

Indsatsområde (titel):

Digitale tvillinger af vandmiljøet

Indsatsområde (nr.): 3

Indsatsen kort (resumé)

I Danmark opfylder mindre end 50 % af alt overfladevand de fastlagte miljømål om god økologisk og kemisk tilstand, jf. [Vandrammedirektivet](#) (VRD). Sammen med [Byspildevandsdirektivet](#) (BSD) skaber dette udfordringer for forsyningsselskaber, industri og nationale og lokale myndigheder, fx i forbindelse med udledningstilladelser, og her vil digitale og innovative løsninger, metoder og modeller spille en afgørende rolle i optimering af miljøledelse og dermed styrke den danske miljøsektor.

I EU – såvel som på verdensplan – sætter miljøreguleringen høje standarder for en miljøbeskyttelse, der bliver mere specifik og strengere i takt med, at vores viden om påvirkningen af økosystemer og menneskers sundhed øges. Skærpede krav medfører mere intens overvågning og rapportering af miljøkvaliteten af et stigende antal parametre, hvilket stiller krav til både virksomheder og rådgivere. Vi vil udvikle nye digitale rådgivningstjenester og værktøjer – digitale tvillinger – som beskriver stoftransporter og miljøeffekter fra opland, i renseanlæg til søer og kystvande, og bygger på DHIs internationalt anerkendte domæneviden og softwareløsninger. Digitale tvillinger vil bidrage til den digitale udvikling i Danmark, jf. [Danmarks digitaliseringsstrategi](#), og dermed understøtte øget produktivitet, udvikle nye produkter og bedre service til borgere og virksomheder.

1. Målsætninger, nøgleaktiviteter og indikatorer

Visionen for indsatsområdet er at udvikle digitale tvillinger og værktøjer, der effektivt understøtter beslutninger om bedre og mere omkostningseffektive miljøløsninger. Derigennem beskyttes natur og biodiversitet, og Danmarks grønne omstilling fremskyndes til gavn for rådgivere og serviceudbydere (SMV'er og større virksomheder), industri, forsyningsselskaber og myndigheder. Effekten opnås ved en holistisk tilgang, hvor digitale værktøjer kobles til dynamisk information om miljøtilstand, som kan bruges til løbende at vurdere og optimere miljøforbedrende tiltag. Løsninger og værktøjer vil være åbne og muliggøre interaktion med slutbrugere for derigennem at understøtte og styrke konkurrenceevnen hos danske rådgivere og industrivirksomheder.

De opnåede effekter efter resultatkontraktperioden vil komme til udtryk som positive bidrag til

- a) Danske virksomheder bruger digitale tvillinger og skaber basis for øget dansk eksport af de udviklede løsninger.
- b) Danske forsyningsselskaber bruger digitale tvillinger til at optimere drift, energiforbrug og rensning for miljøfarlige stoffer og dermed understøtter regeringens målsætning om en [klimaneutral vandsektor](#). Erfaringerne herfra er skalerbare på et globalt marked.
- c) Inddragelse i europæiske samarbejder og initiativer på tværs af vanddomæner.

Problemstillingerne er politisk højaktuelle og drevet af en række EU-direktiver, hvorfor de udviklede digitale værktøjer løbende gøres tilgængelige. Effektkæden er opbygget gennem fremdriftsplaner for hvert udviklingselement og delmål for resultater på aktivitetsniveau inden for bevillingsperioden. Bærende udviklingselementer vil dække:

Det digitale opland, herunder by- og hydrologisk opland

Der er stort fokus på forurening med en række miljøfarlige forurenende stoffer (MFS) i ferskvand, grundvand og havmiljø, herunder lægemiddelstoffer, plastik og PFAS. Kommunale miljømyndigheder og deres rådgivere har brug for at kvantificere bidraget fra punkt- og diffuse kilder i oplandet og vurdere konsekvensen for vandmiljøet. Industrier med spildevand har brug for at vurdere, om stofferne heri medfører overskridelse af kvalitetskrav i vandmiljøet og dermed krav om

substitution eller yderligere rensning. Vi vil udvikle digitale værktøjer, som kan bruges af aktørerne til at overvåge og identificere kosteffektive løsninger på tværs af hav- og ferskvandsystemer.

Vi fokuserer på udvikling af realtidsværktøjer til bestemmelse af kildestyrke, skæbne og transport af forurenende stoffer ved brug af klassiske og innovative monitoringsmetoder. Det vil gøre det muligt at modellere vandkvaliteten i by og landområder på tværs af vanddomæner. Der kan hermed opnås en mere effektiv drift af installationer og mere robuste vandsystemer. Indsatsområdet koordineres med området ”Klimatilpasning og modstandsdygtighed”, der bl.a. udvikler værktøjer til at kvantificere udledninger af forurenende stoffer til vandmiljøet.

Fremdriftsplan: i) Kortlægning af behov og eksisterende løsninger og metoder, ii) hjemtagning af viden igennem internationale netværk og inddragelse af danske aktører, iii) co-creation af metoder og modeller med interessenter, iv) demonstration og anvendelse i virksomheder og hos myndigheder.

