

## A. Skema til ansøgning om resultatkontraktmidler

<b>Indsatsområde (titel):</b>	<b>Metrologisk Infrastruktur</b>	<b>Evt. nr.:</b>	1
<b>Indsatsområde kort (resumé)</b>			
Med indsatsområdet opretholdes og udvikles det Nationale Metrologi Institut i Danmark, som er en grundlæggende kapacitet for dansk erhvervsliv. Institutet har ansvar for at vedligeholde og udbygge Danmarks basale og kritiske metrologiske infrastruktur, og sikrer at Danmark overholder sine forpligtelser som deltager i "Meterkonventionen".			
<b>1) Målsætninger, aktiviteter og indikatorer</b>			
Med indsatsområdet opretholdes og udvikles det Nationale Metrologi Institut i Danmark med ansvar for at vedligeholde og udbygge Danmarks basale og kritiske metrologiske infrastruktur, samt at Danmark overholder sine forpligtelser som deltager i "Meterkonventionen".			
Indsatsområdet har som overordnet mål at sikre danske virksomheders adgang til sporbare og pålidelige målinger, hvilket er en forudsætning for, at de kan afsætte deres produkter på det globale marked. Indsatsen omfatter etablering og vedligehold af danske primærnormaler, dansk deltagelse i det globale metrologisamarbejde og internationale sammenligninger, videnhjemtagning fra andre Nationale Metrologiinstitutter, udvikling af nye akkrediterede ydelser, deltagelse i standardiseringsarbejde, koordinering af den øvrige danske metrologi infrastruktur, opretholdelse af et kvalitetssystem, der er i overensstemmelse med ISO 17025 samt vidensspredningsaktiviteter. Disse aktiviteter er centrale for international anerkendelse af danske måletekniske kompetencer og bidrager til at sikre udlandets tillid til kvaliteten af danske produkter og ydelser.			
<b>Væsentligste aktiviteter og forventede fremdrift:</b>			
Forventede RK-finansiering er angivet i parentes efter titlerne.			
<b>a) Opretholdelse af nationale normaler</b>			
DFM vil opretholde normaler og videregive sporbarhed inden for områderne masse, elektricitet, længde, radiometri, elektrokemi, akustik, nanopartikler, mikro og nanogeometri samt berøringsfri termometri. Endvidere arbejdes for at udbrede kendskabet til - og indføre digitaliseret metrologi hos danske produktionsvirksomheder.			
<b>b) Etablering af nye normaler/faciliteter</b>			
DFM vil udvide og forbedre infrastrukturen til videregivelse af sporbarhed inden for: akustik, pH, kemiske blandingsforhold, partikler, elektrolytisk ledningsevne, geometri og ruhed, optisk radiometri, kolorimetri og berøringsfri termometri.			
<i>delmål år 1:</i> Etablering af infrastruktur til geometriske kalibreringer af 'freeform' og 3D emner.			
<i>delmål år 2:</i> Forbedre kalibreringsevnerne for <i>berøringsfri termometri</i> i området op til 1500 °C.			
<i>delmål år 3:</i> Der opnås akkreditering inden for kolorimetri. DFM udsteder digitale kalibreringscertifikater. Ny testbed til høreapparatindustrien til udmåling af 3D-lydfelter.			
<i>delmål år 4:</i> Nye reference materialer til pH-målinger ved lave pH-værdier udbydes.			
<b>c) Videnhjemtagning i internationalt komité- og metrologisamarbejde</b>			
Aktiviteten sikrer videnhjemtagning og nationale interesser via samarbejder i de internationale metrologiorganisationer: Meterkonventionen, CIPM, EURAMET og undergrupper heraf, samt de Europæiske Metrologi Netværk (EMN) 'Clean Energi' og 'Climate and Ocean Observation' som relaterer sig til grøn omstilling.			
<i>Årlige delmål:</i> Der deltages i 13 tekniske komitéer og 5 standardiseringskomitéer.			
<i>Delmål år 3:</i> Der arrangeres en nordisk sommerskole om metrologi, med de nordiske og baltiske NMI'er.			
<b>d) Videnspredning til danske virksomheder</b>			
Der videnspredes nationalt gennem: Klynger, faglige netværk, møder i målgruppen (herunder akkrediterede laboratorier, danske produktionsvirksomheder), myndigheder, råd og udvalg (se pkt. 4). Der er planlagt standardiseringsarbejde inden for områderne: Geometriske Produkt Specifikationer (GPS), partikelmålinger og			

akustiske målinger. Aktiviteten viderefører metrologi.dk til opbygning af metrologikompetence hos underviserne på de danske uddannelsesinstitutioner især erhvervsakademier og maskinmesterskoler. I forbindelse med metrologi.dk afholdes der årligt 1 faglærerseminar, udvikles 2 nye læremidler og 4 sparringsforløb med undervisere i form af introduktion til læremidler, ”hands-on” øvelser, opkvalificering, laboratoriebesøg etc.

