze meetset verricht om de meetset bruikbaar te maken voor dit type metingen. De link naar de projectwebsite is: <http://empir.npl.co.uk/supraemi/>.

Herleidbaarheid voor hoogfrequente metingen aan planaire componenten en materialen

Het EMPIR-project "Herleidbaarheid voor hoogfrequente metingen aan planaire componenten en materialen" is op 1 mei 2019 van start gegaan. De kick-off meeting heeft plaatsgevonden op 28-29 juni 2019 bij NPL. Er is een referentiewafer ontworpen, met daarop diverse soorten kalibratie- en verificatiecomponenten, voor operationele geschiktheid tot 1,1 THz. Ook is een computergestuurde techniek ontwikkeld voor geautomatiseerd contacteren van planaire componenten. Dit zelflerende algoritme functioneert en ondersteunt het planaire probingstation van VSL.

Er is inmiddels ook een projectwebsite (<http://projects.lne.eu/jrp-temmt/>). Alle publicaties en experimentele data zijn open access en beschikbaar op deze website. De M9 projectpartners meeting en de meeting met stakeholder workshop zijn gehouden op 15-16 januari 2020 bij LNE

(Parijs). De doelstellingen van het project en de rapportage over de lopende technische werkzaamheden zijn daar gepresenteerd.

Radiotherapie in combinatie met hyperthermie

Hyperthermie (HT) in combinatie met radiotherapie (RT) is een methode om door temperatuurverhoging van het weefsel, de gevoeligheid van (tumor)cellen voor radiotherapie te verhogen. Belangrijk hierbij is dat de temperatuurverhoging beheersbaar en homogeen is en dat hyperthermie en radiotherapie bij voorkeur kort na elkaar en liefst simultaan worden uitgevoerd. Conventionele hyperthermietekniken zijn hiervoor niet optimaal. In het EMPIR-project "Radiotherapy Coupled with Hyperthermia" (RaCHy) wordt de metrologische basis ontwikkeld om nieuwe technieken een stap dichterbij klinische toepassing te brengen.

Een van de technieken, die onderzocht wordt is gebaseerd op radioactieve magnetic nanoparticles (MNP), die door middel van elektromagnetische velden gebruikt kunnen worden om lokaal het weefsel te verwarmen. Deze methode maakt het in potentie mogelijk om tegelijkertijd de straling af te geven en het weefsel te verwarmen. De belangrijkste eigenschappen voor de effectiviteit van deze MNPs zijn deeltjesconcentratie, afmetingen en de dosisverhoging in een gebied rondom een MNP met een diameter van 1 micrometer. VSL onderzoekt in dit project dosimetrische en dimensionele meetmethodes, die nodig zijn voor de bepaling van deze eigenschappen van de radioactieve MNPs.

De ontwikkeling van de dimensionele meetmethodes voor MNPs is gaande, de opstelling wordt opgebouwd en de software is beschikbaar en wordt uitgebreid voor gestratificeerde nanodeeltjes. Deze activiteiten lopen synchroon aan het "Metrologie voor extracellulaire deeltjes" project.

Er is een start gemaakt met de ontwikkeling van het Monte Carlo model. Er is een geometrie gedefinieerd en er wordt op dit moment gekeken welke simulatieparameters gebruikt dienen te worden en hoe de afgegeven dosisverdeling geregistreerd kan worden. De link naar de projectwebsite is: <https://rachy-project.eu/>.

Brachytherapie

Elektronische brachytherapie (eBT) richt zich op het bestralen van tumoren met röntgenstralen van dichtbij en heeft potentiële voordelen ten opzichte van conventionele radiotherapie. De beschikbare systemen hebben echter unieke kalibratiemethoden, meestal indirect en met onzekerheden groter dan klinisch acceptabel. Dit betekent dat behandelplannen niet eenvoudig kunnen worden aangepast van het ene eBT systeem naar het andere, wat de voortgang van andere therapie in de klinische praktijk belemmert.

Het resultaat zal een geharmoniseerde kalibratieservice zijn, plus kalibratienormen voor onafhankelijke en traceerbare verificatie van dosimetrie, voor zowel nieuwe systemen als voor kwaliteitsborging van bestaande apparatuur. Vergelijkbaarheid, ondersteund door de allereerste normen, zal het klinische vertrouwen verbeteren en, aangezien de behandelingskosten lager zijn dan voor conventionele radiotherapie, kan een verhoogde opname de kosten voor de Europese gezondheidsstelsels verminderen.

Hierbij zal specifiek VSL zich richten op het framework voor herleidbaarheid van oppervlakkige bestralingsmethoden. Realisatie van dosimetrische herleidbaarheid voor oppervlakkige eBT bestralingen, in lijn met dosimetrie-richtlijnen (normen) voor het meten van geabsorbeerde dosis in water (IAEA TRS-398, NCS-10, DIN 6809-4 en IPEMB). Onderdeel hiervan is bepalen van de dosis op de huid (70 μm) en het uitvoeren van metingen voor de conversie van dosis aan het oppervlak (70 μm) naar de dosis op 1 cm diepte.

Het project is op 1 juli 2019 gestart. De kick-off meeting is gehouden en een evaluatie van de kalibratiemethode op basis van het protocol NCS-10 (NCS = Nederlandse Commissie voor Stralingsdosimetrie) is uitgevoerd. De link naar de projectwebsite is: <http://www.ebt-empir.eu>.

Metrologie voor extracellulaire deeltjes

Extracellulaire deeltjes (EVs) zijn nanodeeltjes uit lichaamsvloeistoffen, die klinisch relevante informatie bevatten. Om de concentratie en oorsprong (aan de hand van grootte, grootteverdeling, fluorescentie, etc.) van deze deeltjes te kunnen vaststellen, dient de gebruikte meetapparatuur

gekalibreerd en de meetmethodiek gevalideerd te zijn. In dit project zal daarvoor referentiemateriaal worden ontwikkeld en meetmethodieken om dit te kunnen karakteriseren. Verder wordt er biologisch referentiemateriaal beschikbaar gemaakt voor een vergelijking van metingen van klinische laboratoria na uitvoering van de kalibratieprocedure met het ontwikkelde, herleidbare referentiemateriaal.

VSL zal een metrologische flowcytometer ontwikkelen als uitbreiding van een reeds bestaande modificeerbare optische microscoop. Deze metrologische flowcytometer kan vervolgens worden gebruikt ter karakterisering van EV-(referentie)materiaal en ter vergelijking en validatie van klinische metingen. De flowcytometer zal worden voorzien van een vloeistofcel met hydrodynamische focussing van een gravimetrisch gecontroleerde sample-vloeistof. De deeltjes in de vloeistof worden één voor één door een gefocuseerde lichtbundel gestuurd, waarna het verstrooide lichtprofiel kan worden gebruikt om de grootte en de brekingsindex van het deeltje te bepalen. Bovendien wordt in het geval dat de deeltjes voorzien zijn van fluorescerende labels, de fluorescentie-intensiteit bepaald met behulp van een toevoeging van een microRaman-arm aan de opstelling.