Det digitale renseanlæg

I visse vandområder udgør renseanlæg et væsentligt bidrag af forurenende stoffer, og der er derfor behov for løbende at følge belastning af og udledning fra renseanlæg med henblik på at optimere og styre rensningen på anlægget. Med BSD kommer der desuden krav til rensning for MFS og dermed behov for flere rensetrin, hvilket stiller nye krav til energiforbrug og renseteknikker. Udover MFS vil der også være stort fokus på opnåelse af klimaneutrale renseanlæg, hvilket lægger pres på anlæggene til at kortlægge deres udledning af klimagasser samt iværksætte strategier for at nedbringe disse.

Her vil vi udvikle og dele modelkomponenter til løbende kvantificering af emissionerne fra anlægget ved modellering af de underliggende processer og deres katalysatorer, samt ved løbende vurdering af skæbne af MFS i renseanlæg med henblik på at kunne bestemme det mest omkostningseffektive 4. rensetrin til fjernelse af disse stoffer og deres nedbrydningsprodukter under hensyntagen til drift og renseanlæggets øvrige performancemål. I kombination med nye måleteknikker, som fx non-target-screeninger, vil den digitale tvilling dermed støtte danske rådgiver- og forsyningsselskaber i at vælge den bedste tilgængelige og mest bæredygtige teknologi i forhold til at beskytte vandområderne uden at kompromittere klimamålene for anlægget.

Fremdriftsplan: i) Hjemtagning af international viden og dialog med danske virksomheder og forsyningsselskaber, ii) inddragelses- og netværksaktiviteter for at skabe forståelse for udfordringer i markedet, iii) kortlægning og ophæng til eksisterende offentlige databaser/værktøjer, iv) co-creation og prototype udvikling med virksomheder og forsyningsselskaber, v) afprøvning og optag hos danske virksomheder.

Det digitale hav (Digital Twin of the Ocean - DTO)

Havmiljøet er under pres fra menneskelig aktivitet, og store havområder rammes årligt af iltsvind. Sideløbende ophobes MFS i fødekæder, mens kumulative presfaktorer fra omstilling til grøn energi udfordrer både større og mindre havdyr. Overvågning og kvantificering af presfaktorer både offshore og kystnært er centralt, hvis havmiljøet skal beskyttes. Både i EU og globalt er der fokus på udvikling af DTOer, og med indsatsen vil vi udvikle digitale metoder og værktøjer, der kan kombinere forskellige datatyper, nye overvågningsteknikker og mekanistiske- og statistiske modeller med det formål at vurdere økologisk tilstand og kvantificering af presfaktorer.

Udviklingerne dækker dermed både løbende forudsigelse af transport og skæbne af forurenende stoffer, herunder sedimenter og næringsstoffer, og digitale miljørisikovurderings-værktøjer, der sigter mod at imødekomme behovet for kumulative effekter af presfaktorer på havmiljøet.

Fremdriftsplan: i) Kortlægning af europæiske initiativer og opbygning af samarbejdspartnere i Danmark og udlandet, ii) kortlægning af presfaktorer, iii) inddragelses- og netværksaktiviteter mhp. at

skabe forståelse for udfordringer i markedet, iv) prototypeudvikling og demonstration i samarbejde med danske virksomheder.

Indikatorer og overordnede mål for indsatsområdets værdi og succes inkluderer:

Indikator	Mål for resultatkontraktperioden 2025-2028
Antal F&U samarbejdsrelationer ¹ med danske virksomheder	25 samarbejdsrelationer med virksomheder, herunder 5 forsyningsvirksomheder, 15 SMV'er og 5 øvrige virksomheder
Antal F&U samarbejdsrelationer ¹ med danske og internationale vidensinstitutioner	25 samarbejdsrelationer med vidensinstitutioner, heraf 15 danske institutioner og 10 udenlandske
Antal teknologiske services udviklet og testet i markedet	13 teknologiske services
Hjemtagning af forskningsmidler fra danske og internationale forskningsfonde til gearing af indsatsen	Hjemtagning af 23 mio. kr heraf 15 mio. kr fra danske forskningsfonde og 8 mio. kr fra internationale fonde.
Antal virksomheder, som har deltaget i vidensspredning- og inddragelsesaktiviteter	200 virksomheder
Antal indlæg ved konferencer, webinarer, seminarer m.m., herunder som (med)arrangør	40 indlæg
Antal publikationer (artikler i videnskabelige og faglige tidsskrifter, konferencebidrag m.m.)	30 publikationer
Deltagelse i faglige udvalg (videnskabelige komiteer, faglige råd og nævn, standardiserings- og certificeringsudvalg m.m.)	8 udvalg

¹ En samarbejdsrelation defineres som samarbejde gennem F&U projekter, hvor der foreligger en skriftlig aftale med finansiering fra fx forskningsfonde, samt samarbejde gennem F&U aktiviteter der er finansieret af resultatkontrakten.

