



Foto: Uni. Aarhus



Foto: NIBIO

Overvågning af vandkvalitet med sensor

Et faktaark baseret på erfaringer fra bække og åer i Nord-Europa

Ændringer i arealanvendelse og klima kan medføre tab af næringsstoffer, sediment og andre forurenende stoffer (f.eks. organisk stoffer, tungmetaller) til overfladevand. Det bliver derfor stadig vigtigere at overvåge effekten i vandforekomster af både virkemidler i vandløbsoplande. Samtidig ved vi, at vandkvaliteten i bække og åer kan variere kraftigt over tid, noget som vi ikke fanger med vores sædvanlige stikprøver i den gængse miljøovervågning i NOVANA. Det er blandt andet dette som sensorteknologien kan hjælpe med at udfylde, siden sensorer kan overvåge meget hyppigt til en relativ lav omkostning. I dette infoark, som hovedsagelig er møntet på vandforvaltningen, giver vi en oversigt over fordele og udfordringer ved brug af sensorer.

Det blir stadig mere og mere vigtigt at vurdere tilstand og udvikling i vandkvalitet eftersom både klimaændringer og vores anvendelse af naturen påvirker vandforekomsterne. Samfundet er afhængig af rent vand til en række forskellige formål, herunder drikkevandsforsyning, processvand i industrien, vanding af marker, rekreation, og sidst men ikke mindst, for at kunne opretholde velfungerende økosystemer.

En sensor til måling af vandkvalitet kan placeres i en bæk, å, flod, sø, grundvandsbrønd eller i et kystvand. Den kan overvåge et udvalg af parametre, og lige så ofte som vi ønsker det og så sende data tilbage online til os i nutid. Derfor kan vi løbende holde øje med vandkvaliteten til enhver tid, og få besked når grænseværdier overskrides.

Dette faktaark er møntet på vandforvaltere på nationalt, regionalt og lokalt niveau.

Vi har samlet sammen erfaringer om sensorer fra både forskere og forvaltere i Nord-Europa. Vi har interviewet både forvaltere og andre potentielle brugergrupper om deres syn på sensorteknologien, og vil her presentere hvordan sensorer kan benyttes inden for forskning.

I et forsøg på at vurdere om sensordata i nutid er af interesse for flere brugere, vil vi lægge data op fra eksempel vandløb på vores projekt hjemmeside: [Nordbalt-Ecosafe \(au.dk\)](https://nordbalt-ecosafe.au.dk). Dette vil være på plads i starten af 2024.

EU-projektet Nordbalt-Ecosafe undersøger bl.a. fordele og ulemper ved brug af sensorteknologi i vandovervågningen, set i forhold til den ordinære overvågning med anvendelse af stikprøver og laboratorieanalyser. I Danmark er Aarhus Universitet med som partnere, og vi samarbejder med forskningsinstitutter i Norge, Sverige, Finland, Latvia og Polen. Projektet ledes af Universitetet i Aarhus i Danmark.

Sensorer kan overvåke	Kan gi indikasjon på
Turbiditet	Suspendert sediment, partikulært fosfor
Nitrat	Andre N-fraksjoner
Temperatur	
Ledningsevne	
Løst organisk karbon	Totalt organisk karbon
Løst oksygen	
Karbondioksyd	
Vanndyp (trykkcelle)	Vannføring
pH	
Klorofyll-a	
Fykocyanin	Blågrønnalger
Løste metaller	

Fordele ved sensorer

Sensorer har flere fordele sammenlignet med de sædvanlige uttag af stikkprøver:

- De kan foretage hyppige registreringer (f.eks. hvert 10. minut) uten at omkostningene af den grund øges.
- De leverer data i nutid, så vi hurtigt kan opdage forurening og overskridelse af grænseværdier.
- De kan registrere høje koncentrationer som stikkprøver ikke vil kunne registrere, og kan afdække om én høy koncentration fundet i én enkelt stikkprøve har været en del af en længere periode med høje koncentrationer, eller der bare var tale om en kort enkelthændelse.
- Stofbelastnings beregninger vil blive bedre siden vi får informasjon om hvad der sker mellom stikkprøvenrne, og dermed kan også trendanalyser blive bedre.
- De kan hjelpe os med at finde forureningskilder.
- Vi kan blive varslet når koncentrationer overstiger fastsatte grænseværdier (f.eks. på mobiltelefonen).
- De kan bidrage til at øge vores forståelse af hvordan klimaendringer påvirker vandforekomsterne (f.eks. vandtemperatur, turbiditet og eutrofiering).

