

## Digitale tvillinger af vandmiljøet

### Introduktion

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

I Danmark sigter vi mod at fremme den digitale udvikling, jf. [Danmarks digitaliseringsstrategi](#), som i årevis har været med til at øge produktiviteten, udvikle nye produkter og tilbyde bedre service til borgere og virksomheder. Gennem indsatsområdet vil vi udvikle nye digitale rådgivningstjenester og værktøjer, som opgør stoftransporter og miljøeffekter fra fx opland og renseanlæg til søer og kystvande. Området opdeles i tre digitale tvillinger, som tilsammen dækker de mest centrale problemstillinger:

- Det digitale opland, med fokus på stoftransporter, forureningskilder og kvalitet
- Det digitale renseanlæg, med fokus på optimering og kosteffektive teknologier
- Det digitale hav, med fokus på stoftransport og -skæbne og kumulative effekter

### Markeds- og samfundsbehov

Grøn omstilling, fødevarerproduktion, brug og forbrug af industriprodukter medfører pres på natur og vandmiljøer. I EU – såvel som på verdensplan – sætter miljøreguleringen (i EU fx [Vandrammedirektivet](#) (VRD), [Havstrategidirektivet](#) (HSD), [Byspildevandsdirektivet](#) (BSD), [Drikkevandsdirektivet](#) osv.) 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. Dette resulterer i enorme mængder data genereret over tid, men uden et egentligt system på plads til at gøre informationen tilgængelig for forvaltningen af vandmiljøet.

Den danske regering sigter mod at opnå god økologisk og kemisk tilstand for danske vandområder inden 2027, jf. VRD, og god miljøtilstand, jf. HSD skal opdateres. Både ferske- og marine økosystemer samt grundvand i Danmark påvirkes af betydelige belastninger af fx næringsstoffer, mikroforurenende stoffer og plast fra landbrug, industri, rensningsanlæg og voksende afstrømning fra byområder.

En ny [EU-naturgenopretningsforordning](#) sigter på at beskytte økosystemer, grundvands- og naturressourcer yderligere, samtidig med at den understøtter rekreative og kommercielle aktiviteter samt et sundt og ikke-giftigt miljø. Implementeringen af disse regler er dog en udfordring for industri, forsyningsselskaber og myndigheder.

Den politiske debat omkring disse emner bliver ofte polariseret (jf. [iltsvindsdebatten i 2023](#)) og vi mangler en kvantitativ, transparent og dybdegående forståelse af, hvilken påvirkning væksten i by- og landområder har på miljøet, og som er en trussel mod arbejdspladser og eksport, der er afhængig af et sundt vandmiljø. På tværs af domæner (land, by og hav) vil de foreslåede aktiviteter med opbygning af nye modeller, dataintegration og analysemetoder kræve samarbejde og koordination mellem mange forskellige interessenter og derfor vanskeligt kan gennemføres på markedsvilkår. Indsatsen indeholder behovsafdækning,

oparbejdning af data, modeller og analysemetoder, udvikling af infrastruktur og nye bæredygtige forretningsmodeller. Dette udgør en forhindring, der er vanskelig at overvinde, selvom der er et stigende behov for at udvikle holistiske og accepterede teknologier, herunder datadrevne beslutningsstøtte- og digitale værktøjer – eller digitale tvillinger – der kan hjælpe industri, forsyningsselskaber og myndigheder med at finde balancen mellem miljøbeskyttelse og aktiviteterne.

Visionen for dette indsatsområde er derfor at udvikle digitale tvillinger og værktøjer, der effektivt understøtter beslutninger om bedre og mere omkostningseffektive miljøløsninger, der aktivt styrker natur og biodiversitet og fremskynder Danmarks grønne omstilling til gavn for rådgivere og serviceudbydere (SMV'er og større virksomheder), industri, forsyningsselskaber og myndigheder. Med aktiviteterne understøttes især SDG 6 og 14.