Målgruppen for indsatsområdet er virksomheder, forsyningselskaber, og myndigheder og de rådgivere, de benytter sig af (SMV'er og større virksomheder). Hertil kommer et segment af SMV'er, som udbyder services og/eller teknologier, der kan bidrage med data til de digitale tvillinger. Selve forureningsproblematikken er kompleks med mange delelementer i opland, by og renseanlæg, der udleder til både ferske og marine overfladevandssystemer (recipienter) (*"Modellering og digitalisering af modeller vil dramatisk øge vores forståelse af menneskelig påvirkning af miljøet"*, Andrzej Wasowski, IT Universitetet)¹. Flere kommentarer på Bedreinnovation.dk fremhæver nødvendigheden af en holistisk tilgang på tværs af vanddomæner, hvis vi kosteffektivt skal forbedre vandmiljøet til gavn for natur og biodiversitet (se indsatsområdet "Natur og biodiversitet").

Indsatsområdet bygger på en lang række eksisterende samarbejdsrelationer, men vil også skabe nye samarbejder inden for det danske forsknings- og innovationssystem. Centrale samarbejdspartnere omfatter: Universiteter (AU, KU, DTU), rådgivnings- og serviceudbydere (SMV'er og store virksomheder), forsyningselskaber (BIOFOS, VCS, Aarhus Vand, Envafors, FORS), klynger (fx CLEAN) samt nationale og lokale myndigheder (Miljøstyrelsen og kommuner).

Det er ikke alene i Danmark, der er fokus på forurening med næringsstoffer og MFS. I vores nabolande er der tilsvarende fokus, og her vil vi arbejde på at opbygge samarbejdsrelationer med

¹ Denne og følgende referencer refererer til kommentar på [Digitale tvillinger af vandmiljøet – Bedreinnovation.dk](https://www.bedreinnovation.dk)

udenlandske universiteter med henblik på at hjemtage viden og introducere danske virksomheder til nye markeder.

For at imødekomme bruger- og markedsbehov og sikre effektivt optag af de udviklede services vil der blive indgået tæt samarbejde med markedsaktører fra målgruppen gennem dialogmøder og co-creation forløb. Ligeledes vil hvert aktivitetsområde inkludere dedikerede videnspredningsaktiviteter gennem klyngeorganisationer og andre kanaler (seminarer, webinarer, konferencer, kurser mm.) til løbende formidling af aktivitetsområdets resultater.

2. Relevans og potentiale

Udbygning af infrastruktur, fødevarereproduktion, produktion og forbrug af industriprodukter medfører pres på natur og vandmiljøer. Internationalt sætter miljøreguleringen (i EU fx VRD og BSD) skærpede krav til miljøbeskyttelse i takt med øget viden om påvirkningen af økosystemer og menneskers sundhed. Det medfører mere intens overvågning af et stigende antal miljøparametre.

Den danske regering sigter mod at opnå god økologisk og kemisk tilstand for danske vandområder inden 2027 (VRD), og den [grønne trepartsaftale](#) har sat mål for at forbedre vandmiljøet. [EU-naturgenopretningsforordning](#) sigter mod yderligere beskyttelse af naturressourcer og et ikke-giftigt miljø, balanceret mod rekreative og kommercielle interesser. Presset på vandmiljø og grundvand kommer fra udledning af næringsstoffer, MFS og plast fra industri, rensesanlæg, byområder og landbrug. Implementeringen af ovenstående regler er derfor en udfordring men også en mulighed for at udvikle og eksportere innovative løsninger.

I Danmark er forsyningsindustrien langt fremme inden for digitalisering og ønsker at være på forkant med lovgivning fra EU. EUs samlede vandforsyningssektor administrerer ca. 23.600 rensesanlæg med en forventet omsætning på €69 milliarder i 2026.

Mens forsyningsselskaber i Danmark er langt fremme, er der stadigvæk store problemer i det åbne land, hvor diffuse kilder ofte bidrager signifikant til forureningen. Der er derfor behov for værktøjer, der med en holistisk tilgang kan binde land, by og vandområder sammen (*”Der er et stort behov for en indsats, som kan lette arbejdet med at integrere modeller og målinger af udledninger og vandområdernes tilstand. Dels for at beskrive forholdene og årsagerne dertil, dels for at skabe et større og fælles overblik over, hvordan ændrede belastnings- eller strømningsforhold vil påvirke vandområderne.”*, Toke Sloth Illeris, HOFOR).

Den politiske debat om vandmiljøet bliver ofte polariseret (jf. [iltvindsdebatten i 2023](#)), og vi mangler kvantitative og transparente analyser af, hvordan aktiviteter i by- og landområder påvirker miljøet og dermed kan udgøre en trussel mod arbejdspladser og eksport, der er afhængige af et sundt vandmiljø (*”God dialog fungerer bedst på fagligt godt og gennemsigtigt grundlag”*, Susanne Mortensen, Limfjordssekretariatet).

EU investerer massivt i digitale tvillinger, fx [European Digital Twin of the Ocean \(European DTO\)](#) samt andre internationale initiativer som fx [Smart Water Network Forum](#). Initiativerne drives væsentligst af universiteter, og hvis Danmark skal med, er der behov for at samle danske aktører i en fælles GTS-indsats. Vores holistiske tilgang vil imødekomme en række behov *”Så grundlaget er skabt for det digitale økosystem, hvor Data Spaces bliver en krumtap for datadeling, og for mulig deltagelse af SMVer og startups, der kan udvikle features, som ingen har tænkt på endnu.”* Peter Steen Mikkelsen, DTU Sustain.