VSL voert de coördinatie van dit project. Er is een kick-off vergadering georganiseerd bij VSL, het datamanagementplan is opgesteld en een stakeholdercommissie is opgericht. De opbouw van de opstelling is gaande met toevoeging van een vloeistofcel, waarvan de discussie over de fabricage loopt met verschillende leveranciers. De software is beschikbaar en wordt aangepast aan de huidige ontwerpkeuzes betreffende de belichting. De software wordt nog uitgebreid voor gestratificeerde deeltjes. Na het afronden van een optimalisatiestudie zal de belichting zodanig worden gekozen dat de grootte en brekingsindex van de EVs uniek kan worden bepaald. De brekingsindexmeetfaciliteit is uitgebreid met een kleine gesloten vloeistofcel, maar wordt bovendien nog voorzien van een grotere flow-throughcel. De link naar de projectwebsite is: <http://www.metves.eu/>.

'Non-uniqueness' van de ITS-90

Het EMPIR project "Realizing the redefined Kelvin (ReaK)" is van start gegaan per 1 september 2019. Het doel van het project is om de implementatie van de herdefinitie van de Kelvin te begeleiden voor de industrie. Hierdoor wordt het gemakkelijker om de in-situ herleidbaarheid te realiseren in toepassingen zoals monitoring op afstand in productieprocessen en de nucleaire energiesector. Daar deze transitie waarschijnlijk jaren in beslag gaat duren, wordt ook onderzocht hoe de ITS-90 schaal kan worden verbeterd.

VSL leidt werkpakket 3 en werkt daarin aan het verbeteren van de internationale temperatuurschaal ITS-90 en het aanpakken van enkele zwakke punten, namelijk de onzekerheid van ITS-90 non-uniqueness en de vervanging van het kwik (Hg) vaste punt. VSL draagt bij aan het onderzoek door hoognauwkeurige isothermische metingen uit te voeren in het bereik van 0-70 °C om type 3 non-uniqueness te evalueren. Daarnaast wordt er SPRT data van onze eigen database en van andere NMI's verzameld om type 1 non-uniqueness te evalueren. De kick-off meeting is bezocht, de eerste SPRTs moeten nog worden ontvangen van NPL (UK). Het verzamelen van de SPRT data is bijna compleet. De link naar de projectwebsite is: <https://real-k.aalto.fi/>

Nieuwe tijdsignalen voor (sub)ps-tijdintervalmetingen

Het EMPIR project "Nieuwe tijdsignalen voor (sub)ps-tijdintervalmetingen" is op 1 juni 2019 van start gegaan. De kick-off meeting heeft plaatsgevonden op 24-25 juni bij NPL. De hoofdtaak van VSL in dit project is het bouwen van een nieuw digitaal modem voor tijd- en frequentie-overdracht. De selectie van het hardwareplatform is voltooid. Zowel de hardware- als software-onderdelen van het platform zijn gebouwd en getest. Het testbed is opgesteld. Er wordt gewerkt aan de softwareontwikkeling op basis van het platform. Daarnaast is er een training op het gebied van Software Defined Radio (SDR) gevolgd, die werd gehouden bij NPL op 25-26 november. Alle partners in WP1 hebben de cursus gevolgd en samenwerkingen met leveranciers werden daar besproken.

De project website is <http://empir.npl.co.uk/tifoon/>. Alle publicaties en experimentele data zijn open access en beschikbaar op deze website. De M9 projectpartners meeting en de meeting met stakeholder workshop zullen gehouden worden op 23-24 maart 2020 bij Observatoire de Paris. De

doelstellingen van het project en de rapportage over de lopende technische werkzaamheden zullen daar worden gepresenteerd.

Debietmetingen voor 'groene' gassen en gasmengsels in het gasnet

Het EMPIR-project "Debietmetingen voor 'groene' gassen en gasmengsels in het gasnet" is op 1 juni 2019 van start gegaan. De kick-off meeting heeft plaatsgevonden bij LNE (= NMI Frankrijk). De expertgroep ter bestudering van de huidige CEN/TC 237 en WELMEC/WG 11 standaarden is geformeerd. Binnen deze expertgroep zullen de conformiteitseisen in de CEN/TC 237 en WELMEC/WG11 gasmeter standaarden bij het gebruik van hernieuwbare gassen geëvalueerd worden. Met de groep van belanghebbenden, waaronder o.a. gasnetbeheerders en meterfabrikanten, is de manier van informatie-uitwisseling overeengekomen. Het projectmanagement is uitgevoerd, waaronder ook diverse webmeetings ten behoeve van het werkpakket, waarvan VSL de werkpakketleider is.

Voor de beoogde nauwkeurigheidstesten van 'groene gassen' op hoge druk zijn de eerste stappen gemaakt, door inschakeling van een consultant, die de explosieveiligheid van de hoge drukfaciliteit heeft beoordeeld voor gebruik met waterstof (en mengsels met aardgas). Hieruit zijn diverse aanbevelingen ter verbetering gekomen. Een aantal van deze verbeterpunten is reeds aangepakt of materialen hiervoor zijn reeds besteld. De projectwebsite (<https://www.newgasmet.eu>) is operationeel en tevens is er een LinkedIn-pagina ten behoeve van het project in het leven geroepen.

SBO Basisbeheer en Beheerontwikkeling

Chemie

Het jaar 2019 is voor de afdeling Chemie goed verlopen, met o.a. het binnenhalen van drie nieuwe EMPIR projecten (kwik, VOC en NO₂-emissie), die goed passen in de strategie van de afdeling, een record hoeveelheid aan extern werk en een passende hoeveelheid medewerkers voor de uitvoering van het werk. Bij een VSL-brede, interne reorganisatie zijn alle Chemiemedewerkers weer in dezelfde unit geplaatst, waarmee de interne samenwerking tussen de wetenschappers en de metrologisch medewerkers nog verder is verbeterd.

Het upgraden van het laboratorium naar een 'beyond the state-of-art' lab heeft verder vorm gekregen door de aanschaf van een nieuwe FTIR (Fourier Transform InfraRood spectrometer). Deze biedt een scala aan mogelijkheden om met name de aanwezigheid van HNO₃ en H₂O in de NO₂-mengsels te kwantificeren, waarmee belangrijk inzicht komt in de stabiliteit van deze mengsels. Met een, inmiddels gevalideerde, GC (GasChomatograaf) met waterstofcarrier is alvast geanticipeerd op een waarschijnlijke toekomstige heliumschaarste en met de nieuwe HCl-analyzer kunnen lage concentraties HCl in lucht en waterstof worden bepaald.

Het beheer is conform planning verlopen, waarbij ook de zorg omtrent de levering van nieuwe cilinders voor lage concentraties SO₂ uit de lucht is. Na veel overleg en vertraging is uiteindelijk een batch goede cilinders geleverd door de leverancier. Ook bij NO₂ waren er gedurende het jaar twijfels over de kwaliteit van een set cilinders, maar ook daar zijn nieuwe cilinders voor aangeschaft en lijkt alles weer onder controle.

De jaarlijkse RvA-audit van 12-14 maart 2019 heeft 5 afwijkingen opgeleverd. De corrigerende maatregelen zijn genomen en inmiddels is de accreditatie verlengd. Tijdens de audit is o.a. de uitbreidingsaanvraag voor een 'broad scope CMC's' behandeld en geaccepteerd. Deze unieke scope entry biedt mogelijkheden om mengsels met een afwijkende samenstelling en/of afwijkende molfractie(s) toch onder accreditatie te kunnen leveren.

Internationaal is deelgenomen aan verschillende metrologie- en standaardisatievergaderingen. Het aantal normcommissies dat voor de afdeling van belang is groeit, voornamelijk vanwege de energiediversiteit als gevolg van de energietransitie. Hier zullen keuzes moeten worden gemaakt hoe de beschikbare middelen het best besteed kunnen worden.