Indikatorer og mål for indsatsens succes og værdiskabelse:

	<b>Indikatorer</b>	<b>Mål</b>
1	Nye ydelser Totalt	≥ 27
2	Heraf antal ydelser der er akkrediterede	≥ 16
3	Heraf antal ydelser der understøtter grøn omstilling	≥ 8
4	Heraf antal ydelser der understøtter digitalisering	≥ 4
5	Udstedte certifikater og målerapporter	≥ 3200
6	Møder med målgruppen	≥ 95
7	Møder og sparring med brancheorganisationer og klynger	≥ 5
8	Industrispecifik vidensspredningsaktiviteter fx seminarer, webinarer, videomaterialer	≥ 20
9	Andelen af modtagere af indsatsens ydelser, som er tilfredse med kvaliteten (%)	≥ 98
10	Deltagelse i standardiseringsarbejde/komitéer	≥ 8
11	Publikationer i internationale `peer-review´ tidsskrifter, resultater fra sammenligninger og nye standarder	≥ 8
12	Afholdelse af metrologidag	4

## 2) Indsatsens relevans og potentiale

Industriens behov for adgang til metrologisk infrastruktur er stigende. Globaliseringen betyder at virksomhederne etablerer mere komplekse globale værdikæder, hvilket øger krav til dokumentation og produktkvalitet. Endvidere betyder den teknologiske udvikling at processer effektiviseres og produktionsomkostninger falder, hvorved måling og dokumentation udgør en stigende del af de samlede produktionsomkostninger. Bedre målinger skaber mere tillid mellem virksomheder, hvilket øger markedseffektiviteten af globale værdikæder.

Metrologi har en betydelig samfundsværdi, som kan være svær at opgøre direkte, fordi den indgår i mange sammenhænge i en vidensøkonomi. Det kan dog med stor sikkerhed anføres, at behovet vil stige kraftigt i de kommende årtier i takt med den stigende digitalisering af samfundet. Der er brug for nye digitale teknologier i forbindelse med virksomhedernes stigende anvendelse af robotter, sensorer, 3D printere og avanceret måleudstyr. Disse skal enten kalibreres eller på anden måde have valideret deres datakvalitet. Yderligere ses en udvikling mod mere og mere kompakte komponenter og produkter, som skaber et afledt behov for forbedrede målekompetencer. De direkte målgrupper er:

1. Højteknologiske SMV'er, der ikke selv har ressourcer til at opbygge metrologikompetencer til dokumentation af produkters funktion og kvalitet.
2. Produktionsvirksomheder med behov for at styrke kvalitetssikring og effektivisering i produktionsprocesserne, og som er afhængige af markedsadgang gennem globalt anerkendte måletekniske ydelser. Primære sektorer udgøres af energi-, lægemiddel-, medico-, plast-, fødevarer- og belysningsindustrien samt underleverandører hertil.
3. Akkrediterede kalibrerings- og prøvningslaboratorier, der viderebringer sporbarhed til slutbrugere, og har behov for adgang til metrologiydelser og kompetencer på et højt niveau.
4. Danske myndigheder, herunder Sikkerhedsstyrelsen og Styrelsen for Institutioner og Uddannelsesstøtte, der sammen sætter de legale og økonomiske rammer for dansk metrologi, samt DANAK og Dansk Standard, som del i kvalitetsinfrastrukturen.
5. Danske universiteter, til kvalificering af forskningsresultater samt implementering og markedsmodning af ny teknologi.

Der indhentes løbende information om målgruppernes nuværende og fremtidige metrologibehov via samarbejder i DFM's omfattende danske - og udenlandske netværk. De konkrete behov er også afdækket via

DFM's direkte møder (> 150 i kontraktperioden 2019-2020) med virksomheder, danske akkrediterede kalibreringslaboratorier og myndigheder.

Indsatsrådets aktiviteter er prioriteret i samarbejde med målgrupperne og adresserer de primære danske metrologibehov for at vedligeholde og udbygge Danmarks basale metrologiinfrastruktur. De udvalgte aktiviteter understøttes af en række kommentarer på BedreInnovation.dk (se pkt. 8).

Gennem dialog med målgrupperne og andre nationale metrologiinstitutioner optimeres ressourceanvendelsen løbende, således at ressourcerne altid anvendes til at opbygge og vedholde infrastruktur af størst betydning for målgrupperne, mens ressourcer til infrastruktur med faldende betydning reduceres eller fjernes.

DFM forestår national videnformidling og koordinering af den nationale metrologiinfrastruktur. Herved sikres et optimalt udbytte af de danske ressourcer til metrologi, og danske metrologikompetencer synliggøres over for målgrupperne. Som Danmarks primære ressource inden for den fundamentale metrologi indgår DFM i den videndeling, der foregår mellem nationale metrologiinstitutioner. Derved får dansk industri adgang til den globale metrologiske viden på trods af, at < 30 % af den efterspurgte viden tilvejebringes i Danmark.

DFM deltager i globale og regionale metrologiorganisationer med det formål at sikre den internationale anerkendelse af målinger udført i Danmark og deltager i vidensamarbejde til gavn for danske virksomheder, myndigheder og organisationer (se pkt. 6).

På BedreInnovation.dk har aktiviteten modtaget 41 unikke og positive kommentarer vedrørende et generelt behov for et stærkt dansk NMI. Der er udtrykt stor tilfredshed med DFM's kalibreringsydelser og metrologisk rådgivning fra en række virksomheder. Heriblandt har DANAK og Dansk Standard kommenteret positivt på nødvendigheden af opretholdelsen af den metrologiske infrastruktur i Danmark. Ligeledes har Sikkerhedsstyrelsen over for DFM tilkendegivet en stor tilfredshed med indsatsen med den metrologiske infrastruktur, og erklæret at de gerne vil deltage i indsatsens følgegruppe.

Indsatsen understøtter følgende strategiske fokusområder: *Klimapartnerskaberne, 2020* (Life Science og biotech, produktionsvirksomheder, fødevarer og landbrug, landtransport, luftfart, det Blå Danmark, og energi og forsyningssektoren), *Danmark som foregangsland på energi og klima, 2018* (standarder for vedvarende energiteknologier, energiforbrugende udstyr osv.), *Strategi for Danmarks digitale vækst, 2018* (sensorer i fremstillingsindustrien, indsatsen overfor SMV'er), *Teknologipagten* (styrkede STEM-kompetencer), *Invest in Denmark - Strategi for tiltrækning af udlandske investeringer, 2020-2023* (Technology and knowledge-intensive investments). *Erhvervsfremmebestyrelsens strategi, 2020* (Grøn omstilling og cirkulær økonomi, Life science og velfærdsteknologi, digitalisering og avanceret produktion).

