

Institut(ter): Teknologisk Institut	Aktivitetsplan (titel): Metrologi til fremtidens digitaliserede industri og samfund Idéforslags titel på bedreinnovation.dk: Metrologi til fremtidens digitaliserede industri og samfund	Aktivitetsplan nr.: A5	Infrastruktur
1) Manchettekst (kort resumé)			
<p>Metrologi har stor betydning for udviklingen af ny teknologi og for velfungerende og effektive processer. Aktiviteten sikrer videregivelse af sporbarhed på højeste niveau inden for flow, temperatur og geometri samt udvikling af nye standardiserede metoder og digitalisering af metrologien.</p>			
2) Aktiviteten kort (resumé)			
<p>Kvaliteten af medicin, robotter og vindmøller er - som for alle andre fremstillede produkter - helt afhængig af metrologi. Teknisk udvikling og stigende produktionskrav øger behovet for mere, bedre og digitaliseret metrologi. Den primære målgruppe for de udviklede ydelser er derfor bred: medicinal-, biotek- og fødevarerbranchen, vand- og energiforsyninger, producenter af sensorer og måleudstyr samt laboratorier. Endvidere udvikles der ydelser rettet mod glasindustrien og industrier, der anvender støbeforme til plast, glas, beton.</p> <p>Teknologisk Institut udvikler i samarbejde med industrien metrologi inden for temperatur, geometri, vandflow, anemometri og materialefugt, områder hvor Teknologisk Institut er udpeget som metrologi-institut (MI) af Sikkerhedsstyrelsen. Laboratorierne deltager i nationale- og internationale metrologi-netværk (EURAMET, DaniaMet mv.), fx i "Key-comparisons" og EMPIR-forskningsprogrammet og har derigennem adgang til den nyeste viden og det højeste måletekniske niveau. Dermed er Teknologisk Institut førende mht. at tilbyde virksomhederne unik måleteknisk sporbarhed, viden og rådgivning.</p> <p>I industrien udføres et stadigt stigende antal målinger, som tilvejebringes via flere og mere prisbillige sensorer opsat i netværk. Den store mængde målinger skal digitaliseres og valideres for at kunne understøtte automatisering af processer og produktfremstilling, hvilket giver anledning til øget anvendelse af statistiske metoder og machine learning. Det stiller helt nye krav til den metrologiske infrastruktur ift. sikring af sporbarhed og valide usikkerheder, så virksomhederne bliver understøttet i denne transformationsproces.</p> <p>Aktiviteten understøtter digitalisering af metrologi gennem udvikling af en række nye teknologiske serviceydelser og indeholder elementer som formidling af viden, gennemførelse af tests, standardisering inden for nye berøringsløse målemetoder, in-line måling og nye sporbare målemetoder inden for CT-scanningsteknologien. Teknologisk Instituts position som førende dansk metrologiaktør og metrologi-institut inden for centrale måletekniske områder styrkes.</p> <p>Teknologisk Institut formidler den måletekniske viden og de nyudviklede standardiserede målemetoder gennem et omfattende kursusprogram, konferencer og erfagrupper rettet mod målgruppen. Ligeledes deltager Instituttet aktivt i certificerings- og standardiseringsgrupper.</p>			
3) Markedsbehov, erhvervs- og samfundsmæssige potentialer			
<p>Danske virksomheders stigende digitalisering af processer og produkter, jf. bl.a. FORSK2025¹, bevirker, at en stor del af udviklingen bliver afhængig af pålidelige målinger og valide data. Samtidig udvikles ny måleteknologi, og prisbillige multiple sensorer implementeres i stigende grad. Dette stiller nye krav til den</p>			

¹ Fx understøtter aktiviteten Digitalisering: "Sensorer og systemer til overvågning og tolkning af data". Geometri: "Additiv fremstilling: integrerede metoder for kvalitetssikring og -måling af proces og produkter". In-line måling: "Automatisering og digitalisering af produktion i små serier med stor varians".

metrologiske infrastruktur, jf. flere udenlandske studier, herunder det tyske PTB's rapport "Metrology for the Digitalization of the Economy and Society" fra 2017². Aktiviteten bygger på dette rationale.