## **Ny teknologisk serviceydelse, kompetence og teknologi**

Teknologiske services vil blive grundlagt i digitale realtidsværktøjer, der kombinerer afvandings- og recipientmodeller med overvågningsdata, der dermed giver en større forståelse for kilderne til forurenende stoffer og deres indvirkning på miljøet, herunder de usikkerhedsbetragtninger der relaterer sig til dette. Området opdeles i tre overordnede aktivitetsområder:

### Det digitale opland, herunder by- og hydrologisk opland

Der er stort fokus på forurening med en række forurenende stoffer i ferskvand, grundvand og havmiljø, herunder lægemiddelstoffer, plastik og PFAS. For at kvantificere stofindhold fra centrale punkt- og diffuse kilder i oplandet er der behov for koordinerede værktøjer til at overvåge og optimere indsatser på tværs af hav- og ferskvandsystemer og dermed adressere og evaluere kosteffektive løsninger.

Ved at udvikle værktøjer til bestemmelse af kildestyrke, skæbne og transport af forurenende stoffer og værktøjer til optimeret styring i forhold til energioptimering og vandkvalitet i forsyningsnettet vil det være muligt at kvantificere og styre vandsystemer i byer og til lands med henblik på løbende monitoring af miljøkvaliteten på tværs af vandområder, mere effektiv drift og sikrere og mere robuste systemer.

### 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 renseanlæg, med henblik på at optimere og styre rensningen på anlægget. Med BSD kommer der desuden øgede krav til flere renses trin, hvilket stiller nye krav til energiforbrug og renseteknikker.

Her vil vi udvikle modelbaserede værktøjer til løbende vurdering af skæbne af mikroforurenende stoffer i renseanlæg med henblik på at kunne bestemme det mest omkostningseffektive 4. renses trin til fjernelse af mikroforurenende stoffer og deres nedbrydningsprodukter under hensyntagen til renseanlæggets øvrige performancemål. Den digitale tvilling vil dermed støtte forsyningsselskaber i at vælge den bedste tilgængelige og mest bæredygtige teknologi i forhold til at beskytte vandområderne.

### 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 mikroforurenende stoffer 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 DTO'er, 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 påvirkninger.

Udviklingerne dækker dermed både løbende forudsigelse af miljøtransport og skæbne for forurenende stoffer, herunder sedimenter og næringsstoffer, og digitale miljørisikovurderingsværktøjer, der sigter mod at imødekomme behovet for kumulative effekter af presfaktorer på havmiljøet. Samlet set vil der være behov for vidensopbygning og udvikling af digitale værktøjer til vurdering af langsigtede og kumulative effekter af aktiviteter til havs.

## **Centrale aktiviteter**

Markedet for de udviklede digitale løsninger er modent, og indsatsområdet viderefører centrale aktiviteter under den nuværende resultatkontrakt og sikrer løbende vidensopbygning og tilpasning til udviklingen i samfund og regulering. Med en holistisk realtidsmodellerings- og overvågningstilgang kan hullerne mellem målte koncentrationer af forurenende stoffer og transportruterne udfyldes. Udviklingen af de digitale tvillinger koordineres med DHI's indsatsområde *Klimatilpasning og modstandsdygtighed*, hvor de mere langsigtede planlægningsopgaver adresseres.

Problemstillingerne er højaktuelle, hvorfor de udviklede digitale værktøjer løbende gøres tilgængelige. Bærende udviklingselementer vil dække:

### Det digitale opland

- Udvikling af hybrid- og surrogatmodeller til prognoser og beslutningsstøtte
- Udvikling af modelværktøjer til at bestemme kilde, skæbne og transport af forurenende stoffer i ferskvand og grundvand
- Metoder til at estimere forureningsbelastning fra diffuse kilder inden for et opland
- Digital tvilling af forsyningsnet med anvendelse af AI til optimeret styring og kalibrering

### Det digitale renseanlæg

- Udvikling af modelkomponenter bag avancerede rensetrin til rensning af næringsstoffer og mikroforurenende stoffer
- Vidensopbygning omkring skæbne af mikroforurenende stoffer i renseanlæg og udvikling af digitale moduler til fjernelse af fx lægemidler

### Det digitale hav

- Modelbeskrivelser af miljøtransport og skæbne for forurenende stoffer ved mekanistisk og statistik modellering
- Udvikling og implementering af avancerede data assimileringsværktøjer og AI-teknologier
- Udvikling af sedimentspredningsmodel med kobling til målinger, med henblik på øget præcision og dermed større sikkerhed for miljøet
- Metode og værktøjsudvikling i forhold til kummulative støjkluder

## **Mulige samarbejdspartnere**

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