### 3) Markedssvigt og konkurrencesituation

Nationale metrologiinstitutioner sikrer samfundet adgang til sporbarhed, ved at etablere og vedligeholde primærnormaler og international sammenlignelighed. Denne grundlæggende kapacitet for erhvervslivet vil ikke kunne opbygges på kommercielle vilkår. Det skyldes, at Nationale metrologiinstitutioner udsteder få certifikater på øverste niveau i sporbarhedskæden primært til de akkrediterede kalibreringslaboratorier, og derved kun genererer en begrænset omsætning. Disse få certifikater danner grundlag for en omfattende kommerciel kalibreringsindustri, der årligt udsteder tusinder af certifikater på lavere nøjagtighedsniveau. Denne gearingsfaktor kan variere fra ca. 100 til over 10.000 afhængigt af metrologiområde. Derudover bliver disse certifikater brugt til at generere sporbarhed til millioner af færdige produkter.

Kravene til udstyr, procedurer og tidsforbrug er langt højere ved etablering af det øverste niveau i sporbarhedskæden, fx er det hovedsageligt Ph.D. uddannede, som varetager DFM's primærkalibreringer. Kombinationen af den måletekniske kompleksitet og det marginale kommercielle potentiale, betyder at der eksisterer en "markedsfejl", som søges afhjulpet gennem indsatsen.

Metrologi indgår i en samlet national kvalitetsinfrastruktur bestående af tre tæt knyttede områder: metrologi, standardisering og akkreditering. DFM samarbejder med Dansk Standard og DANAK om at vedligeholde og effektivisere den samlede kvalitetsinfrastruktur med det formål, at vedligeholde og styrke danske virksomheders konkurrenceevne.

Det er kritisk for virksomhedernes konkurrenceevne at kalibreringer kan leveres hurtigt og effektivt. Hvis virksomhederne skal hente deres sporbarhed i udlandet, kan de ikke være sikre på samme prioritering, eller at evt. specialiserede ydelser overhovedet gøres tilgængelige. Den metrologiske infrastruktur er en samfundsøkonomisk effektiv løsning, hvor etablering af dyre kalibreringsfaciliteter på primærniveau ikke

implementeres mere end højest nødvendigt, men er tilgængelige for alle aktører. Der er i Danmark etableret en række akkrediterede kalibreringslaboratorier på de lavere sporbarhedsniveauer, som udfører mere rutineprægede kalibreringer.

Alle DFM's ydelser, der etableres under nærværende indsats, er på forkant af markedet og udvalgt på basis af DFM's kendskab til de globale udviklinger i forhold til målgruppens behov. Behovene ses også af kommentarer på BedreInnovation.dk (se afsnit 5). Alle akkrediterede ydelser udviklet under nærværende indsatsområde vil være på et måleevne-niveau, som er bedre end øvrige danske aktørers. Ingen planlagte ydelser udbydes i dag af andre danske aktører, og ingen danske aktører har de krævede specifikke metrologi-kompetencer til selv at udvikle tilsvarende ydelser.

Sammen med de Nordiske og Baltiske NMI'er har DFM stiftet det Europæiske Metrologi Netværk – "Smart Specialisation in the Nordic-Baltic Region" (se afsnit 6) Samarbejdet har fokus på arbejdsdeling og koordinering af aktiviteter samt vidensspredning til hele regionen af de enkelte NMI'ers styrkeområder. Endvidere udbydes de enkelte NMI'ers kurser til hele regionen og bliver markedsført af alle. NMI'erne udvikler en fælles strategi for metrologi i regionen for perioden 2021 - 2027.

Aktiviteterne omkring læremiddelplatformen metrologi.dk har på BedreInnovation.dk fået 21 individuelle positive tilkendegivelser til fortsættelse, heriblandt fra 3F, Novo Nordisk, FOSS og ESA BIC. Teknologiorienterede virksomheder efterspørger i stigende grad medarbejdere med "håndværksmæssige" færdigheder, der samtidig har sekundære kompetencer som "problemknusere" af de løbende tekniske udfordringer i produktionen<sup>1</sup>. Behovet for opkvalificering af ufaglærte medarbejdere er bl.a. adresseret i Teknologipagten<sup>2</sup>. De relevante tekniske uddannelser ved især arbejdsmarkedsuddannelser (AMU), erhvervsuddannelser (EUV, EUX), professionshøjskoler og erhvervsakademier, mangler fortsat nye læremidler med det nødvendige faglige niveauer til at adressere disse behov. Materialet stilles frit tilgængeligt via hjemmesiden [www.metrologi.dk](http://www.metrologi.dk).

#### **4) Vidensspredning og inddragelse i indsatsområdet**

Højteknologiske SMV'er har stort udbytte af samarbejdet med DFM omkring deres måletekniske udfordringer, krav til dokumentation og kvalitetssikring. Kontakten med disse realiseres bl.a. via foreninger som Eurolab Danmark, FVM, erhvervsklynger og erhvervshusene. En væsentlig vidensspredning sker også gennem salg af DFM's kalibrerings- og rådgivningsydelser. For rådgivningsopgaverne adresseres normalt konkrete måletekniske udfordringer som virksomheder står overfor i forbindelse med produktudvikling, dokumentation eller kvalitetssikring ved introduktion af nye produkter på markedet. Der samarbejdes med de danske kalibreringslaboratorier om udbud, tilpasning og anvendelse af DFM's kalibreringsydelser. DFM samarbejder i DANIAMet-MI med de danske institutioner og virksomheder, som varetager forpligtelser inden for metrologi.