Værdiskabelse for målgruppen

Målgruppen er relativ bred og omfatter rådgivere, konsulenter, serviceudbydere (herunder udviklere af udstyr og service til de berørte brancher), vandteknologi-producenter (herunder fx SMVer) og

vandforsyningsselskaber. Der fokuseres på udvikling af løsninger, som sikrer optag hos virksomheder og rådgivere til udvikling af services til forsyningsselskaber og andre slutbrugere, hvorfor alle tre indsatser løbende vil behøvsafdække og udvikle i samarbejde med virksomheder og rådgivere.

Dertil kommer operatører inden for den grønne omstilling, hvor et sundt vandmiljø er en nøgle til at fremme biodiversitet (se indsatsområdet ”Natur og biodiversitet”), bygherrer og entreprenører, som i stigende grad skal dokumentere påvirkninger på miljøet, og industrier, som har brug for vandressourcer, herunder Power-to-X anlæg. Andre slutbrugere er offentlige myndigheder, som er ansvarlige for at forvalte miljølovgivning. Den samlede værdiskabelse for målgruppen er:

- Øget konkurrenceevne: Gennem et økosystem af digitale tvillinger og kobling til europæiske initiativer vil danske virksomheder få adgang til nye værktøjer, services og markeder.
- Forbedret miljøansvar: En transparent og præcis beskrivelse af årsager og effekter vil hjælpe med at prioritere de investeringer i et bedre vandmiljø, som Danmark står overfor.
- Forbedret miljø: Indsatsen kan placere Danmark som et foregangsland, hvor miljøinvesteringer optimeres, og menneskeskabte presfaktorer minimeres og sikrer sunde og bæredygtige fødevarer og en industri, der bidrager til natur og biodiversitet.
- Nye markedsmuligheder: Udvikling af nye teknologier og metoder – og nem adgang til digitale tvillinger – kan åbne op for nye markeder og samarbejds muligheder og resultere i eksport af miljøteknologier til EU og internationalt.

Fremtidige behov hos målgruppen

DHI har i 2023 udført en markedsundersøgelse med interviews af mere end 100 kunder for at identificere de største innovationsudfordringer, de står over for. På den baggrund og gennem supplerende dialog med målgruppen og samarbejdspartnere samt dialog på BedreInnovation.dk har vi integreret de fremtidige behov i indsatsområdets aktiviteter:

- Digitale tvillinger muliggør bedre forståelse og styring af kompleks dynamik. De integrerer forskellige domæne-modeller og bruger realtidsdata til at teste løsninger og reducere omkostninger og risici i den virkelige verden.
- Digitale tvillinger hjælper med prognoser i realtid, procesforståelse og scenariotestning ved brug af realtidsdata, højopløselige observationer og autonome systemer og er nøglen til drifts- og effektivitetsforbedringer.
- Fortsat forskning og innovation i GTS-regi er afgørende for at udvikle robuste og præcise digitale tvillinger i samarbejde med forskningsinstitutioner, industri og myndigheder.

Indlæggene på BedreInnovation.dk repræsenterer bredt aktører inden for vand- og miljøområdet:

- Virksomheder, herunder SMVer: NIRAS, Huginn Consult ApS, Unisense Environment A/S, Sund & Bælt, DFDS, Krüger Veolia, Watopi, Anemo Robotics, ReefCircular, CPHFAMILY, CPHLIVE
- Forsyningsselskaber: Vandcenter Syd, Aarhus Vand, HOFOR, BIOFOS, Sorø Forsyning, Samn Forsyning, FORS, NOVAFOS, Envafors
- Brancheorganisationer og interesseorganisationer: Tænketanken Hav, Gate21, Klimatorium, Water Valley Denmark, Danish Export Association, Dansk Akvakultur Producentorganisation, Green Ship of the Future, Landbrug & Fødevarer
- Universiteter og forskningsinstitutioner: DTU Sustain, DTU Aqua, GEUS, Aarhus Universitet, SEGES Innovation, SDU, IT Universitetet, KU
- Offentlige myndigheder: Miljøstyrelsen, Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur (SDFI), Danmarks Miljøportal, Limfjordsrådet, Viborg Kommune, Holbæk Kommune, WTA EU - Udenrigsministeriet

Indlæggene støtter entydigt op om alle delaktiviteterne under indsatsområdet. Den holistiske tilgang med at koble opland, by og recipienter fremhæves af flere (fx Agnethe Pedersen, Vandcenter Syd; Anker Lajer Højberg, GEUS; Simon Stisen, GEUS; Colin A. Stedmon, DTU Aqua), og tankegangen med at kvantificere tiltag og effekter (fx Eva Bøgh, Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur; Troels Lange, Miljøstyrelsen; Frederik Schur Riis, Green Ship of the Future). Der er også kommentarer, som opfordrer til at indgå i digitale økosystemer og Data Spaces, som vil være en naturlig del af indsatsen (fx Agnethe Pedersen, Vandcenter Syd; Roland Löwe, DTU Sustain; Tobias K. Andersen, DTU Aqua).