Bij het symposium ter gelegenheid van 25 jaar BIPM is een poster gepresenteerd en is een publicatie geschreven over VSL's bijdrage op het gebied van 'energy gases'. Verder zijn er presentaties gegeven over NO₂ en VOC (PittCon) en biomethaan (Peftec) en zijn er vijf presentaties en twee posters gepresenteerd tijdens het GAS Analysis Symposium in Den Haag in juni 2019. Eén van die posters leverde de Best Poster Award op en de presentatie over waterstof eindigde in de top-3 van beste presentaties. In totaal is meegewerkt aan tien peer-reviewed publicaties, waarvan VSL bij twee de lead author was:

- Van der Veen A.M.H., Nieuwenkamp G., "Revision of ISO 19229 to support the certification of calibration gases for purity analyses", Accreditation and Quality Assurance 24 (2019), pp. 375-380
- Li J., Persijn S., de Krom I., Meuzelaar H., Van der Veen A.M.H., "Metrology for biomethane conformity assessment: measure trace gas impurities in biomethane", 19th International Congress of Metrology (CIPM2019), EDP sciences, 2019.

Elektriciteit

DC en Laagfrequent

Het standaardenbeheer bij DCLF is grotendeels volgens plan verlopen. Bij hoge weerstand is er een probleem geconstateerd in de vorm van een te hoge afwijking in de CCEM.EM-K2.2012 vergelijking. Naar aanleiding hiervan is een onderzoek ingesteld. Dit leidde tot een sluitende verklaring voor de gevonden afwijking: te korte stabilisatietijden bij de zelfkalibratie van de binaire verdeler van de meetbrug. Door middel van een bilateraal vergelijk met NPL is de correcte oplossing van het probleem geverifieerd. Bij AC/DC is de expert langdurig afwezig. Twee nieuwe collega's hebben zich ingewerkt op dit onderwerp, waardoor het beheer alsnog heeft kunnen plaatsvinden. Een punt van zorg zijn de problemen bij het Temperatuurlab, waardoor de kalibratie van verschillende temperatuursensoren lange tijd niet kon plaatsvinden. Inmiddels zijn de interne temperatuurkalibraties grotendeels weer uitgevoerd. De RvA-audit is voorbereid en uitgevoerd in maart. Deze audit was voor EL een technische beoordeling, waarbij opnieuw een aantal belangrijke aanpassingen in de RvA-scope is doorgevoerd. Er werden zes non-conformities geconstateerd, waar inmiddels oplossingen voor zijn geïmplementeerd.

Het EMPIR-project "Waveform metrology met AC Josephson spanningen" is eind mei afgerond. In de laatste vijf maanden is het vorig jaar aangeschafte NIST-array gevalideerd. Ten behoeve van de opstelling is een spanningsdeler en buffer geïmplementeerd en gevalideerd. Daarnaast is de impedantiematching, die gesimuleerd is, in praktijk gebracht. Ondanks een aantal pogingen is het helaas niet gelukt om de theoretisch voorspelde resultaten experimenteel te bevestigen, hetgeen teruggekoppeld is aan het consortium. Tijdens de validatiemetingen met impedantiematching bleek dat de meetfaciliteit de huidige CMC niet haalt. Dit wordt opgepakt in het SBO-project "Pulse-driven Josephson", dat aansluitend van start is gegaan. Binnen dit SBO-project wordt ook de meetsoftware robuuster gemaakt. Een eerste versie van de nieuwe software is inmiddels gereed voor testen. Voor het oplossen van het probleem met de impedantiematching zijn equalizers geselecteerd en besteld.

Het EMPIR-project "ROCOF-metingen in intelligente netten" is succesvol afgerond. Er is een rapport opgeleverd met daarin wiskundige beschrijvingen van golfvormen, waartegen Phasor Measurement Units (PMUs) getest moeten worden, alsmede de nauwkeurigheid die in die testen gehaald moet worden. VSL heeft een testopstelling gerealiseerd voor het testen van PMUs. Er is daarvoor flexibele meetsoftware gerealiseerd, die automatisch testsignalen genereert uit een bibliotheek conform de internationale IEC/IEEE PMU-standaard en analysesoftware, die de gegenereerde testsignalen kan analyseren en vergelijken met de resultaten van de geteste PMU. Ter afsluiting van het project is een webinar georganiseerd door NPL in samenwerking met VSL, tijdens welke de resultaten van het project zijn gepresenteerd aan circa vijftig stakeholders, die op uitnodiging, live deelnamen. De ontvangen feedback is dat de resultaten van het project bijzonder nuttig zijn. Er zijn inmiddels 3 papers gepubliceerd, 1 is in december 2019 ingediend en nog 1 paper is in voorbereiding.

Het EMPIR-project "Metrologie voor digitale onderstations" is vorig jaar van start gegaan. In dit project werkt VSL aan een referentie Stand Alone Merging Unit (SAMU) en een gedistribueerde digitizer. Voor beide zijn inmiddels prototypes gerealiseerd. Ook een eerste versie van de firmware voor de gedistribueerde digitizer is geschreven. De resultaten zijn gepubliceerd door middel van een gezamenlijke poster met projectpartner VTT op de stakeholder workshop van het EMPIR-project en op de AMPS-conferentie.

Het EMPIR Joint Network Project "Europees Metrologie Netwerk op het gebied van Slimme Elektriciteitsnetwerken" is op 1 mei 2019 van start gegaan. De kick-off meeting heeft plaatsgevonden op 13 mei in Ljubljana, tegelijk met de eerste officiële algemene vergadering van het Europese Metrologie Netwerk (EMN) zelf, waarbij VSL-afgevaardigde Gert Rietveld tot voorzitter van het EMN is gekozen. Belangrijke activiteiten, waarmee een begin is gemaakt, zijn het opstellen van een eerste versie van de strategische researchagenda voor het EMN, het aangaan van strategische allianties met stakeholders (CENELEC, IEC, ESMIG) en de externe presentatie door middel van 'branding' en een EMN-website.

Hoogfrequent

Het standaardenbeheer is bij HF volgens plan verlopen. Op ontwikkelingsbied heeft de focus gelegen op het EMPIR SIP-project "Meetsoftware voor herleidbare S-parametermetingen". Een eerste volledige bèta-versie van de VNA-software, inclusief een module voor onzekerheidsberekeningen, is geïmplementeerd en gevalideerd door vergelijking met bestaande VNA Tools 2 software van METAS. Het ontwerp is vastgelegd in een zogenaamd deliverable document. De bèta-versie is getest op gebruikerservaring in een commerciële omgeving bij DARE!. De feedback van de gebruikers wordt meegenomen in een nieuwe versie die begin 2020 wordt opgeleverd.

Ioniserende straling

De faciliteiten onder SBO-beheer hebben behoorlijk wat onderhoud gehad. De oorzaak van de problemen met de verplaatser van de DIR (kalibratiefaciliteit voor stralingsmonitoren) zijn gevonden en verholpen. Er is een nieuwe Ir-192 bron voor de putkamer aangeschaft, die in april 2019 is geïnstalleerd. De gammatron Co-60 bron heeft een paar dagen stilgelegen door problemen met het in- en uitdraaien van de bron. Hier is een tijdelijke oplossing voor ontwikkeld. Hierdoor kan deze opstelling weer even mee, maar de vervanging van deze opstelling moet nu ingepland worden. Ondanks deze problemen is het beheer naar behoren uitgevoerd.