Et bredt udvalg af danske virksomheder og især SMV'er vil med de udviklede metrologiydelser kunne øge deres konkurrenceevne og være i stand til at producere mere avancerede produkter. Ydelserne vil primært være til gavn for medicinal-, biotek- og fødevarerbranchen (over 700 virksomheder), vand- og energiforsyninger (over 1000), producenter af sensorer og måleudstyr (over 150) og laboratorier (over 50). Nye segmenter, der adresseres gennem denne aktivitet, er glasindustrien og industrier, der anvender støbeforme til plast, glas, beton, osv., hvor overfladetemperaturen skal styres, samt underleverandører inden for bremsesystemer til bilindustrien.

De nuværende metrologiydelser (test, kalibrering, kurser, rådgivning, præstationsprøvning) benyttes i dag af over 300 virksomheder årligt, herunder mange SMV'er. De nye ydelser, der udvikles gennem aktiviteten, ligger i umiddelbar forlængelse af dette, og vil bl.a. adressere de mange virksomheder, der skal videre med en Industry 4.0-udvikling eller i gang med Energy 4.0-tiltag, fx i forbindelse med udnyttelse af smart meter-data eller ved styring og regulering med anvendelse af mange trådløst kommunikerende målepunkter, hvor der er brug for et solidt metrologisk fundament.

Teknologisk Institut interviewede i foråret 2018³ 526 danske fremstillingsvirksomheder og 303 ledere i danske energivirksomheder om, hvordan de så behovet for udvikling inden for kunstig intelligens og dets delelementer, som der ud fra et metrologisk udgangspunkt arbejdes med under denne aktivitetsplan: "smarte sensorer", "neurale netværk" og "machine learning".

21% af de adspurgte fremstillingsvirksomheder forudser, at dette bliver relevant for dem inden for de næste 4-5 år, men anfører også, at der er behov for viden på området. Virksomhederne er så småt begyndt at kigge på indførelsen af smarte robotter, dvs. robotter med smarte sensorer og kunstig intelligens. Her vil den viden og de ydelser, der opbygges under aktiviteten, også have relevans.

Energivirksomhederne og specielt forsyningerne er nok længst fremme ift. at udnytte digitale data fra deres produkter³. Hele 64% forventer at påbegynde eller er allerede i gang med at udvikle nye services eller anvende digitale data til forbedring af driften af deres produkter. 24% af energivirksomhederne er konstant i kontakt med deres produkter (vindmøller, pumper, målere m.fl.), og 32% angiver, at anvendelsen af digitale data fra deres produkter har afgørende betydning for deres konkurrenceevne i fremtiden. Energivirksomhederne påpeger, at der bl.a. mangler kompetencer på området.

Under høringen af "Metrologi til fremtidens digitaliserede industri og samfund" på bedreinnovation.dk var der stor interesse for forslaget. Der kom 49 kommentarer, overvejende fra industrien (50% SMV'er), heraf en del kommentarer fra virksomheder, som vi ikke tidligere har været i kontakt med, fx de tre virksomheder, der er citeret nedenfor. Aktivitetsforslaget er udarbejdet og vægtet med hensyntagen til de mange kommentarer, hvor en del handlede om delaktiviteterne vedr. digitalisering af måledata/sensornetværk, fx udbredelsen og anvendelse af IoT og vigtigheden af metoder forankret i metrologi:

... Der er derfor brug for mere viden på området for at synliggøre problemstillingerne og for at sikre, at der ikke implementeres systemløsninger, som i storskala baseres på forkert eller fejlende udstyr. (Netplan A/S)

... Forbedrede og mere effektive målemetoder kombineret med øget brug af digitalisering omkring dataopsamling vil have positiv indvirken på vores konkurrenceevne overfor vores udenlandske konkurrenter. (Terma A/S)

2

https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/forschung_entwicklung/digitalisierung/preview_Metrology_for_the_Digitalization_of_Economy_and_Society.pdf

³ Rapporterne: "IOT blandt energivirksomheder", "Kunstig intelligens rykker ind på Danmark", "Forsyning 4.0", "Danske fremstillingsvirksomheder lukker robotterne ind". Undersøgelsen er repræsentativ for danske fremstillingsvirksomheder med 10-1000 ansatte.