Samlet set understøtter indsatsområdet dermed flere strategiske indsatser i Danmark, herunder:

- [Danmarks grønne forskningsstrategi](#) ift. naturbeskyttelse, biodiversitet, klimatilpasning, miljøbeskyttelse, energieffektivisering og grøn energiomstilling.
- [Danmarks digitaliseringsstrategi](#) ift. udnyttelse af AI til udvikling af mere effektive løsninger samt brug af data og digitalisering til at understøtte den grønne omstilling.
- [Danmarks nationale strategi for rummet \(ufm.dk\)](#) ift. brug af satellit-baserede data til at opnå mere og bedre viden om klima, miljø, natur og biodiversitet, smartere og mere bæredygtige byer, øget grøn værdiskabelse samt øget og bedre sikkerhed og beredskab.
- [Danmarks eksportstrategi for vand](#) med en vision om eksport af vandteknologi og -services på 40 milliarder kr. i 2030.
- [National strategi for miljøfarlige stoffer](#) med et mål om et vandmiljø uden farlig kemi.
- [Danmarks nationale strategi for klimainsats](#), som har fokus på en bæredygtig klode for de kommende generationer.

Derudover vil indsatsområdet udnytte mulighederne ift. regeringens nye strategi: ”[Fart på fremtidens grønne løsninger – en styrket indsats for grøn forskning, innovation og klimaløsninger](#)”.

Indsatsområdet støtter følgende temaer i UFS’ opslag af resultatkontraktmidler 2025-2028:

- ”Digitalisering, kvanteteknologi og rum” ift. udvikling af digitale vandløsninger, der understøtter Danmarks digitaliseringsstrategi og udnytter de store potentialer inden for AI og rumteknologi.
- ”Klima” ift. udvikling af nye teknologiske løsninger inden for vand- og miljøområdet, der understøtter den grønne omstilling og Danmarks klimamål.

Derudover understøtter indsatsområdet EU-lovgivning og -strategier såsom EUs Naturgenopretningslov, VRD, BSD og EU’s Havstrategidirektiv. Endelig understøtter indsatsområdet en række af FN’s verdensmål for bæredygtig udvikling, herunder især 6 (Rent vand og sanitet), 14 (Livet i havet) og 15 (Livet på land).

3. Markedssvigt og konkurrencesituation

Digitale tvillinger repræsenterer en transformativ tilgang til håndtering af hav- og vandmiljøer. Integration af realtidsdata, avanceret modellering og tværgående samarbejder og partnerskaber giver en øget forståelse af sammenhænge, som kan bruges til driftsoptimering og overholdelse af lovkraft. Den løbende udvikling og indførelse af digitale tvillinger på tværs af vanddomæner kan forbedre vandforvaltningen og vandsystemernes bære- og modstandsdygtighed markant.

De foreslåede aktiviteter integrerer domæner (land, by og hav) og kræver samarbejde mellem mange forskellige interessenter ved tilvejebringelse af harmoniserede data og til at sikre kvaliteten af nye modeller og analysemetoder. Det udgør en forhindring, som markedet vanskeligt kan overvinde selv til trods for et stigende behov for holistiske og accepterede teknologier, så industri, forsyningselskaber og myndigheder kan balancere miljøbeskyttelse og samfundsaktiviteter. Vi vil arbejde med behovsafdækning, oparbejdning af data, modeller og analysemetoder, udvikling af infrastruktur og nye bæredygtige forretningsmodeller. Ved at skubbe på udviklingen kan

værdiskabelsen fra sensorer, SRO (Styring, Regulering og Overvågning) systemer og feltmålinger tydeliggøres og aktiveres, til glæde for de kommercielle SMV-aktører på området.

Der investeres fra EUs side i digitale tvillinger, fx EDITO og Data Spaces, med henblik på at give virksomheder – herunder SMVer – nye muligheder. Udviklingen styres i dag primært af universiteter, og det er nødvendigt med en tæt kobling mellem de europæiske initiativer og GTS-systemet for at sikre, at danske virksomheder kan udnytte mulighederne. Der er desuden behov for en holistisk tilgang for at målrette indsats og investeringer i opland og på renseanlæg mhp. at nå EU lovkravene om miljøforbedringer i vandområderne. Det stiller store krav til koordinering af indsatsområdets aktiviteter og værktøjernes tilgængelighed - en udvikling, markedet ikke kan løfte alene, men hvor en GTS-indsats i samspil med virksomheder og myndigheder er nødvendig.

Afdækning af markedet er sket gennem markedsundersøgelser som beskrevet ovenfor og gennem specifikke workshops, co-creation processer og generelle kunderelationer, deltagelse i faglige fora og netværk (se afsnit 4), dialog med følgegrupperne under vores nuværende resultatkontrakt samt dialog på BedreInnovation.dk. Baseret på denne markedsafdækning har vi defineret indsatsen på forkant af markedet og i samspil med nuværende europæiske initiativer for at sikre en bredere dansk deltagelse. Vi vil løbende stille den opbyggede viden og udviklede teknologiske services til rådighed for markedsaktører gennem webinarer, peer-reviewed artikler, konferencedeltagelse og igennem åbne grænseflader (APIer, open-source og web services).