Het door VSL gecoördineerde EMPIR-project "Metrology for MR guided Radiotherapy (MRgRT)" is afgerond. De resultaten van dit project worden ondertussen in verschillende publicaties verspreid.

Key comparison EURAMET 1132 (Ambient dose equivalent voor 60 keV iso-narrow en Cs-137 voor dosisrates tussen 10 $\mu\text{Sv/h}$ – 1 mSv/h) is gepubliceerd en de resultaten waren in overeenstemming met die van de andere deelnemers. De voorbereidingen voor BIPM.RI(I)-K8 (Reference Air Kerma Rate voor HDR Ir-192 Brachytherapy) zijn afgerond. De metingen zijn in samenwerking met BIPM uitgevoerd. In september 2019 zijn de resultaten opgestuurd naar BIPM. De key comparisons voor ^{125}I LDR en X-ray 20 kV-100 kV zijn nog niet gestart. Wel is er voor ^{125}I LDR contact gezocht met andere geïnteresseerden. Er zal in 2020 gekeken worden hoe aan deze vergelijking vorm kan worden gegeven.

Massa, Druk en Viscositeit

Het beheer voor Massa, Druk en Viscositeit is conform planning uitgevoerd. De Automated Mass handler voor Druk is geleverd, getest voor acceptatie en in gebruik genomen voor kalibraties. De EURAMET-vergaderingen voor TC Mass zijn bijgewoond, evenals de CCM WG Mass en de nationale technische commissie Drukmeting.

De medewerker van het Viscositeitslab heeft gedurende het jaar de overstap gemaakt naar een andere (externe) baan. In de laatste maanden van de contractduur zijn twee nieuwe medewerkers ingewerkt om de continuïteit te waarborgen en zo min mogelijk kennis verloren te laten gaan. Het is de verwachting dat het nieuwe team in 2020 de opgelopen achterstand kan inhalen en de kwaliteit van het beheer op orde kan houden.

In het EMPIR "DynPT" project is het mechanische deel van de opstelling (drukcel, pistoncilinder en de mechanische actuator) eind 2018 opgebouwd. In 2019 is verder gewerkt aan de ontwikkeling van het optische (interferometer) deel en de metrologische herleidbaarheid. Een commerciële interferometer is aangeschaft en twee commerciële druksensoren zijn geïnstalleerd in de drukcel en die kunnen inmiddels simultaan worden uitgelezen. Een solenoid-based actuator is aangeschaft om de beoogde drukpuls van 400 MPa in 2-3 ms te genereren.

Er is in 2019 weinig tijd besteed aan de key comparisons, omdat de pilot labs de start van de key comparisons CCM.D-K5 en Euramet 14xx hebben uitgesteld tot 2020.

Lengte

Het beheer van de standaarden heeft in 2019 een achterstand opgelopen. De risico's van achterstallig onderhoud zijn geïnventariseerd en geminimaliseerd. De kleinehoekgenerator is na de interne verhuizing weer operationeel. Door het wegvallen van een interne auditor zijn vier interne audits nog niet uitgevoerd. De contacten met de EURAMET-commissies en CCL (BIPM) zijn onderhouden.

Er is in 2019 gewerkt aan zes onderzoeksprojecten binnen het EMPIR en het H2020-programma. Het EMPIR-project "Herleidbare 3D nanometrologie" is in oktober afgerond. VSL heeft in dit project de ringvergelijking voor nanodeeltjes en 3D-referentiematerialen georganiseerd en hieraan zelf ook deelgenomen. Verder zijn er AFM-metingen aan de referentiematerialen voor tipkarakterisatie en hybride metrologie uitgevoerd.

In het H2020-project "Hybride 3D-fabricagemethoden" is de proof-of-principle meetopstelling ingezet voor het meten van geprinte geleiders. Met deze contactloze meetmethode zijn sub-surface geprinte geleiders gemeten, evenals elektrische verbindingen tussen geprinte geleiders.

In drie van de vier in 2019 gestarte EMPIR projecten: "Metrologie voor de Fabrik van de toekomst", "Nano- en microresonatoren voor zeer gevoelige verplaatsingsmetingen" en "Herleidbare metingen van nanodeeltjes" is VSL projectpartner en zitten de acties vooral in de ontwerpfasen. In het vierde project "Optisch zeer nauwkeurig meten door aangepaste licht-materiaal interacties" is VSL coördinator. Dit project ligt op schema en de eerste 18 publicaties zijn inmiddels een feit.

Het ontwikkelproject "Doorontwikkeling buisdiametermeetwagen" is afgesloten en sluit goed aan bij metingen aan een vloeistofmeetstation, hetgeen voor de dienstverlening op het gebied van Volumetrie (Flow) van belang is.

De door VSL georganiseerde key comparison L-K4 2005.1 (diameter) is in 2019 afgerond. De eerste resultaten van de L-K4 2015 (eveneens diameter) laten twee afwijkingen voor de VSL resultaten zien. Deze zullen nader onderzocht worden. Bij de uitvoering van de L-K5 (stappeneindmaat) blijkt uit de eerste resultaten dat er zeer waarschijnlijk een verkeerde opspanning van de rondgestuurde stappeneindmaat is toegepast. VSL heeft een nieuwe stappeneindmaat aangeschaft en zal een bilaterale vergelijking organiseren om de geaccrediteerde onzekerheid alsnog te onderbouwen. Validatiemetingen voor een bilateraal vergelijk m.b.t. brekingsindexmetingen zijn uitgevoerd. Tenslotte zijn de metingen uitgevoerd en is de rapportage ingestuurd voor het vergelijk op het gebied van oppervlakteruwheid met AFM (Euramet 1239).

Thermometrie

Het beheer voor thermometrie is minimaal uitgevoerd over een gedeelte van de scope. Momenteel is de scope van het afgeleide lab vastgesteld op -38 °C tot 100 °C. De scope van het primaire lab is vastgesteld op -38 °C tot 441 °C. De volledige scope van de temperatuurmetingen (-196 °C tot 1550 °C) is nog niet gevalideerd omdat met het huidige werkprotocol er onvoldoende tijd beschikbaar was om al deze validaties uit te voeren. Vanwege problemen met de luchtkwaliteit was het laboratorium gedurende het grootste gedeelte van het jaar niet vrijgegeven om in te werken. De beheerwerkzaamheden zijn uitgevoerd met persoonlijke beschermingsmiddelen. Er zijn verschillende onderzoeken uitgevoerd door externe experts om de oorzaak van de problemen in de ruimte te achterhalen, het onderzoek is nog gaande. Externe en interne klanten, die kalibraties nodig hebben buiten de huidige scope, worden ondersteund bij het vinden van een alternatief.

Het standaardenbeheer voor luchtvochtigheid is gedeeltelijk uitgevoerd. Daar de herleidbaarheid van de vochtigheidsstandaarden gerelateerd is aan de temperatuurstandaarden en dit laboratorium buiten gebruik was, zijn niet alle benodigde metingen uitgevoerd. Voor het inwerken van een nieuwe medewerker is in de tweede helft van het jaar vooral aandacht besteed aan opleiding. Er is ook onderzocht hoe de standaarden in de verschillende opstellingen extern gekalibreerd kunnen worden.