... Bedre og billigere målemetoder, der samtidig bliver nemmere at indsamle og håndtere, vil være betydelig for Universal Robots konkurrenceevne internationalt. (Universal Robots A/S)

... Gode testfaciliteter og en god testpraksis, er derfor afgørende for kvalitetssikring af data, så vi kan minimere situationer, hvor data fra ukalibrerede sensorer og data med manglende kommentarer fylder databaser op uden reel nytte. (Aarhus Universitet)

Dette forslag tager udgangspunkt i ovennævnte strategier, i den løbende dialog med en række virksomheder via erfagrupeer og i kommentarerne fra de 49 virksomheder på bedreinnovation.dk.

4) Videnspredning og inddragelse

Instituttet har med sin rolle som metrologiinstitut stort fokus på formidling af aktiviteterne, fx via et omfattende måleteknisk undervisningsprogram og flow- og andre temadage. Mellem 100 og 150 virksomheder fra den primære målgruppe vil gøre brug af disse tilbud⁴.

På flow- og temperaturområdet sker inddragelse af interessenter via eksisterende erfagrupeer (1-2 årlige møder), der vil blive brugt som følgegrupper. 30 virksomheder er p.t. tilmeldt, og erfagrupeerne forventes udbygget med nye deltagere fra glasindustrien og industrier, der anvender støbeforme til plast, glas og beton, i forbindelse med etablering af ydelser rettet mod disse segmenter. På områderne geometri og digitalisering vil den primære kontakt med interessenterne ske via bilaterale møder/interviews med virksomheder, herunder de, der har kommenteret forslaget på bedreinnovation.dk.

Der arrangeres en årlig flowtemadag i samarbejde med FORCE Technology.

Aktiviteterne eksponeres via Teknologisk Instituts egen www.teknologisk.dk og de fælles hjemmesider www.daniamet.dk og www.flowcenter.dk.

Viden opnået igennem deltagelse i diverse certificerings- og standardiseringsudvalg, fx inden for vandmålere, fjernvarmemålere og smart meters (TC 176 og TC176/WG2) formidles til virksomheder inden for fagområderne.

Afsætningskanalerne for de nye ydelser er hovedsageligt det eksisterende kundenetværk på ca. 300 virksomheder. Endvidere formidles viden om de udviklede standardiserede målemetoder via publicering af seks artikler i fagblade, præsentationer på workshops/temadage og via kundebesøg. For at komme i dialog med de nye segmenter, der adresseres i aktiviteten, arrangeres en workshop om metrologi og digitalisering samt en temadag om CT-scanning og metrologi.

Under EMPIR samarbejder Instituttet desuden med en række udviklingsbærende danske virksomheder, og hensigten er at få yderligere danske SMV'er inddraget i kommende projekter relateret til måling af flow, temperatur, geometri og materialefugt. Der sigtes konkret mod de kommende udbud: Miljø, energi og normativ (2019) samt Industri og normativ (2020).

Instituttet har et eksisterende uddannelsessamarbejde med VIA Engineering, Horsens, som forventes fortsat i resultatkontraktperioden med mulighed for direkte formidling til studerende og praktikant- og specialeforløb.

Instituttet søges viden fra og samarbejder med førende universitetsmiljøer, fx Aarhus Universitets Institut for Ingeniørvidenskab og DTU, om kunstig intelligens og dets delelementer, som så bringes ind i en metrologisk sammenhæng.

5) Konkrete aktiviteter

⁴ Der var i perioden 2016-2018 mellem 100 og 150 deltagere årligt til Instituttets måletekniske kurser og temadage.

De konkrete aktiviteter tager udgangspunkt i Institutts velrenommerede state-of-the-art nationale metrologilaboratorier for vand- og energiflow, anemometri, temperatur, materialefugt og geometri. Der er følgende hovedaktiviteter:

Digitalisering inden for metrologi

Anvendelse af de udbredte sensornetværk i forbindelse med metrologi er fremover et vigtigt område. Med det formål at give danske virksomheder konkrete og metrologisk sunde beslutningsværktøjer arbejdes der under aktiviteten med anvendelse af smart meters og statistiske metoder til forædling og øget nytteværdi af måledata. IoT inddrages, og der udvikles relevante mønstergenkendelsesværktøjer (via machine learning), understøttet af usikkerhedsanalyse for at validere og kvalificere de ofte mange målinger.