Spesielt i vandforekomster med hurtige ændringer i koncentrationer, som bække og åer, kan sensorer give mere nøyagtige data om tilstand og trends. Data fra sensorer kan også hjelpe os til at forstå prosesser i oplande bedre.

Sensordata kan overføres til en PC via en logger, og dermed give os samtdsdata. Dette krever mobildækning og strømforsyning (f.eks. solcellepanel eller batteri). Dataene kan vises på et nettsted og dermed kan brugere få muligheten for at holde øje med vandforekomster i nærheten.

Tabellen til venstre viser parametere som sensorer kan overvåke (venstre kolonne) eller være et substitutt for (høyre kolonne). Sensorteknologien utvikles og det er sannsynlig at flere parametere vil komme til i årene fremover. Det er dog slik at viktige parametere for å gjennomføre vannforskriften ikke kan måles med sensorer per i dag. Dette gjelder bl.a. totalfosfor, total nitrogen, fosfat eller totalt organisk karbon. For noen av disse kan vi bruke substitutter (se tabellen), men det må forskes mer på hvor godt dette treffer i ulike vanntyper.

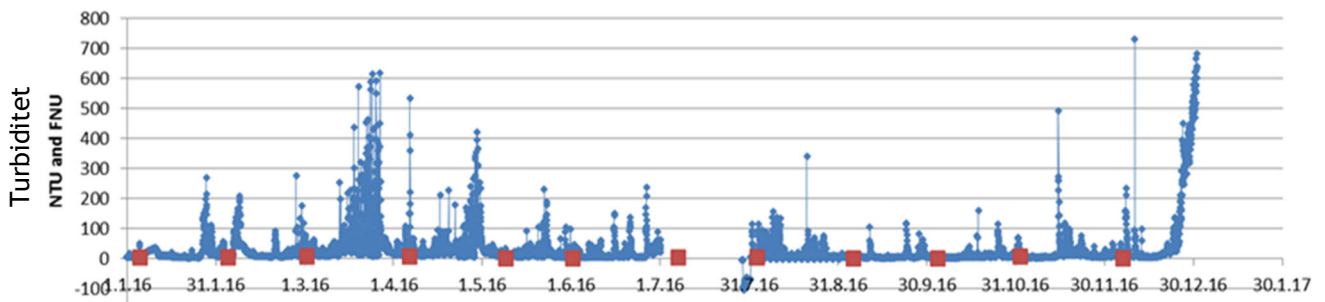
Udfordringer med sensorer

Sensorer har også nogle udfordringer:

- De kan kun overvåke et begrenset antal parametre, og ofte må vi overvåke en substitutt i stedet for den ønskede parameter.
- Det er nødvendig med vandprøver med forskjellige koncentrationsniveauer af den valgte parameter for at kunne kalibrere sensordata.
- Der er vedligeholdelses omkostninger, som for eksempel manuel renholdelse af linser (til trods for automatiske rensesystemer bygget ind i mange sensorer—viskere).
- Maksimumsværdien af den parameter som kan måles af sensoren kan overstiges ved høje koncentrationer (f.eks. under flomme).
- Sensorer er mindre nyttige i enkelte vandtyper, hvor der er dårlig korrelasjon mellom sensordata og de almindelige vandprøver analyseret på laboratoriet.
- Vi kan i de nordlige lande få problemer med vinterdrift på grund af frost og isgang i vandløb.

I tillegg er der stadig en mangel på harmonisering af metoder for sensorovervågning, som gør at data fra forskjellige programmer med sensorovervågning ikke uden videre kan sammenlignes (se side 4).