Op het gebied van de metrologische infrastructuur is de EURAMET TC-T vergadering in Turijn bijgewoond. De CCT-president heeft besloten de CCT-K11 key comparison uit te stellen tot na mei 2019 (na de Kelvinredefinitie). Er is al voorbereidend werk gedaan aan de nationale

referentiestandaard voor watertripelpuntcellen. Voor de vergelijking CCT-K9 (ITS-90 SPRT, kalibratie het Ar TP tot het Zn FP) heeft de wetenschapper van de Temperatuurgroep dit voorjaar, tijdens een verblijf als gast-onderzoeker, NIST geholpen om het Draft A report op te stellen.

Optica

Het basisbeheer voor Radiometrie en Fotometrie is grotendeels volgens plan uitgevoerd. Na een reparatie aan het vacuümsysteem is de primaire realisatie met de absolute cryogene radiometer uitgevoerd voor nabij-infrarood (regulier beheer) en de tot 2500 nm uitgebreide infraroodschaal (beheerontwikkeling). De data-analyse van de gekalibreerde nabij-infrarood detectoren is nog onderhanden werk. De projectonderdelen Kwaliteit en Metrologische Infrastructuur zijn volgens plan verlopen, waarbij voor Kwaliteit dit jaar een extra inspanning is geleverd ter voorbereiding op uitbreiding van de RvA-accreditatie in 2020.

Bij het ontwikkelproject "Toekomstige fotometrie voor SSL-producten" lag de nadruk op de organisatie en uitvoering van een vergelijkende meetcampagne voor lichtstroombetalingen van commerciële LED-bronnen tussen de partners van het EMPIR-project. In deze meetcampagne zijn de eerder ontwikkelde LED-gebaseerde lampstandaarden gevalideerd. Het EMPIR-project is hiermee succesvol afgerond.

Voor het ontwikkelproject "Schaaluitbreiding infrarood" zijn nieuwe detectoren geassembleerd en vergeleken met de ACR. Metingen voor temperatuurafhankelijkheid en homogeniteit zijn uitgevoerd. De data-analyse is nog onder handen. Het ontwikkelproject "Verbetering bestaande faciliteiten" is volgens plan uitgevoerd. In dit project is de RiGO goniometer herleidbaar gemaakt naar de 3m bol, waardoor nu ook lichtstroombetalingen met de RiGO kunnen worden uitgevoerd. Bij het ontwikkelproject "Automatisering" is het werk aan het omzetten van de databases voortgezet en zijn diverse upgrades uitgevoerd. Voor het project "Radiometrie voor fotobiologische veiligheid" is een spectroradiometer aangeschaft. Dit project is vertraagd.

Voor de comparison waarvan VSL pilot is (K2a, spectrale responsiviteit 900 nm – 1600 nm), is het Draft A rapport opgesteld en is commentaar ontvangen van de deelnemers. Het opstellen van Draft A2 is onderhanden. Bij de UV-comparison (S4) loopt nog steeds een discussie n.a.v. de Draft A rapportage van vorig jaar. Voor de filtercomparison (K6) is het pre-draft A rapport nog niet door de pilot opgeleverd. VSL gaat deelnemen aan een nieuwe comparison voor spectrale irradiantie in het UV (K1.b). Op dit moment wordt hiervoor het protocol door de pilot opgesteld.

Tijd- en Frequentiestandaarden

Het standaardenbeheer bij Tijd en Frequentie is volgens plan verlopen. De resultaten van het doorlopende UTC-vergelijk over de afgelopen periode laten een stabiel resultaat zien, met een afwijking van UTC(VSL) ten opzichte van UTC kleiner dan ± 20 ns. Wel is een van de vier atoomklokken defect. Er is inmiddels contact gezocht met leveranciers met de intentie om de defecte atoomklok in 2020 te vervangen door een waterstofmaser.

Binnen het EMPIR-project "Nauwkeurige tijddissemminatie voor de industrie", dat vorig jaar van start is gegaan, is hardware ontwikkeld voor het monitoren van een tijdtransferverbinding via glasvezel met de White Rabbit (WR) techniek. Deze hardware is gepresenteerd aan de projectpartners tijdens de M9-projectmeeting bij NIKHEF in februari 2019 en werd positief ontvangen. Er is, ook door VSL, een inventarisatie gedaan met betrekking tot software voor monitoren van WR-verbindingen. Deze inventarisatie is besproken tijdens de projectmeeting in Granada in december. Met projectpartner OPNT is een WR-testverbinding tussen Delft en Amsterdam opgezet. Deze bestaat uit een link tussen VSL en DCG Delft en tussen DCG Delft en NIKHEF. Op deze verbinding zullen gedurende de looptijd van het project nieuwe ontwikkelingen op het gebied van WR-tijdsdisseminatie worden uitgetest.

Gesprekken met verschillende belanghebbenden op het gebied van nauwkeurige tijdsdisseminatie zijn gaande. Er wordt vanuit VSL-zijde gewerkt aan het definiëren van het niveau van dienstverlening en de risico-inventarisatie en -mitigatie voor tijd op locatie als nieuwe dienst. Over de resultaten op het gebied van tijdtransfer via glasvezels is een presentatie gegeven op de IFCS-EFTF-conferentie in april 2019.

Volumetrie

Het beheer bij Lage Druk Gas is eind 2019 geheel op schema. Uiteindelijk zijn ook de bijbehorende temperatuurstandaarden van Lage Druk Gas weer in status gebracht. Halverwege 2019 is een referentiestandaard behorende bij de Grote Installatie defect geraakt. Met referentiemeters van bijna 50 jaar oud kan dat elk moment gebeuren. Het blijft een afweging tussen preventief vervangen of reviseren en behoud van historisch waardevolle informatie, die van metrologisch belang kan zijn en die verloren gaat bij vervanging. Gekozen is voor een revisie. Deze heeft door strakke planning gelukkig weinig overlast veroorzaakt voor de industriële klanten. Deze en andere gebeurtenissen zijn aanleiding geweest om een gedegen onderhoudsplan te maken, wat voor een deel al in gang is gezet (denk aan de beoogde vervanging van de kleppen van de Grote Installatie in 2020). Overall kan geconcludeerd worden dat het beheer van Gas Lage Druk onder controle is.

Voor Hoge Druk Gas zijn werkzaamheden aan de transfermeters van de primaire standaard noodzakelijk gebleken. Er is onderzoek gedaan naar slijtage en de oorzaak daarvan en er is een plan opgesteld voor de aanpak van preventief onderhoud van de resterende meters. Voor de GOPP (Gas Oil Piston Prover) zijn lekdicthe MUT-afsluiters (Meter Under Test) besteld, die begin 2020 worden geleverd. Daarnaast heeft nu niet alleen de GOPP een vaste plek op het EuroLoop-terrein, maar ook de bijbehorende Meetwagen. De bekabeling kan hierdoor permanent verbonden blijven en de GOPP staat nu direct 'klaar voor gebruik'. Er is door een externe partij een EVD (Explosie Veiligheidsdocument) opgesteld. Een transfermeter is, na revisie, als test op de GOPP gemeten (lucht, atmosfeer) en dit diende tevens als functionele test voor de GOPP. Conclusie is dat de GOPP nu klaar is voor gebruik in 2020, o.a. voor de geplande opwerking van EuroLoop. Daarnaast zijn er resultaten bekend van de primaire EuReGa (EUropean REference for GAS metering), die in grote lijnen goed zijn. Als aanvulling daarop zijn voorbereidingen voor een bilaterale comparison met Force (Denemarken) getroffen.