Aktiviteten inkluderer:

- Etablering af analyseværktøjer og testmetoder for at sikre kvaliteten af måling via sensornetværk, som integreres i komplekse processer og måleopstillinger. Usikkerhedsanalyse af målingerne er en integreret del af dette.
- De udviklede værktøjer testes på en case rettet mod energivirksomheder.
- Rådgivningsydelser udbydes, så som værdiskabelse af data fra sensornetværk, fx gennem udnyttelse af validerede målinger til styring, regulering og optimering.
- Den videnformidling, som efterspørges af danske produktions- og energivirksomheder, etableres, fx via workshops og direkte kontakt til virksomhederne.

Vand- og energiflow samt anemometri og Flowcenter Danmark

Sporbar måling af flow er essentielt for brancher så forskellige som producenter af vand- og varme-energimålere, forsyninger, procesindustri og medikoteknik. Institutts MI er en af de bredest dækkende udbydere af flowkalibrering i Europa, men der er stadig behov for udvidelse af området og introduktion af nye metoder for at sikre, at industriens fremtidige behov dækkes, fx udvikling og dokumentation af in-line teknikker. Målet er derfor fortsat at videregive sporbarhed på højeste niveau og at introducere en række nye initiativer:

- Kalibrering og komplette test af målere for vand, varme (op til 85°C) og køling (ned til 4°C) dækkende fra mikro- til makroflow (fra 1 µl/h op til 1000 m³/h).
- Test af kølemålere med anvendelse af vand/glykolblandinger for at imødegå fremtidens legale krav. De udviklede metoder vil blive kommunikeret til relevante standardiseringsgrupper.
- Test af vandmålere under dynamiske flowforhold og ned til 1 L/h.
- Standardisering i samspil med deltagelse i EURAMET TC-FLOW inden for vandflow og anemometri, og i CLM's erfagrunder for vandmåling, energimåling og fjernaflæsning og CEN/TC 176 Heat meters via Dansk Standard S 222.
- Videnindhentning via deltagelse i internationale konferencer og styrkelse af samarbejdet med Flowcenter Danmark for fortsat at have et stærkt "Centre of Excellence" for flowmåling i Danmark.
- Videreførelse og udbygning af den etablerede erfagruppe for flowmåling.
- Der udbydes ringkalibrering på området for at kvalitetssikre danske laboratoriers målinger.
- Der deltages i EURAMET-ringkalibreringer for at sikre og dokumentere den danske målekapabilitet på området.

Temperatur og materialefugt

Temperatur er den måske mest målte parameter i Danmark. Teknologisk Instituts MI på området realiserer den danske temperaturskala ved hjælp af temperaturfikspunkter og kalibrerer for industrien i et stort område. Endvidere har laboratoriet unikke faciliteter til sporbar måling af vandindholdet i materialer. Der vil være særligt fokus på introduktionen af berøringsløse målinger og in-line målinger i virksomhederne, herunder udvikling og dokumentation af clamp-on teknikker og berøringsløse teknikker til materialefugt, ligesom der vil blive etableret forbedrede standardiserede metoder til måling af overfladetemperatur til glasindustrien og brugere af plaststøbeforme.

Aktiviteten inkluderer:

- Fastholdelse og supplerende af eksisterende temperaturfikspunkter men med opmærksomhed på fremtidige udfordringer og de muligheder, der afledes af, at definitionen af temperaturenheden bliver ændret i 2019.
- Udvikling og introduktion af nye standardiserede kalibreringsmetoder, der adresserer virksomhedernes behov for lave kalibreringsusikkerheder, kombineret med hurtige gennemløbstider. Der er desuden behov for kalibreringsfaciliteter for højere temperaturer og med reduceret måleusikkerhed.
- Introduktion af forbedrede målemetoder relateret til prøvning, fx ifm. termisk isolering.
- Deltagelse i relevante årlige møder i relation til MI, fx EURAMET TC-T, hvor Teknologisk Institut er den danske kontakt, TC-T undergrupper for ”Strategi” og ”Guidelines”, hvor vi har indflydelse på TC-T’s input til EMPIR, og de standardiserede guidelines, der udfærdiges til akkrediterede kalibreringslaboratorier.
- Videnindhentning via bidrag til og deltagelse i internationale konferencer (fx TEMPMEKO og CIM).
- Videreførelse og udbygning af den etablerede erfagruppe for temperatur- og fugtmåling.
- Én ringkalibrering på området for at kvalitetssikre danske laboratoriers målinger.
- Fugtmåling i materialer. Fokus vil være på måling under transiente forhold og in-line i processer. Et specielt behov ses inden for måling af mikroklima, hvor man på europæisk plan arbejder med forbedret måling af jordfugt.