##### **Inddragelse af målgruppen i gennemførelse af indsatsen**

Udstedelse af kalibreringscertifikater udgør den primære vidensspredning til målgruppen. Hvert DFM kalibreringscertifikat anslås i gennemsnit at være grundlag for ca. 200 gange flere kalibreringscertifikater i næste led af sporbarhedskæden (se pkt. 3). De akkrediterede laboratorier videreformidler indsatsens resultater i form af kalibreringer for deres kunder. DFM's kommercielle omsætning er steget fra 7,1 Mkr. i 2018 til forventet 10,0 mio.kr. i 2020, og væksten forventes at fortsætte i perioden 2021-2024 til 13,1 mio.kr. i 2024. DFM forventer at øge antallet af kunder med > 30 % i perioden. Endvidere overdrages viden gennem DFM's løbende kundedialog.

I forbindelse med udvikling af nye ydelser inddrages målgrupperne i at fastlægge ydelsernes specifikationer. DFM har løbende dialog med målgrupperne for at introducere nye ydelser og afklare eventuelle ændringer af behov. Der vil blive afholdt mere end 225 kundemøder i DFM regi, som led i inddragelsen. Der gennemføres 8 virksomhedscases i perioden. I en virksomhedscase indgår DFM i et samarbejde med en virksomhed. Samarbejdet kan fx bestå i at DFM's generelle kompetencer eller ydelser udvikles/tilpasses på baggrund af en konkret problemstilling i virksomheden, eller at virksomheden bidrager med test emner, som DFM anvender til etablering af bredt anvendelige ydelser.

<sup>1</sup> Højbjerg Brauer Schultz (2018): "[Virksomheders efterspørgsel efter STEM-kompetencer](#)".

<sup>2</sup> <https://www.teknologipagten.dk/>

Endvidere udbredes resultater og viden gennem sociale medier, kurser, videoer, seminarer, webinarer, fag-specifikke industriorienterede vidensspredningsmøder, samt via indlæg i fagmedier (fx Teknisk Nyt, Dansk Kemi og DOPS-NYT), og landsdækkende medier.

### **Følgegruppe**

Indsatsområdets følgegruppe vil være sammensat af repræsentanter fra Sikkerhedsstyrelsen, Dansk Standard, DANAK, Branche Organisationer (fx DI, Dansk Erhverv), virksomheder og universiteter (Hans Nørregård Hansen DTU-Mek.) samt EURAMET's bestyrelsesformand (Hans Arne Frøystein, Justervesenet). Denne følgegruppe skal give input til behov for strategiske ændringer af indsatsområdets aktiviteter, ideer til vidensspredning, vurdering af nationale interesser, behov, barrierer og risici. Der afholdes 2 årlige møder.

### **DANIAmet-MI og DANIAmet-CLM**

De udpegede danske metrologiinstitutioner også kaldet "Designated Institutes" samarbejder inden for organisationen DANIAmet-MI.

I lande hvor NMI'et ikke selv har aktiviteter inden for visse metrologiområder kan "Designated Institutes" (DI's) udpeges iht. EURAMETs<sup>3</sup> procedurer. I Danmark har følgende DI status: FORCE Technology, Teknologisk Institut, HBK - Brüel & Kjør A/S, Trescal A/S og DTU. Samarbejde og arbejdsdeling mellem DFM og de danske DI'er koordineres gennem DANIAmet-MI. DFM har formandskabet for DANIAmet-MI, og der afholdes årligt to møder i foreningen. Som NMI er DFM kontaktpunkt mellem DANIAmet-MI, EURAMET og Meterkonventionen. DFM forestår processen med den fortsatte anerkendelse af den danske struktur under CIPM-MRA, samt formidling af godkendelse/global gensidig anerkendelse af danske måleevner.

DFM er udpeget til at repræsentere Danmark i EMPIR-komiteen, og har ansvaret for at koordinere den danske deltagelse i det samlede program. DFM vil forsætte denne opgave i det nye 7-årige program "European Partnership on Metrology".

Det er aftalt at koordineringen af samarbejdet med øvrige GTS-institutioner, der agerer på metrologiområdet (TI og FORCE) foregår i regi af DANIAmet-MI. Herudover mødes DFM med hvert institut mindst 1 gang årligt for nærmere at koordinere indsatsen og fremtidige planer, så overlap undgås. Det er aftalt at metrologidagen afholdes på skift af de tre GTS-institutioner, efter fælles planlægning. For at øge opmærksomheden for metrologidagen, vil samarbejder med relevante klyngeorganisationer, IDA eller DI blive anvendt til at nå bredere ud i målgruppen og brancher.

Det er aftalt med de øvrige partnere i DANIAmet-MI at DFM overtager ansvaret for DANIAmet-MI's hjemmeside. Hjemmesiden har kraftigt behov for en opdatering. Hjemmesiden skal formidle et samlet overblik for den metrologiske infrastruktur samt synliggøre rollefordelingen imellem DANIAmet-MI's medlemmer, således at denne information er direkte tilgængelig for virksomheder og øvrige metrologi relaterede aktører.

DANIAmet-CLM er en organisation for aktørerne inden for legal metrologi. På baggrund af DFM's aktiviteter inden for prøvning af UV i solarier, nye opgaver med kalibrering af politiets fartmåler, samt forventede aktiviteter inden for grøn energi, vil DFM melde sig ind i DANIAmet-CLM. Dette vil styrke koblingen til den legale metrologi og bidrage til en øget sammenhæng i den samlede metrologiinfrastruktur.