Het beheer bij Vloeistof is volgens schema verlopen. De geplande investeringen voor 2019 voor de waterflowinstallatie hebben niet plaatsgevonden, omdat eerst besloten moet worden of, en in welke vorm, de waterflowfaciliteiten verhuisd worden van Dordrecht naar Delft. De nieuwe weegschaal voor waterflow voldoet inmiddels en is in gebruik genomen. De stabiliteit van de kleinste massameter wordt in de tweede helft van 2020 bepaald. Voor de inline-dichtheidsmeter wordt een testplan opgesteld.

De primaire standaard voor LNG-flowmeters is met een cryogeen medium - vloeibare stikstof op zeer lage temperatuur (lager dan -170 °C) - in gebruik genomen en metrologisch gevalideerd. Een groot deel (schatting 85%) van de beheeractiviteiten is daarmee uitgevoerd. Noodzakelijk onderhoud is verricht. Onvoorziene, noodzakelijke werkzaamheden zijn verricht ter verbetering van de weegschaal in de primaire standaard. Het LNG TKI-project "Een nieuwe LNG-meetstandaard inclusief energiemetering (TKI-project)" is in 2019 afgerond voor hoeveelheidsmetingen van LNG-meters met vloeibare stikstof. Voor volledige afronding van dit project moet ook de LNG-analyse-apparatuur volledig in gebruik genomen worden en metrologisch gevalideerd worden. Dit TKI-project is verlengd tot eind 2020.

In het kader van het EMPIR-project "Perfusion" zijn de onderzoeksresultaten gepresenteerd op twee wetenschappelijke conferenties en de review van een paper loopt nog. Het meetbereik van de microflowopstelling is uitgebreid, testmetingen hebben plaatsgevonden en een rapport is geschreven. De validatie door middel van cross-checks was helaas niet succesvol en dus moet deze uitbreiding in de toekomst nog verder gevalideerd worden. Het project is geëindigd en het is op dit moment nog niet zeker of er een vervolproject komt om verder te werken aan de microflow-opstelling.

De automatisering van de Grote Installatie (GI) bevindt zich in de laatste fase van afronding. In verband met beperkte capaciteit is het niet gelukt om de software van de GI in een versie 1.0

volledig af te ronden. Een groot deel van de nieuwe software is echter al bruikbaar, zodat de software toch al in gebruik is genomen, evenals de DAQ (Data Acquisitiesysteem) van de GI. De hard- en software is volledig vernieuwd. De GI heeft een 90% bezettingsgraad en voorziet de industrie van herleidbaarheid in de hoge flowranges (tot 15.000 m³/h). De automatisering van de VerdringingsInstallatie (VDI) is van start gegaan in de tweede helft van 2019. De VDI is de primaire standaard van Lage Druk Gas. Het data-aquisitiesysteem van de VDI is vernieuwd en in de ontwikkeling van de software om het systeem aan te sturen zijn grote stappen gemaakt. Voor verschillende ringvergelijkingen hebben overleggen plaatsgevonden of zijn metingen verricht.

Metrologische infrastructuur

Alle relevante nationale en internationale vergaderingen zijn bijgewoond, waaronder de bijeenkomsten van EURAMET, EMPIR committee, EMPIR SC-R (subcommittee Research), CIPM, Fenelab en de Raad van Deskundigen (RvD). De definitieve werkplannen SBO en Research 2019 zijn ingediend. De eindrapportages SBO en Research 2018 zijn ingediend, evenals de tussenrapportages voor 2018. Ook zijn aan de nieuwe werkplannen voor SBO en Research 2020 tijdig bij EZK aangeleverd. Deze zijn met de RvD besproken en door EZK goedgekeurd.

Het kwaliteitsmanagementsysteem (QMS) is op orde. In april 2019 heeft systeembeoordeling door de RvA plaatsgevonden op zowel het managementdeel, als op het technische deel voor de technologieën Lengte, Chemie en Tijd/frequentie en Elektriciteit. Voor het managementdeel zijn 3 nonconformities geconstateerd, terwijl voor het technische deel van de audit er bij Lengte en Chemie beide 5 en bij Elektriciteit 6 nonconformities zijn uitgeschreven. Alle technische nonconformities zijn inmiddels opgelost en teruggekoppeld naar de RvA. Voor 2 (management) afwijkingen geldt dat ze gerelateerd zijn aan wijzigingen in de normen zelf. Deze dienen voor de RvA-audit in 2020 te zijn opgelost.

Binnen het project "Beheer metrologische automatiseringsinfrastructuur" zijn alle relevante softwarepakketten en databases onderhouden en up-to-date gehouden. M.b.t. het EMN (European Metrology Network) MathMet heeft de kick-off plaatsgevonden, is het bestuur gekozen en er is begonnen met het documenteren en classificeren van de stakeholders.

Key Comparisons

Chemie

Nummer	Omschrijving	Loop-tijd	Coörd.	Status	Uren 2019	
					Begr. 2019	Real. 2019
CCQM-K112	Biogas	2014-2019	VSL	Draft B is klaar en ligt bij CCQM ter afronding.	16	42
CCQM-K117	Ammoniak in stikstof	2015-2020	VSL	De resultaten van de deelnemers zijn binnen en de metingen aan de retour gekomen cilinders (voor stabiliteitsbepaling) zijn afgerond. Er kan gestart worden met de draft A rapportage.	48	76
CCQM-K118	Aardgas	2014-2020	VSL	De metingen aan de retour gekomen mengsels zijn ongeveer halverwege. De laatste metingen zullen in januari 2020 plaatsvinden. Met de dataverwerking is begonnen.	40	133
CCQM-K131	Zuiverheidsanalyse	2015-2019	NIST	Is afgerond.	8	4
CCQM-K41.2017	Waterstofsulfide	2017-2020	KRISS	Het draft A rapport is ontvangen. Het VSL resultaat is goed.	8	5
CCQM-K10.2017	Monocyclische aromaten	2017-2020	NIST	Een eerste discussie over de resultaten heeft plaatsgevonden in oktober 2019. De resultaten vallen over het geheel tegen.	32	14

CCQM-K74.2017/ CCQM-P172	NO ₂ /HNO ₃ in stikstof	2018-2021	BIPM	Het stabiliteits-onderzoek aan de mengsels is uitgevoerd. De data zien er goed uit. Het wachten is op het draft A rapport.	48	71
CCQM-K3.2019	Automotive	2019-2022	VSL	De mengsels zijn gemaakt en geverifieerd. In oktober zijn de mengsels naar de deelnemers verstuurd.	120	101
CCQM-K68.2019	Ambient N ₂ O	2019-2022	BIPM/ KRISS	Mengsels zijn gemaakt en naar BIPM gestuurd.	40	64
CCQM-K26b.2019	SO ₂ in lucht	2019-2022	NPL	Wachten op cilinder voor deelname.	40	5
Euramet.QM-K3	Automotive	2019-2022	VSL	Protocol is geschreven en gestuurd naar de deelnemers; de uitvoering van de comparison zal verder in 2020 gaan plaatsvinden (met de mengsels die gebruikt zijn in K3.2019).	40	12
Euramet 708	Stikstofdioxide	2016-2019	NIST/ VSL	Nieuw mengsel gemaakt en naar NIST gestuurd.	16	18
Euramet 708	Waterstofchloride in stikstof	2020-2021	NIST/ VSL	Dit vergelijk gaat plaatsvinden in 2020.	40	9
Euramet 708	Stackgas	2019-2020	NIST/ VSL	Contact met NIST gehad en een planning voor 2020 is gemaakt.	40	1
Euramet 1305	C6 en C7 isomeren in aardgas	2015-2019	NPL	NPL heeft comparison geannuleerd.	20	3
Euramet 1305	Siloxanen	2018-2020	NPL/ VSL	Protocol is besproken. NPL en VSL maken mengsels en	40	50

				wisselen die uit voor analyse en vergelijk; de metingen zijn in december uitgevoerd en de rapportage volgt in 2020.		
--	--	--	--	---	--	--