Geometri

Udvikling af grundlag for forbedret måleusikkerhed for CT-scanning rettet mod de ydelser, som industrien efterspørger mest: Plastemner, 3D-printede emner i metal og plast samt analyser. Målet er høj nøjagtighed og lav måleusikkerhed samt at designe, fremstille og evaluere en standardreferenceartefakt til CT-scanning. Dette artefakt vil forbedre og assistere beregningen af måleusikkerheden.

Aktiviteten inkluderer:

- Etablering af ’high end’-referenceemner.
- Videnindhentning og dokumentation.
- Udarbejdelse af instruktioner med tilhørende usikkerhedsbudgetter.
- Etablering af nye serviceydelser vedr. analyse af strukturer/geometri i fast materiale inden for CT-scanning. Dette inkluderer opgaver relateret til det langsigtede arbejde med at gøre CT-scanning sporbart, som har været og er et fokusområde i EMRP- og EMPIR-projekter.
- Deltagelse i relevante aktiviteter i EURAMET TC-L.

Tværgående metrologiinfrastruktur

- Deltagelse i nationale fora, som understøtter den danske metrologiinfrastruktur: DANIAMet, DANAK’s sektorudvalg for kalibrering og EURALAB TKAK.
- Inden for aktivitetsplanens formål arbejdes der mod at deltage i EMPIR-projekter og at øge inddragelsen af danske virksomheder i disse projekter. Dette vil foregå via møder i EURAMET-regi og i samarbejde med danske virksomheder.

Barrierer og risici i forbindelse med aktivitetsplanens gennemførelse og succes

Deltagelse i projekter, fx under EMPIR-programmet, er afhængig af faktorer uden for Instituttets kontrol. Barrierer forsøges imødekommet ved proaktivt gennem EURAMET’s tekniske komiteer at påvirke projekterne, ved at søge medforfatterskab af ”Suggested Research Topics” i EMPIR, og ved at deltage i partnermøder. Succes med projekterne vil kunne afstedkomme justeringer mellem de beskrevne delaktiviteter.

Etableringen af nye, ikke-invasive måleteknikker til temperatur og materialefugt kræver dels videreudvikling af eksperimentelt udstyr (fx fosfortermometre), dels tilpasning af kommercielt tilgængeligt måleudstyr (fx materialefugt). Der vil være en risiko for, at robustheden eller usikkerheden ikke er tilstrækkelig god til de industrielle applikationer. Risikoen forsøges reduceret ved sparring/videndeling med internationale institutter, der har erfaring på området, fx NPL (UK), CETIAT (Frankrig), INRIM (Italien) og med udstyrsleverandører.

Gennemførelsen af aktiviteten er afhængig af meget specialiseret måleudstyr, hvor der ved reparation efter nedbrud eller levering af nyt udstyr kan være lange leveringstider pga. det begrænsede antal leverandører.

En anden risiko ift. gennemførelsen er deltagelse i EURAMET-sammenligninger, som erfaringsmæssigt kan blive forsinkede. Dette er dog kun en lille del af aktiviteten.

6) Nyhedsværdi og ambitionsniveau

Gennem aktiviteten udvikles bl.a. en række nye teknologiske serviceydelser, som understøtter danske virksomheders digitalisering, fx omkring metrologisk anvendelse af mønstergenkendelse og machine learning. Endvidere udvikles ydelser for nye berøringsløse målemetoder og in-line måling samt kalibreringsmetoder til CT-scanning, hvor mere pålidelige resultater kan opnås ved sporbare målinger. Alle nye ydelser er foran det eksisterende marked og efterspørges allerede af danske virksomheder, hvilket fremgår af kommentarerne på bedreinnovation.dk. Markedsmodningen af ydelserne er derfor kort, og det forventes, at de fleste nyudviklede ydelser allerede ved aktivitetens konklusion i 2020 kan udbydes kommercielt til danske virksomheder.