### **Myndigheder, råd og udvalg**

I indsatsen vil DFM bidrage til DANAK's arbejde vedrørende akkreditering. DFM stiller teknisk kompetence til rådighed i forbindelse med bedømmelse af kalibreringslaboratorier på kommerciel basis. DFM rådgiver danske myndigheder fx som høringspart i forbindelse med udarbejdelse af love og bekendtgørelser. DFM vil i perioden afholde møder med 6 udvalgte styrelser for at afklare fremtidige måletekniske behov. Større opgaver, herunder bedømmelse af nye nationale metrologilaboratorier, forventes at foregå som kommercielle aktiviteter.

### **Faglige netværk**

DFM vil øge sin deltagelse i nationale faglige fora. DFM vil formidle viden om sine aktiviteter gennem de faglige netværk og de nationale og internationale samarbejdsorganisationer. Der planlægges fortsat deltagelse i blandt andet Eurolab Danmark (arbejdsgruppen TKAK), Dansk Optisk Selskab, Dansk Elektrokemisk Forening, Foreningen for Værkstedsmetrologi, Dansk Materiale Netværk, DAMRC, Gate 21 og Lydteknisk Netværk. DFM forventer at deltage i yderligere tre netværk. DFM vil desuden udbyde

<sup>3</sup> Se afsnit 6) for yderligere aktiviteter under EURAMET.

sammenligningskalibreringer til danske og udenlandske kalibreringslaboratorier på kommercielle vilkår. DFM er ligeledes medansøger for klyngeaktiviteten ”Energy Cluster Denmark”. Der afholdes møder med de danske akkrediterede kalibreringslaboratorier for at styrke DFM’s service til målgruppen.

#### **www.metrologi.dk - Kompetenceløft til metrologiundervisning**

Kommentarerne på BedreInnovation.dk viser at der er en stor efterspørgsel efter at styrke de måletekniske kompetencer i STEM uddannelserne til produktions og udviklingsmiljøer. I aktiviteten udvikles nye læremidler i digitale formater, som sikrer bred tilgængelighed og muliggør fjernundervisning heriblandt video’er og webinarer. ”Hands-on” øvelser udvikles og giver de studerende de nødvendige praktiske erfaringer til deres fremtidige ansættelser. Materialet udvikles i samarbejde med uddannelsesinstitutioner og virksomheder, med udgangspunkt i let tilgængeligt - eller eksisterende udstyr ved uddannelsesstederne.

Der hjemtages viden gennem EMN for ”Smart Specialisation in the Nordic – Baltic region”. Læremidler etableret gennem samarbejdet gøres tilgængelig via metrologi.dk.

Uddannelsesinstitutionerne udtrykker at samspillet mellem dem, GTS og virksomheder har særdeles stor værdi for kvaliteten i undervisningen og de efterspørger mere faglig sparing<sup>4</sup>. De digitale læremidler har vist sig særligt værdifulde mht. fjernundervisning og yderligere digitale læremidler, videomaterialer, webinarer efterspørges. I løbet af tidligere resultatkontrakter ”Undervisning i Metrologi” og ”Undervisning i metrologi 4.0”, er der opbygget en stærk følgegruppe bestående af virksomheder, erhvervsakademier og professionshøjskoler, som vil blive videreført med afholdelse et årligt følgegruppemøde. Nye samarbejdspartnere vil løbende blive inddraget for at afspejle aktiviteterne. Videndeling til undervisere og elever vil fortsætte gennem hjemmesiden, seminarer og direkte undervisning af undervisere. DFM vil yderligere styrke indsatsen henvendt til universiteterne med nye læremidler til de naturvidenskabelige universitetsuddannelsers grundforløb fx fysik<sup>5</sup> og bioteknologi samt gæsteforelæsninger som opfølgning på dette materiale. Der afholdes i gennemsnit 3 gæsteforelæsninger per år ved bl.a. DTU, AU og KU, med fokus på DFM’s forskningsaktiviteter og deres anvendelsesmuligheder. Aktiviteten bakkes op af 21 indlæg på BedreInnovation.dk

#### **5) Nyhedsværdi og ambitionsniveau**

DFM vil udvikle og udbyde metrologisk infrastruktur og kompetencer, der underbygger og styrker danske virksomheders konkurrenceevne.

DFM’s ydelser og infrastruktur udvikles i samarbejde med andre NMI’er og udgør globalt ”state of the art”. Eksistensen af stærke forskningskompetencer på DFM, sammen med infrastrukturen, er afgørende for at virksomhedernes avancerede metrologiske problemstillinger kan løses. Der er risiko for nedbrud af kritisk udstyr, men denne er reduceret i forhold til tidligere perioder, idet udstyr på en række områder er udskiftet over de senere år. Ligeledes er afhængighed af nøglemedarbejdere reduceret ved at sikre kompetenceoverlap for de enkelte metrologiområder, i kraft af DFM’s vækst.

Det er DFM’s mål at alle dets måleevner, som er registreret i BIPM’s key comparison database (KCDB) ligger i top 25 % mht. nøjagtighed i deres kategorier.

Indsatsen tager udgangspunkt i forskningsresultater fra tidligere RK-aktiviteter under ”Metrologisk Forskning og Udvikling”, samt de tidligere RK aktiviteter ”Undervisning i metrologi 4.0” og ”Overflademetrologi til fremtidens produktion”.