Til slut skal det nævnes, at fordelene med anvendelse af sensorer også indebærer en lille udfordring: De produscer nemlig en meget stor datamængde, som må kvalitetssikres og lagres på en forsvarlig måde.



Grafen viser at turbiditet målt med månedlige stikprøver (røde firkanter) kan undervurdere turbiditetsniveauet målt med en sensor (blå prikker og linje). Data er fra Alnaelva i Oslo. Kilde: Skarbøvik m.fl. 2017.

Brug av sensorer i forskning

Sensorer har været flittigt brugt af forskere, siden det har givet mulighed for at øge vores viden om hvordan vand og forurenende stoffer transporteres gennem oplande til vandløb. Sensordata er f.eks. blevet brugt til at:

- forbedre stoftransport beregninger af næringsstoffer og andre forurenende stoffer;
- afdeække hvordan erosion, utledning, transport og sedimentation af forskellige stoffer sker i vandløbsoplande.;
- understøtte modellering af oplande;

Hvad synes brugere om sensorer?

I projektet har vi interviewet brugere i seks lande om nytten af sensorer (se [Deliverable WP7](#)). Brugere er for eksempel vandforvaltere på lokalt og regionalt niveau, samt landmænd og naturorganisationer, for at nævne nogle. De fleste brugerne mente, at det er meget vigtigt at få de mest muligt nøjagtige data om næringsstoffkoncentrationer for at kunne overholde gældende forskrifter og grænseværdier, og at det vil være en klar fordel med hyppigere data end de nuværende stikprøver som anvendes overvågningen. Nesten alle brugerne mente, at tilgang til samtdsdata kan være af interesse for folk som bor i eller omkring oplandene.

De fleste mente desuden at investeringsomkostninger og tid brugt på vedligehold er vigtige barrierer for at implementere en sensorovervågning.

Sensorer i national overvågningsstrategi

I Norge benyttes sensorovervågning i seks af de 20 vandløb i det nationale 'Elveovervåkingsprogrammet' (Kaste m.fl. 2022).

Sverige har brugt sensorer rutinemæssig i national overvågning siden 2017 og i dag er der syv stationer i gang (Fölster et al., 2019).

Det er også værd at bemærke at Irland bruger sensorer som en central del af deres overvågningsprogram af landbrugets tab af næringsstoffer, tilsvarende Norges JOVA-program og det danske LOOP program.

Finland har udviklet en strategi for sensorovervågning, og i dag er 11 vandløb i sydvest-Finland overvåget med sensorer.

I Danmark, Polen og Latvia er det foreløbig ingen nationale strategier om overvågning med sensorer, men det findes planer for at introducere sensorer i national overvågning i nogle af landene.

Vi har interviewet forvaltere på nationalt niveau i de lande, som indgår i dette projekt. Det ser ud til at de har en god forståelse for både fordele og ulemper ved sensorovervågning. Samtidig har vi fået en tilbagemelding om at de ønsker mere information om denne type overvågning. Vi vil derfor indsamle og vise konkrete erfaringer med sensorovervågning på netsiderne af ECOSAFE-projektet.



Kan vi sammenligne sensordata fra forskjellige måleprogrammer?

Dette er et viktig spørsmål. I arbeidet med EUs Vandrammedirektiv har det vært helt væsentlig at kunne sammenligne data fra regioner som geografisk sett er relativt ens, som bl.a. de nordiske lande Norge, Sverige og Finland. I BIOWATER-prosjektet har vi sammenlignet turbiditetsdata fra sensorer med konsentrasjonen av suspenderet stof (SSC) i vandprøver, fra 31 vandløbsoplande i seks lande. Vi fant at:

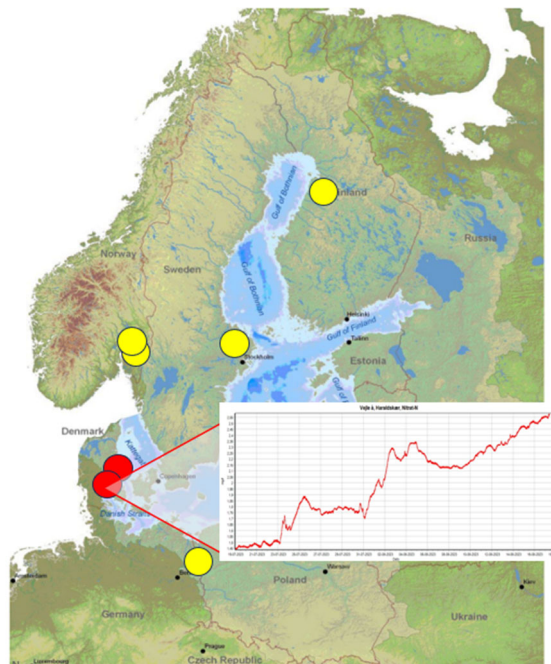
1. Der var betydelige variasjoner i hvordan vandprøverne (for korrelasjon) ble taget, og hvilke laboriemetoder som ble benyttet til analyse av suspenderet stof.
2. Turbiditetsmålere kan ha forskjellige måleprinsipper, og derfor *kan forskjellige sensorer* måle en forskjellig turbiditet i samme vandprøve.
3. Pga. punkt 1 og 2 ovenfor, var det ikke mulig at sammenligne turbiditets- og SSC-målinger ved de 31 vandløbsstasjoner.
4. Når vi analyserer data fra de individuelle stasjoner, fant vi den bedste korrelasjon mellom turbiditet (sensor) og suspendert stoffkonsentrasjon (SSC) i vandprøver fra bække i landbrugsområder dominert av lerede, siltrige eller sandede jorder.
5. Vi fant dårligere korrelasjon mellom turbiditet og SSC i skov- og hededominerede oplande, og i oplande med mere grovkornede jorder.

Resultatene viser, at korrelasjonen mellom turbiditet og SSC må findes for hver vandløbsstasjon for sig, og at sammenligninger mellom denne type data fra forskjellige måleprogrammer må udføres med stor forsigtighed, og først efter at have vurderet om metoderne er sammenlignelige.

Forfattere: Norge: Eva Skarbøvik; Anastasija Isidorova, Danmark: Brian Kronvang, Sofie van der Veen; Sverige: Emma Lannergaard, Jens Fölster; Finland: Ahti Lepistö, Pasi Valkema; Polen: Ignacio Kardell; Latvia: Ainis Lagzdins.

Se selv!

I hvert af de seks Nordbalt-Ecosafe-lande vil vi demonstrere sensordata i nutid på nettet, sådan at alle brugere kan gå ind og tjekke hvordan det står til med kvaliteten af vandet. Denne ordning vil være operativ i foråret 2024, men to danske sensorstationer er allerede tilgængelige.



Kort med stasjoner hvor data er tilgjengelige i nutid (røde prikker) eller vil bli gjort tilgjengelige (gule prikker).

Referanser

- Fölster m.fl. 2019. Sensorer för vattenkvalitet i miljöövervakning av vattendrag - Hur användbara är de i praktiken? SLU, Vatten och miljö: Rapport 2019:10.
- Kaste m.fl. 2022. The Norwegian river monitoring programme 2021 – water quality status and trends. NIVA Report 7760.
- Skarbøvik m.fl. 2017. Riverine Inputs and Direct Discharges to Norwegian Coastal Waters, 2016. Norw. Environ. Agency Rep. M862
- Skarbøvik m.fl. 2023. Comparing in situ turbidity sensor measurements as a proxy for suspended sediments in North-Western European streams, *CATENA*, 225, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107006>

Vi i NORDBALT-ECOSAFE-prosjektet har som mål å understøtte forvaltningens arbeid med gjennomføring av EUs Vanddirektiv. Vi vil derfor sammenligne hvordan direktivet gjennomføres i seks ulike land nord i Europa. Bedre overvåking av vannforekomstene er ett av de tema vi ser nærmere på i prosjektet.

Prosjektside: <https://projects.au.dk/nordbalt-ecosafe>

Sensordata: <https://projects.au.dk/nordbalt-ecosafe/sensor-monitoring>