Ved målinger baseret på netværk af sensorer, hvor store mængder data kan finde anvendelse i mange analyser, er det essentielt, at håndteringen af disse automatiseres, fx ved anvendelse af algoritmer til mønstergenkendelse, og at man kan kontrollere kvaliteten af sensorernes måling og kommunikation. For eksempel har flere medlemmer af erfagruppen for temperatur efterspurgt en undersøgelse af konsekvensen for målingens sporbarhed ved trådløs overførsel af data mellem flere sensorer i et målesystem. I aktiviteterne 'H2 Metrologi til Industri og Samfund' (2016-2018) og 'H1 Metrologi og Måleteknisk Support' (2013-2015), er der tidligere bygget kompetencer op på dette område, som nu bringes i spil ved udvikling af en række ydelser, pga. direkte efterspørgsel af målgruppen.

Højere effektivitet og kvalitet kan opnås ved udnyttelse af nye måletekniske muligheder inden for ikke-invasiv måling. For eksempel kan in-line måling af temperatur eller materialefugt give indsigt i og mulighed for bedre at kunne styre en proces, ligesom on-site kalibrering af flow- og temperaturmålere vha. clamp-on metoder potentielt kan give virksomhederne store besparelser. Bedre måleusikkerhed ifm. måling i produktion og på slutprodukter kan opnås ved at etablere nye testmetoder under realistiske produktionsforhold (fx dynamiske/transiente).

Anvendelse af flere og bedre måledata i fx komplekse procesanlæg kan bidrage til reducere af fx vand- og energiforbrug og dermed forøge effektiviteten af både vand- og energiforbrug, hvilket er i tråd med FN's verdensmål nr. 6 og 7. Endvidere etableres en ny ydelse vedr. kalibrering af vandmålere under dynamiske flowforhold for at understøtte markedets behovet i Danmark og globalt og for at påvirke standardisering på området.

3D-print er et udviklingsområde, som dansk industri udviser betydelig interesse for, og er en netop igangsat satsning. Også her er måling centralt, så produkterne opfylder krav til geometri, styrke m.v.

De nye serviceydelser omfatter derfor:

- Sporbarhed og usikkerhedsanalyse ved berøringsløse målinger og sensornetværk.
- Test og kalibrering af sensorer og måleudstyr.
- Sporbare opmålinger via CT-scanningsmetoden og måleusikkerhedsgrundlag for CT-scanning.
- Præstationsprøvnings inden for kalibrering.
- Nye kurser, præstationsprøvnings og rådgivningsydelser.
- Værktøjer til anvendelse af algoritmer til mønstergenkendelse

Aktiviteten sikrer:

- Fortsat videregivelse af sporbarhed på højeste niveau inden for de udpegede MI-områder, hvilket understøtter industriens og de akkrediterede kalibreringslaboratoriernes virke.
- Efteruddannelse til virksomhederne via Danmarks største pulje af måletekniske kurser.
- Understøttelse af myndigheder i relation til metrologividen og ifm. sikring af pålidelige måledata.
- Videreførelse af samarbejdet med FORCE Technology om Flowcenter Danmark. Flowcenter Danmark er udpeget som Nationalt 'Centre of Excellence' inden for dansk metrologi.

7) Vidensamarbejde og -hjemtagning

Teknologisk Institut deltager aktivt i internationale metrologinetsværk og har derigennem et stærkt grundlag ift. de nye udfordringer, ligesom Instituttet samarbejder med universiteter, fx Aarhus Universitet og DTU, og med professionshøjskoler, fx VIA Engineering, Horsens. Med hensyn til sensornetværk pågår samarbejdstiltag med det franske CETIAT og det italienske INRIM, som har samme fokus som Teknologisk Institut.

Samarbejdspartnerne omfatter også deltagerne i DANIAMet, især DFM, FORCE Technology i Flowcenter Danmark og andre EURAMET-deltagere, bl.a. VSL, PTB og NPL. Under EMPIR samarbejdes desuden med en række udviklingsbærende danske virksomheder, og hensigten er at få yderligere danske SMV'er inddraget i kommende projekter, relateret til måling af flow, temperatur, geometri og materialefugt. Der sigtes konkret mod de kommende udbud: Miljø, energi og normativ (2019) og Industri og normativ (2020).

I forhold til emner, som er centrale i dette aktivitetsforslag, fx digitalisering og sensornetværk, er det planen at deltage i projekter, fx i regi af Horizon 2020 og EUDP, som måtte komplementere aktiviteten. I det omfang, det er muligt, vil disse projekter søges delvist medfinansieret af aktivitetsplanen.