Toelichting:

- De key comparisons, waarvan de nummers **vet** zijn weergegeven, worden door VSL gecoördineerd. Nieuw in 2019 zijn de vergelijkingen voor automotive (CCQM-K3.2019 en Euramet.QM-K3), Ambient N₂O (CCQM-K.68.2019), SO₂ in lucht (CCQM-K26.b.2019), en stackgas (Euramet 708).
- Er zijn in 2019 meer uren besteed aan K117 en K118 dan begroot. De oorzaak hiervan was een vertraging bij de partners in 2018, waardoor dat jaar minder dan gepland is uitgevoerd (zie eindrapportage van 2018). Ook zijn er aan de K118 meer uren besteed, vanwege enkele tegenvallende meetresultaten, waardoor enkele meetseries opnieuw zijn uitgevoerd.
- Deelname aan de K74/P172 heeft in zijn totaliteit meer uren gekost dan vooraf bedacht. Lage concentraties NO₂, aangevuld met nieuwe HNO₂ en HNO₃ metingen zijn verre van standaard en de benodigde tijd is daardoor lastiger in te schatten.
- Voor Euromet 708, stikstofdioxide is in 2016 een mengsel van 100 µmol/mol NO₂ naar NIST gestuurd. Door ingrijpende personele wisselingen bij NIST in die periode is de analyse van dit mengsel niet adequaat uitgevoerd en NIST heeft geen resultaten gerapporteerd. In 2019 is besloten om deze, voor VSL zeer belangrijke, comparison te herhalen met een nieuw mengsel. In volgende rapportages zal de looptijd van deze comparison worden aangepast naar 2019-2020.

Elektriciteit

DCLF

Nummer	Omschrijving	Loop-tijd	Coörd.	Status	Uren 2019	
					Begr. 2019	Real. 2019
CCEM.EM-K2.2012	Weerstand 10 MΩ & 1 GΩ	2012-2019	NRC	Draft B rapport: VSL-waarden zijn niet goed (En-waarden van 1,0 en 1,7). De oplossing (langere zelfkalibratietijden) is vermeld in de eindrapportage.	20	37
CCEM/EURAMET. EM-K5.2012	LF vermogen 50 Hz	2018-2021	CENAM i.s.m. VSL en PTB resp. VSL i.s.m. LNE, PTB en NPL	Data-analyse VSL CCEM-K5 metingen afgerond. Bijdrage aan de organisatie van zowel het CCEM als EURAMET vergelijk.	220	331
EURAMET.EM-S35	DC stroom 90 A – 600 A	2013-2019	INRiM	Draft B afgerond.	20	6
EURAMET.EM-S37	AC Ratio (CTs)	2013-2019	CMI	Draft B afgerond.	10	9

Toelichting:

- Voor het vergelijk van LF-vermogen (K5) wordt de coördinatie gezamenlijk uitgevoerd door VSL (analyse en rapportage), PTB (pilotlab) en CENAM (protocol en logistiek). Het project is gestart in 2018. VSL heeft in 2018 metingen gedaan voor de CCEM-meetloop. In 2019 zijn de metingen voor de EURAMET-loop gedaan.

HF

Nummer	Omschrijving	Loop-tijd	Coörd.	Status	Uren 2019	
					Begr. 2019	Real. jan-dec 2019
CCEM.RF-K5c.CL	S-parameters voor 3,5 mm connector	2013-2020	NMIJ	Wachten op Draft A rapport	20	0
CCEM.RF-K26	Verzwakking in PC-2,4 mm, tot 40 GHz en 90dB	2015-2020	NMIJ	Wachten op Draft A rapport	20	0

Ioniserende Straling

Nummer	Omschrijving	Loop-tijd	Coörd.	Status	Uren 2019	
					Begr. 2019	Real. 2019
BIPM.RI(I)-K8	Reference Air Kerma Rate voor HDR Ir-192 Brachytherapy	2019-2021	BIPM	Vorbereiding, meting en analyse van resultaten zijn uitgevoerd. De resultaten zijn ingediend bij de pilot.	120	197
¹²⁵ I LDR	Reference Air Kerma Rate (RAKR) voor ¹²⁵ I LDR bronnen (bilateraal)	2018-2021	BIPM	In overleg met SSM om de vergelijking uit te voeren.	80	0
X-ray 20 kV-100 kV	Air Kerma voor X-ray's 20 kV – 100 kV	2018-2021	N.n.b.	Nog geen actie dit jaar.	60	0

Massa en gerelateerde grootheden

Nummer	Omschrijving	Loop-tijd	Coörd.	Status	Uren 2019	
					Begr. 2019	Real. 2019
EURAMET.M.P-K1.c	Druk (0,7-7) MPa	2015-2019	Force	Input geleverd voor draft A, wacht op draft B.	10	3
EURAMET 14xx	10 MPa-500 MPa	2019-2021	RISE	Uitgesteld tot 2020/2021.	100	0
CCM.D-K5	Dichtheid van vloeistoffen	2015-2019	BEV	Uitgesteld tot 2020.	40	4
Euramet regional extension of CCM.D-K5	Dichtheid van vloeistoffen	2017-2019	BEV	Wacht op afronding D-K5.	40	2
EURAMET.M.M-K4	1 kg massa-stuk	2017-2019	BEV	Input geleverd voor draft A, wacht op draft B.	10	3

Toelichting:

- CCM.D-K5 wacht op de levering van de samples. Vanwege stabiliteitsproblemen met de samples is de start van de comparison vertraagd.

Lengte

Nummer	Omschrijving	Loop-tijd	Coörd.	Status	Uren 2019	
					Begr. 2019	Real. 2019
EURAMET L-K4 2015	Diameter-standaarden	2016-2020	INRIM	Communicatie gehad over Draft A.	16	42
EURAMET L-K4.2005.1	Diameter-standaarden	2016-2019	VSL	Rapportage moet nog afgerond worden.	0	0
EURAMET L-K5	1D CMM artefacten	2015-2020	NPL [was eerst VSL met hulp van PTB]	Draft A3.	16	40
EURAMET L-Sxz	Brekingsindex	2017-2020	VSL	Validatiemetingen uitgevoerd.	80	76
EURAMET L-Sxx	Kogeldiameter	2009-2019	VSL	Nog geen actie dit jaar.	80	0
EURAMET S-Sq-AFM (project 1239)	Oppervlakte-ruwheid met AFM	2014-2020	PTB	Wachten op draft A.	100	83
CCL-NANO6	Lijnbreedte met SPM	2014-2019	NIST	Wachten op Draft A.	16	0

Toelichting:

- Voor de eindrapportage van EURAMET L-K4 2005, in 2018 door VSL aangeleverd, was, na akkoord van de TC-L chair, aangenomen dat dit project als afgerond kon worden beschouwd. In 2019 is echter door de reviewer aangegeven dat de rapportage toch nog grondig moest worden aangepast. Dit is in de loop van 2019 gebeurd. Het pilotlab (INRiM) heeft een spreadsheet met voorlopige resultaten verspreid. Op grond van deze draft wijkt het resultaat van VSL in twee gevallen te veel af van de referentiewaarde. De oorzaak hiervan wordt verder onderzocht.
- VSL is pilot van EURAMET L-K4.2005.1. De rapportage van dit project moet nog aangepast en afgerond worden.
- EURAMET L-K5 betreft de kalibratie van een stappeneindmaat. Uit de drafrapportage van de pilot blijkt dat VSL voor een groot deel van de meetresultaten een te grote afwijking heeft van de referentiewaarden. Analyse van het meetproces heeft geleid tot de bevinding dat een afwijkende methode is gebruikt voor de opspanning van de stappeneindmaat waardoor mogelijk een vormafwijking is opgetreden. Dit vermoeden is bevestigd door het resultaat van een FEM-analyse (Finite Element Method). Met deze modelleermethode is aangetoond dat de reden voor de afwijkende resultaten zeer waarschijnlijk is terug te voeren op een verkeerde opspanning van de stappeneindmaat. Er is een correctieve actie opgestart door een stappeneindmaat aan te schaffen, waarmee een bilaterale vergelijking zal worden uitgevoerd ter bevestiging van de geaccrediteerde meetonzekerheid.