Markedet for de udviklede digitale løsninger er modent for nogle områder, som fx det digitale renseanlæg, hvor der allerede i dag er implementeret løsninger i forsyningsselskaber som Aarhus Vand og FORS, og umodent for andre, som fx det digitale hav, hvor der reelt ikke findes løsninger på nuværende tidspunkt.

Til implementering af resultatkontrakten er der etableret en organisation og tilhørende governance processer, der skal sikre (i) effektiv eksekvering og maksimal værdiskabelse for danske virksomheder og det danske samfund, (ii) transparens og synlighed af indsatsområdets aktiviteter samt (iii) løbende monitoring af markedssituationen for hurtig identifikation af overlappende eller konkurrerende udviklinger i markedet. Følgende struktur og processer er implementeret:

- *Governance*. Der er nedsat en styregruppe (RK-Board) med DHIs CTO som formand, der er hovedansvarlig for resultatkontrakten. Der er udpeget en RK Manager, som er ansvarlig for det overordnede management af resultatkontrakten, samt en projektleder for hvert indsatsområde, der er hovedansvarlig for udførelse af aktiviteter inden for det pågældende indsatsområde. For hvert indsatsområde er der tilknyttet både en ekstern og en intern følgegruppe.
- *Synlighed og transparens*. Indsatsområdets resultater vil løbende blive formidlet gennem kurser, webinarer, seminarer, konferencer, deltagelse i faglige udvalg samt videnskabelige og tekniske publikationer (se Afsnit 4). Aktivitetsplaner vil løbende blive publiceret på BedreInnovation.dk.
- *Monitoring af markedssituationen*. Evaluering af målgruppens behov og markedssituationen foregår løbende gennem inddragelse af målgruppe og interessenter i indsatsområdets aktiviteter, samt via følgegruppen (se Afsnit 4). Følgegruppen vil blive brugt til at afdække risikoen for konkurrenceforvridning.

4. Vidensspredning og inddragelse i indsatsområdet

En tæt inddragelse af indsatsområdets målgruppe er helt central i forhold til vidensspredning og for at sikre, at de udviklede teknologiske services er tilpasset markedets behov. Vi vil inddrage målgruppen til dialog og samarbejde i forbindelse med workshops, co-creation og test af nye services. Herunder vil vi samarbejde med klyngeorganisationer og gennem deres match-making og netværksaktiviteter række ud til relevante markedsaktører, der spænder mere bredt end DHIs eksisterende netværk. DHI indgår som videnspartner i den nuværende klyngeansøgningsproces med CLEAN, Energy Cluster

Denmark, Censec, BlueLogTech Alliance og DigitalLead. Derudover deltager DHI i inddragelsesaktiviteter rettet mod SMV'er og start-ups under Erhvervsfyrårn Vandteknologi.

Vidensspredning vil ske gennem seminarer og møder (fx arrangementer i DNNK, Water Valley Denmark, Dansk Miljøteknologi, DWF, CLEAN, DI Vand, IDA Miljø, Havforskermødet), internationale konferencer, deltagelse i faglige udvalg samt videnskabelige og tekniske publikationer. Derudover vil der blive udarbejdet kurser og webinarer til formidling af indsatsområdets resultater.

Der nedsættes en følgegruppe, som løbende vil følge udviklingen inden for indsatsområdet med fokus på aktiviteterne relevans for målgruppen og på at sikre, at indsatsen ikke bidrager til konkurrenceforvridning. Følgegruppen vil bestå af 15-20 medlemmer og sammensættes, så den bredt repræsenterer markedsaktører og når ud over DHIs etablerede netværk i markedet. Følgegruppen vil inkludere repræsentanter fra målgruppen, brancheorganisationer, innovations- og erhvervsfremmesystemet og vidensinstitutioner. Følgegruppens sammensætning vil løbende blive evalueret og justeret i løbet af resultatkontraktperioden for bedst muligt at afspejle aktuelle aktiviteter under indsatsområdet. Følgegruppen inddrages til løbende evaluering af aktiviteter og leverancer samt igangsættelse af nye aktiviteter. Med afsæt i følgegruppen vil der blive etableret mindre fokusgrupper for indsatsområdets delaktiviteter, der mødes 1-2 gange årligt. Desuden vil aktiviteter for alle indsatsområder blive præsenteret for følgegrupperne ved en årlig DHI-konference.

5. Nyhedsværdi og ambitionsniveau

Datadrevne modeller, der opererer på tværs af domæner, er modnet over de sidste år igennem data assimilering og integration af satellitdata, og kan i samspil med simple modeller (fx surrogatmodeller) anvendes til nye formål og giver hermed nye muligheder for udvikling af mere avancerede holistiske digitale-tvilling systemer. Samtidigt medfører ny EU-lovgivning behov for langt flere miljødata fremover, og her vil digitale tvillinger bidrage med løbende simulering af miljøtilstanden.