8) Sammenhæng med Institutets strategi og afsæt i Institutets ressourcer

Metrologiområdet er gennem et selvstændigt afsnit, "Metrologi – til fremtidens digitaliserede industri og samfund", beskrevet i Teknologisk Instituts "Strategi 2019-2020". Endvidere understøtter aktiviteten Institutets digitaliseringsstrategi ved udvikling af metrologisk baserede digitale værktøjer til analyse af målinger, fx baseret på machine learning. Metrologi er et af de centrale infrastrukturelementer på Instituttet og er nævnt som en strategisk styrkeposition, og aktiviteten har basis i Institutets veludstyrede og internationalt anerkendte metrologilaboratorier. Der er et eksisterende kundenetværk til afsætning af de udviklede laboratorie- og rådgivningsydelser, og i forhold til de nye kundesegmenter (fx glasindustri og brugere af plaststøbeudstyr) er der på nuværende tidspunkt allerede etableret kontakter.

Alle industrielle lande har opbygget en metrologiinfrastruktur. I de fleste tilfælde varetages funktionen af ét nationalt metrologiinstitut (NMI), som dækker alle typer målinger (fx NIST i USA og PTB i Tyskland). Sammenlignelighed og harmonisering af målinger foretaget af de forskellige NMI-institutter varetages i såkaldte regionale metrologiorganisationer, fx EURAMET, den europæiske metrologiorganisation. I Danmark er metrologi en GTS-infrastrukturaktivitet, hvor Teknologisk Institut er involveret via de udpegede MI-laboratorier for vand- og energiflow, anemometri, temperatur, geometri og materialefugt, og hvor Instituttet deltager aktivt i EURAMET-samarbejdet.

Rollen som MI kræver, at Teknologisk Institut kan dokumentere de bedste måleusikkerheder, er uvildige og adresserer virksomhedernes behov. Desuden er det en forudsætning, at man kan dokumentere international sammenlignelighed via deltagelse i "key-comparisons" og andet EURAMET-samarbejde. Via EURAMET-samarbejdet er der direkte adgang til og indflydelse på det europæiske metrologiforskningsprogram EMPIR, som er den vigtigste kilde til vidensopbygning på metrologiområdet. Aktuelle emner med stor relevans for danske virksomheder, der her arbejdes med, er fx berøringsløse teknologier, sensornetværk og måleusikkerhedsvurderinger.

9) Tidsplan og milepæle

Milepæle 2018, december

Aktivitet 4: Digitalisering inden for metrologi

MP 4.1 (Inddragelse og videnspredning: Artikel om digitalisering ifm. måling i et dansk fagblad.

Aktivitet 5: Tværgående metrologiinfrastruktur

MP 5.1 (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning): Deltagelse i møde vedr. opstart af EURAMET Metrology Network on Climate and Ocean Observation, med henblik på øget deltagelse internationalt samarbejde omkring EMPIR projekter på miljøområdet.

Milepæle 2019

Aktivitet 1: Vand- og energiflow samt anemometri og Flowcenter Danmark

MP. 1.1 (Udvikling af teknologisk service) Etablering af set-up til kalibrering af insulin- og smertebehandlingspumper ($\mu\text{L/t}$) (fortsættes i MP 1.1, 2020).

MP 1.2 (Inddragelse og videnspredning): Temadag i Flowcenter Danmark-regi er afholdt, der er skrevet en artikel om flow eller anemometri i et dansk fagmedie, og der er afholdt møde i erfagruppen for flow.

MP 1.3 (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning): Der er deltaget i minimum ét møde for CLM-erfagrunder og standardiseringsgrupper og i et møde for EURAMET TC-FLOW.

Aktivitet 2: Temperatur og materialefugt

MP 2.1 (Udvikling af teknologisk service): Der er etableret et set-up til sporbar måling af overfladetemperatur on-site (fortsættes i MP 2.2, 2020).

MP 2.2 (Udvikling af teknologisk service, Inddragelse og videnspredning): En ringkalibrering på temperatur/fugt er udbudt til danske laboratorier.

MP 2.3 (Inddragelse og videnspredning): Der er afholdt møde i erfagruppe for temperatur.

MP 2.4 (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning): Deltagelse i møde for EURAMET TC-T og i møder for TCT's strategigruppe og gruppe for guidelines.