#### **6) Indsatsområdets kobling til videns- og innovationssystemet**

De væsentligste samarbejdspartnere i Danmark er Sikkerhedsstyrelsen, DANAK, Dansk Standard, universiteter, kalibreringslaboratorier og de udpegede metrologiinstitutioner (”Designated Institutes”) med ansvar for enkelte metrologiområder (herunder GTS institutionerne TI og FORCE Technology). DFM samarbejder med en række danske og udenlandske universiteter. DFM vil styrke samarbejdet med de danske universiteter ved at sponsorere en ph.d. studerende i fællesskab med DTU mekanik, i løbet af perioden.

<sup>4</sup> Se kommentar på BedreInnovation.dk fra Eva Trudsø, Erhvervsakademi Sjælland

<sup>5</sup> DFM har dialog med Christine Hvidberg (Studieleder for KU fysik) og Kristoffer Haldrup (DTU Fysik), der støtter op på BedreInnovation. DFM vil senere udbrede til øvrige universiteter og andre studieretninger.

DFM har et tæt samarbejde med Sikkerhedsstyrelsen, som har myndighedsansvaret på metrologiområdet. Samarbejdet omfatter rådgivning på metrologiområdet, deltagelse i Generalkonferencen for Mål og Vægt og udførelse af metrologiopgaver for Styrelsen.

Der hjemtages viden gennem deltagelse i internationale faglige metrologifora, herunder måletekniske sammenligninger, som forankres direkte ved DFM i nye ydelser, forbedring af ydelser og/eller formidles til andre aktører gennem kontraktforskningsopgaver, seminarer og lignende.

Internationalt samarbejder DFM især med de øvrige nationale metrologiinstitutioner inden for den europæiske metrologiorganisation EURAMET, hvilket giver unikke muligheder for videndeling og videnhjemtagning. Der videnhjemtages også ved forskningsophold ved de udenlandske NMI, fx er der for 2021 planlagt et ophold ved PTB i Tyskland for at hjemtage viden omkring geometriske målinger.

DFM vil arbejde for en øget arbejdsdeling blandt de europæiske NMI'er for derigennem at optimere nytten af DFM's ydelser. Dette vil bl.a. ske ved deltagelse i de relevante Europæiske Metrologi Netværk (EMN) under EURAMET, som skal styrke samarbejdet, arbejdsdelingen og sikre kritisk masse i udvikling af metrologiydelser på højeste niveau (se uddybelse nedenfor).

### **Meterkonventionen**

Den traktatbaserede Meterkonvention er det globale enhedssystems højeste organ, og fastsætter det tekniske grundlag for metrologi baseret på den højeste internationale ekspertise<sup>6</sup>. Deltagelse i Meterkonventionens komitéer er baseret på krav til medlemmernes dokumenterede kompetencer, og således forudsætter fortsat medlemskab en synlig indsats. I løbet af kontraktperioden vil DFM deltage i følgende tekniske komiteer og arbejdsgrupper:

- CCM (komite for masse og afledte enheder)
- CCQM (komité for metrologi i kemi)
- CCAUV (komité for akustik)
- CCQM-EAWG (arbejdsgruppe for elektrokemi)
- CCL WG-N (arbejdsgruppe for nanometrologi)
- JCGM WG1 (arbejdsgruppe for måleusikkerhed)

Komiteerne holder normalt ét årligt møde. Dertil kommer et årligt NMI direktørmøde samt deltagelse som dansk delegationsleder i Generalkonferencen for Mål og Vægt.

Meterkonventionens arbejdsgrupper har direkte kontakt til udenlandske metrologiorganisationer, som koordinerer globale sammenligninger og som godkender de nationale måleevner. Information fra de internationale organer distribueres til danske interessenter gennem danske netværk (se afsnit 4).

### **EURAMET**

EURAMET er de europæiske nationale metrologiinstitutioners samarbejdsorganisation. DFM varetager en række koordinerende funktioner på vegne af den danske metrologistruktur. Deltagelsen i EURAMETs tekniske komitéer sikrer metrologisk videnhjemtagning og videndeling. Komiteerne igangsætter samarbejdsprojekter, herunder regionale måletekniske sammenligninger, og koordinerer bedømmelsen af måleevner til brug i CIPM-MRA<sup>7</sup>. EURAMET forestår endvidere udarbejdelse af metrologiske retningslinjer, som anvendes af de nationale akkrediteringsorganer. EURAMET består af 115 videninstitutioner (37 NMI'er og 78 Designated Institutes (DI)).

DFM deltager i EURAMETs generalforsamling og EMPIR Komité. DFM-medarbejdere er danske kontaktpersoner og deltager i følgende 9 tekniske komiteer:

- TC-M (komité for masse og afledte enheder)
- TC-AUV (komité for akustik)
- TC-EM (komité for elektricitet og magnetisme)
- TC-PR (komité for fotometri og radiometri)
- TC-L (komité for længde)
- TC-MC (komité for metrologi i kemi)
- TC-IM (komité for interdisciplinær metrologi)
- TC-Q (komité for kvalitet)
- TC-TF (komité for tid og frekvens)

<sup>6</sup> EURAMET technical committee on interdisciplinary metrology

<sup>7</sup> CIPM-MRA: den globale aftale om gensidig anerkendelse af kalibreringsresultater fra nationale metrologiinstitutioner og udpegede institutioner. Aftalen koordineres af BIPM via regionale metrologiorganisationer, fx EURAMET.

Deltagelse i øvrige tekniske komitéer og underkomitéer varetages af andre medlemmer af DANIAMet-MI.