For at sikre størst mulig effekt vil der være fokus på udvikling af løsninger, som sikrer optag hos virksomheder og rådgivere udover forsyningselskaber.

Det digitale opland

God økologisk tilstand jf. VRD, baseres på en række biologiske kvalitetselementer og indikatorer foruden miljøkvalitetskrav for MFSer i åer, søer og kystvande. For at sikre god økologisk tilstand er der behov for at adressere alle presfaktorer i oplandet og koble presfaktorerne til påvirkninger i recipienterne med henblik på at kunne implementere kosteffektive tiltag i oplandet. I dag benyttes guidelines for fjernelse af stoffer, men dette har vist sig utilstrækkeligt, og både rådgivere og myndigheder har brug for nye digitale værktøjer for at sikre god økologisk tilstand. Nyhedsværdien ligger i at opbygge og validere digitale værktøjer til bestemmelse af tilførsler af næringsstoffer og MFS og gøre værktøjerne tilgængelige for danske rådgivere, SMVer og myndigheder. Vi vil opbygge viden og tilpasse løsningerne, så de i videst muligt omfang integreres med europæiske initiativer omkring digitale tvillinger. Forventede nye teknologiske services inkluderer metoder og værktøjer til bestemmelse af en række stoffers skæbne i oplandet, og disse vil løbende gøres tilgængelige igennem hele perioden.

Det digitale renseanlæg

Den digitale tvilling af renseanlæg er den mest modne udviklede digitale tvilling. Set i et dansk og internationalt perspektiv er den praktiske, fuldskala anvendelse af digitale tvillinger dog stadig på et meget tidligt stadium, og aktivitetens hovedfokus vil være på at operationalisere digitale tvillinger, så de kan skaleres samt at tilføje nye metoder og værktøjer. Flere af delkomponenterne under denne aktivitet bygger videre på aktiviteter i den nuværende bevillingsperiode. Med BSD og regeringens målsætning om en [klimaneutral vandsektor](#) er der lagt pres på forsyningselskaberne, og her vil

optimering igennem løbende analyser af data, processer og tiltag i oplandet og på renseanlægget koblet til effekter i recipienterne sikre, at vandkvaliteten i recipienterne kan forbedres, samtidigt med nøgleparametre som rensegrader, energioptimering og udledning af klimagasser på renseanlæg styrkes. Hvor udviklingerne under den eksisterende bevilling har fokuseret på modellering af processer, anomali-detektion og indløbsprognoser, vil nyhedsværdien ligge i automatisk modelopdatering, hybridmodellering, optimeringskriterier til kvantificering af styringsmål og fokus på fjernelse af en række MFSer. Udviklingerne vil løbende gøres tilgængelige som open-source koder og teknologiske services igennem hele perioden.

Det digitale hav

Der vil være et øget fokus i de kommende år på udvikling af digitale tvillinger af havet pga. en række europæiske initiativer og dedikerede forskningspuljer. I den eksisterende bevillingsperiode har vi arbejdet med delkomponenter af den digitale tvilling og udviklet metoder til integration af data og modeller. I den kommende periode vil vi løfte den digitale tvilling af havet til at kunne indgå som en digital tvilling i samspil med andre digitale tvillinger og dermed understøtte danske virksomheders brug og optag af disse. Nyhedsværdien ligger i at forbedre beskrivelsen af miljøtilstanden gennem integration med målinger, og en løbende kobling til presfaktorer, dvs. sammenhæng mellem oplandet, renseanlæg og havet. De anvendte modeller og metoder er komplicerede og beregningsmæssige tunge, og her vil vi udvikle metoder og modeller til at sikre kosteffektive løsninger og facilitere en bred anvendelse. Forventede nye teknologiske services inkluderer nye modeller til bestemmelse af MFS' skæbne, optimerede metoder til integration af data i modeller, løbende miljøtilstandsvurderinger og integration i europæiske initiativer. De udviklede metoder, modeller og services vil løbende gøres tilgængelige igennem hele perioden.

Teknologiske udfordringer og risici: Indsatsområdet understøtter en række initiativer ifm. miljøforbedrende tiltag i Danmark og bygger på en række nye og avancerede digitale teknologier. Udfordringen bliver at sikre, at de enkelte teknologier, og ikke mindst den holistiske tilgang, kan gøres tilgængelige for danske virksomheder og myndigheder. DHI vil derfor indgå i forskningsprojekter i europæisk regi med henblik på at sikre ensartethed på området og koordination med europæiske initiativer med henblik på at indgå i standarder på tværs af EU.

6. Kobling til forsknings-, innovations- og erhvervsfremmesystemerne

Aktiviteterne inden for indsatsområdet vil foregå i tæt samarbejde med danske og internationale universiteter og forskningsinstitutioner gennem fælles forsknings- og udviklingsprojekter, PhD og Postdoc projekter. DHI har i dag stærke samarbejdsrelationer til danske universiteter og forskningsinstitutioner (fx AU, DTU, GEUS og KU), som vi med aktiviteterne vil fastholde og understøtte. Derudover udvikler Miljøstyrelsen, sammen med DHI, AU og DTU Aqua, fremtidens overvågningssystem, som bygger på en avanceret udgave af en DTO. På Bedreinnovation.dk udtrykker GEUS, SDFI og AU interesse i samarbejder, hvilket vi vil udforske yderligere.