Aktivitet 3: Geometri

MP 3.1 (Udvikling af teknologisk service): Standardreference "artefacts" til kalibrering af CT-scannere er blevet designet og dokumenteret. Der er i designet taget højde for forskellige materialer, geometriske dimensioner og andre kundebehov. Et prototypekalibreringsartefakt for CT-scanning er blevet testet (fortsættes i MP 3.1, 2020).

MP 3.2 (Inddragelse og videnspredning): Artikel om CT-scanning i et dansk fagmedie.

MP 3.3 (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning): Der er deltaget i et møde for EURAMET TC-L.

Aktivitet 4: Digitalisering inden for metrologi

MP 4.1 (Udvikling af teknologisk service): Der er udviklet en metode til identifikation af defekte sensorer eller afvigende målinger vha. machine learning-teknikker og brug af store mængder data fra sensornetværk (fortsættes i MP 2.2, 2020).

Aktivitet 5: Tværgående metrologiinfrastruktur

MP 5.1 (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning): Deltagelse i DANIAMet-møder og i møde for DANAK's sektorudvalg for kalibrering.

MP 5.2 (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning): Deltagelse i EMPIR-projektansøgning.

MP 5.3 (Inddragelse og videnspredning): Aktiv deltagelse i metrologidag.

MP 5.4 (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning): Deltagelse i mindst én international konference eller workshop inden for aktivitetsplanens formål, fx TEMPMEKO 2019.

Milepæle 2020**Aktivitet 1: Vand- og energiflow samt anemometri og Flowcenter Danmark**

MP. 1.1 (Udvikling af teknologisk service): Ny ydelse er udbudt på mikroflowområdet rettet mod kalibrering af insulin- og smertebehandlingspumper (fortsat fra MP 1.1, 2019).

MP 1.2 (Udvikling af teknologisk service, dansk videnspredning): Ringkalibrering på flow/anemometri udbudt til danske laboratorier.

MP 1.2 (Inddragelse og videnspredning): Temadag i Flowcenter Danmark-regi er afholdt, der er skrevet en artikel om flow eller anemometri i et dansk fagmedie, og der er afholdt møde i erfagruppe for flow.

MP 1.3 (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning): Der er deltaget i minimum ét møde for CLM-erfagrunder og standardiseringsgrupper og i møde for EURAMET TC-FLOW.

Aktivitet 2: Temperatur og materialefugt

MP 2.1 (Udvikling af teknologisk service): Set-up til sporbar måling af overfladetemperatur udviklet år 1, er testet i en industriel applikation og afrapporteret (fortsat fra MP 2.1, 2019).

MP 2.2 (Inddragelse og videnspredning): Der er skrevet en artikel om temperatur eller fugt til et dansk fagmedie, og der er afholdt møde i erfagruppe for temperatur.

MP 2.3 (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning): Deltagelse i møde for EURAMET TC-T og i møder for TCT's strategigruppe samt gruppe for guidelines.

Aktivitet 3: Geometri

MP 3.1 (Udvikling af teknologisk service): Af de i 2019 udarbejdede designs er ét valgt, fremstillet og kalibreret, og der er udarbejdet og dokumenteret en usikkerhedsanalyse for CT-scannermåling (fortsat fra MP 3.1, 2019).

MP 3.3 (Inddragelse og videnspredning): Temadag om usikkerhed ved CT-scanning er afholdt.

MP 3.4 (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning): Deltagelse i møde for EURAMET TC-L.

Aktivitet 4: Digitalisering

MP 4.1 (Udvikling af teknologisk service): Gennemført brug af de i år 1 udviklede værktøjer på en case rettet mod energivirkomheder (fortsat fra MP 2.1, 2019).

MP 4.2 (Inddragelse og videnspredning): Workshop afholdt om metrologi og digitalisering rettet mod industri og forsyninger.

Aktivitet 5: Tværgående metrologiinfrastruktur

MP 5.1 (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning): Deltagelse i DANIAMet-møder og i møde for DANAK's sektorudvalg for kalibrering.

MP 5.2 (Vidensamarbejde, -hjemtagning- og kompetenceopbygning): Deltagelse i EMPIR-projektansøgning.

MP 5.3 (Inddragelse og videnspredning): Aktiv deltagelse i metrologidag.