### **Europæiske Metrologinetværk (EMN)**

De europæiske metrologinetværk under EURAMET, adresserer branche- og samfundsudfordringer, som er af vigtig strategisk betydning og med europæisk dimension. Disse udfordringer er normalt tværfaglige modsat TC'erne, som fokuserer på opretholdelse sporbarhedskæderne inden for de enkelte metrologiske domæner. EMN'erne adresserer udvikling af den europæiske metrologi-infrastruktur med det overordnede formål at sikre optimal udnyttelse af NMI og DI ressourcer for at imødekomme kritiske erhvervs og samfundsbehov. EMN'er udgør endvidere et kontaktpunkt for interessenter, hvor resultaterne af gennemførte EMPIR projekter kan forankres ud over den typiske 3 årige bevillingsperiode. Netværkene forventes at blive afgørende for nye standardiseringstiltag inden for området, samt prioritering af forsknings- og udviklingsaktiviteter.

DFM deltager i følgende 5 EURAMET metrologinetværk: "Clean Energy", "Smart Specialisation in the Nordic Baltic Region", "Mathematics and Statistics", "Quantum Technologies", og "Climate and Ocean Observation".

### **Konkrete samspil med europæiske og nationale videns- og innovationssystemer**

#### Grøn omstilling

DFM har sammen med PTB (Tysklands NMI) taget initiativ til etablering af et Europæisk Metrologi Netværk for "Clean Energy". Samtidig er DFM medlem af den videnbaserede klyngeaktivitet "Energy Cluster Denmark", hvorigennem DFM vil opnå tværgående samarbejder med det nationale viden- og innovationssystem. Gennem deltagelsen i de to organisationer vil DFM sikre synergi mellem nationale interesser og prioriteringer på europæisk plan.

#### metrologi.dk - Virksomhedsnær kompetence opbygning

Det er planlagt at hente viden og erfaringer vedr. undervisning i metrologi igennem det Europæiske metrologi netværk for "Smart Specialisation in the Nordic-Baltic region". Ligeledes afsøges muligheder for projektbevillinger fra Novo Nordisk Fonden, Teknologipagten og lignende.

#### Digitaliseret metrologi til danske produktionsvirksomheder

DFM hjemtager viden fra TC-IM's arbejdsgrupper ("Development of digital calibration certificates" og "Research data management and the Open Science Cloud"), der omhandler digitalisering af metrologi. Sammen med Teknologisk Institut deltager DFM i EMPIR ansøgningen til SRT-i25 SmartCom2, til udvikling af digitale kalibreringscertifikater og standardiserede filformater, hvorfra kalibreringsresultater kan udlæses digitalt. I dag overfører kunderne data manuelt til sine IT-systemer, så der er et stort effektiviserings potentiale i at automatisere denne proces<sup>8</sup>. De digitale certifikater udvikles så de bliver globalt accepteret. Der hjemtages viden gennem EMN for "Smart Specialisation in the Nordic-Baltic region", hvor især det Estiske NMI udmærker sig ved at mere end 90% af deres certifikater allerede i dag udstedes digitalt.

### **Standardisering**

Deltagelsen i det tekniske komitéarbejde i de internationale metrologiorganer har i stor udstrækning et prænormativt<sup>9</sup> sigte. Realisering af målestørrelser og enheder, udvikling af referencemålemetoder og demonstration af sammenlignelighed er afgørende for implementering af standarder med et måleteknisk indhold. DFM vil deltage i nedenstående standardiseringskomitéer:

- DS S-529, Elektroakustik
- IEC TC 29, Elektroakustik
- CIE, Commission on Illumination
- DS S-438 Renrumsteknologi
- ISO TC 209 Cleanrooms and associated controlled environments
- ISO TC 24/SC4 Particle Characterization (hvor DFM leder den danske delegation)
- CEN TC 243 Cleanroom Technology
- DS S-874 Quantum Technologies
- DS S-858 3D-print – Additive Manufacturing

DFM standardiseringsaktiviteter støttes af 11 kommentarer på BedreInnovation.dk.

<sup>8</sup> Se kommentar på BedreInnovation: Finn Christensen, Senior QMS Specialist - Metrology, Novo Nordisk A/S.

<sup>9</sup> 'Prænormativ' er det teknisk-videnskabelige grundlag, som standardiseringsaktiviteter kan bygge på.



## 7) Sammenhæng med instituttets strategi og afsæt i instituttets ressourcer

DFM har i mere end 30 år været udpeget som Danmarks nationale metrologiinstitut og har opbygget specielle metrologikompetencer og infrastruktur bestående af nyetablerede laboratorier samt egenudviklet og indkøbt "state of the art" metrologiudstyr. Ingen andre aktører i Danmark har tilsvarende kompetencer og infrastruktur. Samtidig har DFM tiltrukket fagligt stærke medarbejdere.

DFM er globalt blandt de førende nationale metrologiinstitutter på en række områder og er kendt som en af de bedste aktører i verden til at omsætte metrologiaktiviteter til værdiskabelse for industrivirksomhederne.

Indsatsen har en tæt sammenhæng med DFM's to andre indsatsområder "Metrologisk forskning og udvikling" samt "Metrologi til digitalisering og datasikkerhed", således at forskningsresultater fra de to områder forankres permanent i nærværende område og sikrer danske virksomheder adgang til de avancerede metrologiydelser, der i stigende grad efterspørges. Aktiviteterne i de to RK ansøgninger "Metrologisk Infrastruktur" og "Metrologisk Forskning og Udvikling" er ligeledes tæt forbundne i forhold til opfyldelsen af de krav, der stilles til nationer, som er tilsluttet "Meterkonventionen". De to områder udgør således sammen en rammebetingungelse for opretholdelsen af et nationalt metrologiinstitut. Alle nye ydelser forventes at bidrage til væksten i DFM's kommercielle omsætning.

