

Er kunnskap om økologisk tilstand nyttig for vannverkene våre?

Av Karl Otto Mikkelsen, Nina Værøy, Petter Torgersen,
Eilen Arctander Vik og Håkon Dalen

Karl Otto Mikkelsen er cand.scient. i ferskvannøkologi fra UiB og jobber som rådgiver for COWI.

Nina Værøy er M.Sc. i limnologi fra UiO og jobber som rådgiver for COWI.

Petter Torgersen er M.Sc. i biologi fra UiO og jobber som rådgiver for COWI.

Eilen Arctander Vik har en Ph.D i VA-teknikk fra Univ. of Washington i Seattle, USA og M.Sc. i kjemiteknikk fra NTH, Trondheim. Hun jobber som seniorforsker ved Aquateam COWI.

Håkon Dalen er cand.scient. i havbruk fra Universitet i Tromsø og jobber som rådgiver for COWI.

Summary

Eutrophication and excessive inputs of organic matter can have negative impact on drinking water from surface water reservoirs and should be avoided. COWI conducted in 2018 a pilot study of ecological status of the watershed for Haugesund Vannverk, with Stakkastadvatnet as the main drinking water source. The primary objective was to assess if Stakkastadvatnet and its tributaries had sub-optimal ecological status. The secondary objective was to assess if knowledge about ecological status could provide valuable complementary information to standard waterworks surveillance. The project was based on the EU Water Framework Directive's methods of assessing ecological status. The study found good ecological status of Stakkastadvatnet, with no immediate threats of eutrophication or signs of excessive input of organic matter. Ecological status of investigated feeding streams varied. It was concluded that ecological assessment is a valuable tool, to be used in the waterworks' surveillance, for hazard mapping and warning routines.

Sammendrag

Eutrofiering og organisk belastning kan ha negativ påvirkning på drikkevannskvaliteten fra overflatevannkilder. Økte konsentrasjoner av plantenæringsstoffer og/eller organisk stoff bør derfor unngås i overflatevannkilder. COWI gjennomførte i 2018 en pilotstudie for Haugesund vannverk. Prosjektet hadde som formål å vurdere om vannverkets hovedvannkilde var eksponert for uønskede økologiske responser i form av eutrofiering eller organisk belastning. Prosjektet ble basert på biologiske kvalitets-elementer i tråd med vannforskriftens veileder 02:2018. Et viktig delmål var å vurdere om biologiske kvalitetselementer kunne være nyttige verktøy i vannverkets overvåkingsprogram og farekartlegging. Resultatene stadfestet at råvannskilden, Stakkastadvatnet, hadde god økologisk tilstand. Det ble ikke påvist tegn til at eutrofiering utgjør noen fare for dagens vannforsyning. Tilførselsbekkene hadde noe varierende økologisk tilstand. Noen hadde dårligere tilstand enn ønskelig, mens andre hadde god tilstand. Bruk av biologiske undersøkelser vurderes å være et hensiktsmessig verktøy som

kan benyttes i vannverkets overvåkning, farekartlegging og varslingsystem.

Introduksjon

Eutrofiering og organisk belastning kan ha negativ påvirkning på kvaliteten i råvann fra overflatevannkilder. Dersom råvannskvaliteten svekkes vil det kunne oppstå behov for mer omfattende vannbehandling for at vannet skal kunne tilfredsstille drikkevannsforskriftens krav til kvalitet og leveringsikkerhet (Mattilsynet 2019).

Giftige alger og bakterier (cyanobakterier) er ofte assosiert med eutrofiering. De kan danne giftstoffer (f.eks. mikrocystin), og uønskede lukt- og smaksstoffer som geosmin og 2-MIB (methylisoborneol). Innsjøer som leverer vann til vannverk bør holde seg på oligotroft (næringsfattig) nivå for å unngå uønskede algeoppblomstringer. Fjerning av disse stoffene krever en annen vannbehandling enn de fleste eksisterende norske drikkevannrensanlegg har i dag. Endret vannbehandling vil øke kostnadene betraktelig for vannverkseier. Fra pilotforsøk gjennomført i Mjøsa i 1988 (Vik *et al.* 1988) var bruk av ozon og aktivt kull meget effektivt for å fjerne geosmin og 2-MIB. Keijola *et al.* (1988) viste at de samme to prosessene var de mest effektive med hensyn til fjerning av algetoksiner fra drikkevann. Forbedring av vannkvaliteten for å hindre oppblomstring av cyanobakterier er kostbart (FHI 2010). Ved å holde innsjøen oligotrof vil man kunne unngå giftige cyanobakterier og de fleste kjente lukt- og smaksstoffer som geosmin, 2-MIB og H₂S (hydrogensulfid).

Forvaltning av vann i Norge reguleres gjennom vannforskriften. Den trådte i kraft i 2007 for å sikre gjennomføringen av det europeiske vannrammedirektivet. Forvaltning av vann til drikkevann er i tillegg regulert gjennom drikkevannsforskriften, som sist ble endret i 2017.

Formålet med vannforskriften er å sikre en mest mulig helhetlig beskyttelse og bærekraftig bruk av vannforekomstene ved utarbeiding av helhetlige, sektorovergrepene, regionale vannforvaltningsplaner og tiltaksprogrammer.