DHI spiller derudover en aktiv rolle i de etablerede klyngesamarbejder (fx CLEAN), og yder mentorship og faglig rådgivning til startups i diverse offentlige såvel som private inkubationsmiljøer (fx DTU SkyLab, Water Valley Denmark, Rockstart, Erhvervshusene m.fl.). DHI indgår i den danske komité for Havets Tiår under FN, og erfaringer og samarbejder herfra vil ligeledes indgå i udviklingen under indsatsområdet.

Nye samarbejder med en række udvalgte udenlandske universiteter som Chalmers og Luleå Universitet foruden udenlandske RTO'er, som Vito, BE, er på nuværende tidspunkt identificeret som relevante for indsatsområdet, og vi vil undersøge og arbejde for at opbygge nye forskningsrelationer med disse eller tilsvarende institutioner.

Af potentielt fremtidige forskningssamarbejder kan nævnes to ansøgninger under programmet Sustainable Blue Economy Partnership, som der kommer svar på i løbet af efteråret 2024. Derudover er det ambitionen at øge mængden af nationale og internationale forskningssamarbejder igennem nationale og internationale forskningsprogrammer. Vi har desuden identificeret aktiviteter under indsatsområdet ”Landbrugets grønne omstilling. Biodiversitet, sund jord, klima og bæredygtige råvarer” fra TI, som vi har aftalt at samarbejde med i bevillingsperioden i form af koordinering af indsatsområderne og vidensdeling.

7. Sammenhæng med instituttets strategi og afsæt i instituttets ressourcer

Indsatsområdet understøtter DHIs markeds- og vækststrategi for både bæredygtig og miljøbevidst marin infrastruktur og kystudvikling, miljøansvarlig udbygning af offshore energi og havne og klimarobust og bæredygtig håndtering af vandressourcer og vand i byer. Indsatsområdet er i DHIs forskningsstrategi indlejret under temaet ”Environmental Impact and Protection”.

Digitale tvillinger for oplandet, byer, renseanlæg og havet er kerneforretning for DHI og bygger på DHIs unikke software og domæneviden på tværs af forretningsenheder. Med et stigende fokus på operationelle modeller og digitale tvillinger – fx i EU-regi – vil vi yderligere opbygge kompetencer på området og udvikle digitale services og innovative monitoringsteknikker.

Indsatsområdet er baseret på nøgleaktiviteter under den nuværende resultatkontrakt og udvides med en række aktiviteter, som integrerer med DHIs andre indsatsområder: ”Natur og biodiversitet” ift. betydningen af økosystemtjenester på vandkvalitet og løbende styring mhp. beskyttelse af habitater; ”Klimatilpasning og modstandsdygtighed” ift. spillet mellem planlægning, prioritering af løsninger og realtidsstyring og ”Kunstig intelligens og digitale vandløsninger” ift. metoder til kombination af data og modeller, surrogatmodeller og løbende kvalitetssikring af realtidsanalyser og prædiktioner.

8. Konkrete aktiviteter i år 1

Nedenstående beskriver aktiviteter omkring forskning og udvikling af teknologiske services, der igangsættes ved indsatsens start inden for de tre aktivitetsområder. Hertil kommer inddragelses- og vidensspredningsaktiviteter som beskrevet i Afsnit 4.

Det digitale opland, herunder by- og hydrologisk opland

- Vidnehjemtagning og kortlægning af behov og eksisterende løsninger i samspil med interessenter
- Udvikling af modelværktøjer til at bestemme kilde, skæbne og transport af MFS i recipienter
- Metoder til at estimere forureningsbelastning fra diffuse kilder inden for et opland
- Udvikling af hybrid- og surrogatmodeller til prognoser og beslutningsstøtte

Det digitale renseanlæg

- Vidnehjemtagning og kortlægning af behov relateret til BSD og eksisterende løsninger i samspil med interessenter, herunder virksomheder og rådgivere
- Netværksaktiviteter og kortlægning af udfordringer i markedet og ophæng til parallelle initiativer
- Udvikling af modelkomponenter bag avancerede rensesettrin til rensning af næringsstoffer og MFS
- Vidensopbygning omkring MFS' skæbne i renseanlæg og udvikling af digitale delmodeller for fjernelse af fx lægemidler
- Udvikling af metoder til automatiseret opdatering af modellen, så den altid reflekterer den fysiske tvilling

Det digitale hav

- Videnhjemtagning, vidensopbygning og kortlægning af parallelle initiativer, herunder især europæiske initiativer
- Kortlægning og modelbeskrivelser af miljøtransport og skæbne for MFS ved mekanistisk og statistisk modellering
- Udvikling og implementering af avancerede data-assimileringsværktøjer og AI-teknologier til løbende integration af målinger og modeller
- Udvikling af sedimentspredningsmodel med kobling til målinger, mhp. øget præcision og dermed større sikkerhed for miljøet