Alle aktiviteter tager udgangspunkt i DFM's nuværende kompetencer, udstyr og faciliteter.

## 8) Konkrete aktiviteter

### Opretholdelse af nationale normaler

DFM's normaler anvendes i forbindelse med udbud af kalibreringsydelser, fremstilling og salg af referencematerialer, rådgivningsydelser og kursusaktivitet. DFM vil i perioden opretholde normaler for:

- Massemetrologi (lodder)
- Længdemetrologi (interferometri, mikro/nano metrologi, geometri)
- Elektrisk metrologi (jævnspænding, modstand)
- Elektrokemisk metrologi (ledningsevne; pH - primær og sekundær)
- Akustisk metrologi (mikrofon-, aktuator-, og pistonfonkalibrering)
- Optisk metrologi (optisk effekt; optisk bølgelængde; stråleprofil; LED effekt og udstråling; UV irradians; ellipsometri og brydningsindeks)
- Partikelmetrologi (størrelse og antal)
- Temperatur metrologi (berøringsfri temperatur)

De nationale normaler, der opretholdes, er udvalgt og prioriteret ud fra DFM's analyser af kritiske metrologi-behov, via kontakt med danske virksomheder og myndigheder og via indlæg på "BedreInnovation".

Internationale sammenligninger gennemføres for at demonstrere international ækvivalens af måleresultater, som er et krav for at kunne opretholde nationale normaler, og understøtter den globale gensidige anerkendelsesaftale, CIPM-MRA aftalen (se pkt. 6). Igangsættelse af sammenligninger, der understøtter nye normaler og nye parameterområder, er særlig nødvendig for at opnå international anerkendelse. (Se pkt. 1 for måltal).

Koordinering af internationale sammenligninger udføres på skift af de nationale metrologiinstitutter, og DFM vil koordinere en sammenligning inden for elektrolytisk ledningsevne ved 500 mS/m og 20 S/m: hvor DFM står for fremstilling af referencemateriale, databehandling og rapportering (CCQM-K92.2020; 2021). DFM står også for en koordinering af en sammenligning inden for kalibrering af fiberoptiske power-metre samt kalibrering af silicium-trapedetektorer, som er væsentlig for sporbarheden i de optiske primærlaboratorier.

Digitale certifikater På europæisk plan er der i de seneste år sket en øget bevægelse mod digitalisering af kalibrerings-resultater og certifikater. I de kommende år vil danske virksomheder ligeledes efterspørge nye digitale metoder til håndtering af måle og kalibreringsdata. Aktiviteten vil sikre at den danske metrologiinfrastruktur understøtter dette. Endvidere vil aktiviteten styrke automatisering af dataindsamling, dataanalyse og generering af certifikater.

### Etablering af nye normaler/faciliteter

Danske virksomheder efterspørger med øget hyppighed nye akkrediterede kalibreringsydelser med sporbarhed til højeste niveau. Det er et mål at tilvejebringe disse akkrediterede ydelser hurtigt og effektivt.

Eksempler på aktiviteter som kan realiseres inden for indsatsområdet:

Skærpede tolerancer i fremstillingsindustrien stiller nye krav til kalibrering af optiske og taktile koordinat målemaskiner. Der etableres en 'state of the art' facilitet til akkrediterede *geometriske målinger* for at indfri nuværende og kommende behov. Herudover efterspørger fødevarer- og medicindustrien nye akkrediterede måleydelser af ruhed på svært tilgængelige områder, især ved hjælp af optiske metoder<sup>10</sup>. Disse aktiviteter understøttes af 8 indlæg på BedreInnovation.dk.

Testbed til UV lyskilder: UV lyskilder anvendes industrielt til desinficering af overflade og hærkning af klæbemidler. Ofte anvendes høje effektive niveauer som indebærer sikkerhedsmæssige risici og derfor efterspørger sporbar karakterisering af disse lyskilder. Testfaciliteten efterspørger i 3 indlæg på BedreInnovation.dk.

Pålidelige kemiske målinger er afgørende for analyselaboratorier i både medicinal- og fødevarerindustrien. DFM's aktiviteter på dette område støttes af 5 indlæg på BI.dk. DFM vil udvikle *nye primære reference materialer* på internationalt højeste niveau inden for *pH* ved lave (1,6) pH-værdier, samt *referencepartikler* i størrelsen 0,1 µm til 25 µm, efterspurgt af en række danske virksomheder. Baseret på et stigende antal henvendelser vil DFM opbygge en *kolorimetri*-facilitet til kalibrering af spektrofotometre o. lign. instrumenter.

Kontrol af processer i Industri og Energisektoren afhænger ofte af pålidelige temperaturmålinger. Udvikling af berøringsfri termometri efterspørger af bl.a. Ørsted, MAN Diesel og Topsil på BedreInnovation.dk. DFM vil forbedre kalibreringsevnerne for *berøringsfri termometri* i området op til 1500 °C.

Ny testbed til høreapparatusindustrien til udmåling af 3D-lydfelter: Danske høreapparater er i verdensklasse, men den globale konkurrence er hård. I udviklingen af nye høreapparater anvender virksomhederne øresimulatorer, men det er afgørende for den endelige kvalitet at disse er karakteriseret korrekt fx højfrekvent respons af de indbyggede mikrofoner. Som kommenteret af WSAudiology på BI.dk efterspørger industrien udmåling af lydfelter rundt om høreapparater. De akustiske aktiviteter støttes af 8 kommentarer på BI.dk

---

<sup>10</sup> Se BedreInnovation.dk: Henrik Hansen (DIMS Product Development Manager, Coldjet A/S).