- Het in 2017 gestarte EURAMET L-Sxz (brekingsindex) vergelijk is een door VSL geïnitieerde bilaterale vergelijking. De metingen voor dit ringvergelijk waren uitgesteld tot 2019. De benodigde standaarden zijn aangeschaft en de validatiemetingen voor deze meetmethode zijn uitgevoerd. Deze comparison moet nog officieel worden aangevraagd. Dan komt er we ook een volgnummer. De metingen die nu zijn uitgevoerd zijn bedoeld om de (nieuwe) meetmethode te optimaliseren en de meetonzekerheid te minimaliseren ter voorbereiding van de comparison.
- Voor het EURAMET L-Sxx (kogeldiameter) project zijn in 2019 geen activiteiten uitgevoerd.
- De metingen voor EURAMET S-Sq-AFM (project 1239) zijn uitgevoerd, geanalyseerd en gerapporteerd. Draft A zal naar verwachting in de loop van 2020 beschikbaar komen.
- De VSL metingen voor CCL-NANO6 zijn reeds in 2016 uitgevoerd. Er is geen voortgang vanuit het pilot lab (NIST) te melden.

Thermometrie

Nummer	Omschrijving	Loop-tijd	Coörd.	Status	Uren 2019	
					Begr 2019	Real. 2019
CCT-K9	ITS-90 SPRT, kalibratie het Ar TP tot het Zn FP	2011-2020	NIST	Draft A opgesteld door NIST op 31 Dec 2019.	20	25
EURAMET.T-K9	ITS-90 SPRT, kalibratie het Ar TP tot het Zn FP	2015-2021	LNE/ CNAM	Start begin 2020.	60	0
CCT-K11	Watertripelpuntcellen	2018-2022	VSL	Testmetingen uitgevoerd, maar definitieve metingen nog niet gestart. Weerstandsbrog aangeschaft en getest.	120	109

Toelichting:

- VSL is pilot van de **vet** gemarkeerde vergelijkingen.
- Door de CCT-president was besloten om de CCT-K11 key comparison uit te stellen tot na mei 2019 (na de Kelvin redefinitie). Er is al voorbereidend werk gedaan aan de nationale referentie-standaard voor watertripelpuntcellen. Voor CCT-K9 heeft de wetenschappelijk medewerker van de VSL-Thermometriegroep in het voorjaar van 2019 tijdens een verblijf als gastonderzoeker NIST geholpen om het Draft A report op te stellen).

Optica

Nummer	Omschrijving	Loop-tijd	Coörd.	Status	Uren 2019	
					Begr. 2019	Real. 2019
EURAMET.PR-K2a	Spectrale responsiviteit, golflengte 900 - 1600 nm	2010-2020	VSL	Commentaar op Draft A is verzameld en er is een extra analyse van de weegfactoren gedaan. Opstellen Draft A2 is onderhanden.	150	186
EURAMET PR-S4 (project N443)	Spectrale irradiantie detectoren, golflengte 365 nm	2013-2021	LNE	VSL heeft een bijgewerkte omschrijving van de meetonzekerheid aangeleverd. Het doorrekenen van onzekerheidspropagatie van spectrale responsiviteit is onder handen.	20	30
EURAMET.PR-K6	Filtertransmissie	2016-2021	LNE	Pilot is nog bezig met pre-draft A.	20	2
CCPR-K1.b	UV spectrale irradiantie 200-400 nm	2019-2021	NIST	Deelname VSL is bevestigd. De pilot is bezig met voorbereiding van het protocol.	70	0

Toelichting:

- VSL is coördinator van de **vet** gemarkeerde vergelijking.

Tijd & Frequentie

Nummer	Omschrijving	Loop-tijd	Coörd.	Status	Uren 2019	
					Begr. 2019	Real. 2019
CCTF-K001.UTC	UTC	Continu	BIPM	Metingen uitgevoerd en gerapporteerd.	70	46
TWSTFT delay**	TWSTFT delay comparison	2019	Timetech	De metingen met het mobiele TWSTFT-station van TimeTech zijn uitgevoerd in september. De resultaten van VSL zijn gerapporteerd en er is een conceptrapport gemaakt door METAS. Er wordt nog gewacht op de goedkeuring van BIPM voor de implementatie van de resultaten.	80	97

Toelichting:

- De tweeweg-tijd en -frequentievergelijkingen via satellieten en de vergelijkingen via GPS-data worden uitgevoerd onder CCTF-K001.UTC.
- De TWSTFT delay vergelijking is nieuw in 2019 en wordt uitgevoerd door het bedrijf TimeTech GmbH. De hieraan verbonden kosten waren oorspronkelijk geraamd op 6 k€. Uiteindelijk bedroegen de kosten voor deelname met gebruik van het TimeTech-station 13,7 k€. Dit is opgevangen binnen het totale SBO-budget.

Volumetrie

Nummer	Omschrijving	Loop-tijd	Coörd.	Status	Uren 2019	
					Begr. 2019	Real. 2019
Euramet 1476 (nummer aangevraagd in 2019) ¹	Lage-druk lucht van circa 25 tot 400 m ³ /h	2019-2020	VSL	In 2019 heeft het voorbereidende werk plaatsgevonden van deze vergelijking.	160	30
Euramet/APMP xxx (nummer is aangevraagd)	Waterdebiet van 27 tot 227 kg/min, bilateraal met NMC	2018-2019	NMC	Metingen zijn gereed. NMC maakt de rapportage. APMP wil geen nummer toewijzen om onduidelijke redenen. In 2020 zal VSL NMC helpen met een goede oplossing richting APMP als onduidelijkheden toegelicht zijn. Eventueel wordt een nummer bij Euramet aangevraagd.	40	46
CCM-FF-K5C	Doorlopende harmonisatie hoge-druk aardgas	2015-2023	PTB	Er is een vergelijk uitgevoerd op het niveau van de primaire standaarden. De resultaten zijn besproken tijdens de meeting van januari 2019.	40	52
Euramet 1452	Volume 20, 50 en 250 L	2018-2020	VNIIM/ VSL	De initiële metingen zijn uitgevoerd door het pilotlab en het circuleren van de test measures langs de deelnemers is gestart. Vijf deelnemers hebben hun metingen uitgevoerd. Er is een vertraging van ongeveer 3-6 maanden.	40	88

Toelichting:

De key comparisons, waarvan de nummers **vet** zijn weergegeven, worden door VSL gecoördineerd.