Formålet med drikkevannsforskriften er å beskytte menneskers helse ved å stille krav til

sikker levering av godt og trygt vann i tilstrekkelige mengder.

Overvåkning og farekartlegging ved norske vannverk baserer seg i hovedsak på drikkevannsforskriften og forskriftens vedlegg, som angir grenseverdier og tiltaksverdier for særlig relevante stoffer og hygieneparametere (drikkevannsforskriften §§ 6 og 19, Vedlegg I og Vedlegg II). I forbindelse med gjennomføringen av vanddirektivet er det utviklet felles europeisk metodikk basert på biologiske kvalitetselementer som er egnet for å fastslå økologisk tilstand med hensyn til blant annet eutrofiering og organisk belastning (Direktoratgruppen vanddirektivet 2018). Når man kjenner økologisk tilstand i en råvannskilde kan man også vurdere om vannforsyningssystemet er eksponert for uønskede økologiske responser som økt eutrofiering og/eller responser på organisk belastning. Vannmiljøovervåkning basert på vannforskriften og dens veiledere vil derfor være et nyttig supplement til vannverkets overvåkning og farekartlegging etter drikkevannsforskriften (COWI 2019). Vannforekomster identifisert som drikkevannskilder etter vannforskriften § 17 skal oppfylle miljømålene i vannforskriftens §§ 4–7, og også kravene til råvann for drikkevann i annet regelverk, slik at omfanget av rensing ved produksjon av drikkevann kan reduseres. At overvåkning etter vannforskriften har særlig fokus på drikkevann framgår også av Veiledning til fylkesmannen (Miljødirektoratet 2015, oppdatert 2018).

Ved å overvåke biologiske kvalitetselementer vil også eventuelle responser på forurensning overvåkes, og ikke bare de enkelte påvirkningsfaktorene. Nivåene av plantenæringsstoffer og innhold av organisk nedbrytbart materiale kan variere sterkt, særlig i tilsigsområdet og tilførselsbekker (se f.eks. Solheim & Moe 2009). Kjemiske målinger gir øyeblikksbilder av situasjonen, og det kan derfor være vanskelig å vurdere risiko utfra kjemiske målinger alene. Ved å ta i bruk biologiske undersøkelser oppnås gjerne større utsagnskraft, og man fanger lettere opp effekten av kortvarige påvirkninger. Samtidig vil organismegrupper som for eksempel bunndyr eller alger respondere på den samlede belastning

gen de eksponeres for, og derved kunne gi et mer helhetlig bilde.

COWI gjennomførte i 2018 en pilotstudie for Haugesund vannverk (COWI 2019). Dette pilotprosjektet hadde til formål å vurdere om vannverkets hovedvannkilde var eksponert for økologiske responser av betydning for vannverkets krav til kvalitet og leveringssikkerhet. Viktige delmål var å evaluere metodikkens egnethet, og om det kan være hensiktsmessig å inkludere biologiske undersøkelser i vannverkets overvåkningsprogram og farekartlegging i henhold til drikkevannsforskriften § 6.

Metode

Økologisk tilstand ble vurdert gjennom bruk av etablert metodikk i henhold til vannforskriftens veiledere Klassifiseringsveilederen (Direktoratsgruppen vanndirektivet 2015 og 2018) og Overvåkningsveilederen (Direktoratsgruppen vanndirektivet 2010). I tillegg er tidligere versjon av Klassifiseringsveilederen (Direktoratsgruppen vanndirektivet 2015) brukt ved klassifiseringen av vannverkets drikkevannskilde, Stakkastadvatnet, ettersom den nyeste, 02:2018, ikke var komplett.

Undersøkelsen omfatter kvalitetselementer som er følsomme for eutrofiering og organisk belastning, det vil si de påvirkninger som er viktigst å holde øye med i råvannskilde og tilførselbekker. I innsjøen ble det gjennomført undersøkelser av planteplankton og vannplanter. I bekkene ble det gjennomført undersøkelser av bunndyr og begroingsalger.

Det er ”det verste styrer” prinsippet som gjelder når man skal kombinere flere kvalitets-elementer til et resultat basert på de data man har samlet inn under undersøkelsen. Dette betyr at man får satt en samlet økologisk tilstandsklassifisering av vannforekomsten (Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018).

Vannforskriften setter som minimums-prinsipp at det er den eller de kvalitetselementene som er mest følsomme for den aktuelle påvirkningen som skal overvåkes. Samtidig er det svært viktig å være oppmerksom på at kvalitets-elementene som benyttes også kan bli påvirket

av andre miljøfaktorer. I vassdrag hvor man kan vente et komplekst og til dels ukjent påvirkningsregime, er det derfor ikke ukomplisert å designe undersøkelser eller å tolke resultatene. Indeksene vil ikke kun være påvirket av kjemisk sammensetning. Andre forhold, som fysiske inngrep (bekkesenkning, kulverter, reguleringer, inngrep i elvebunn m.m.), og vannføring, vil også kunne påvirke biologien og dermed indekseringen (se f.eks. COWI 2019). Dersom en lokalitet overvåkes over flere år, og resultatene entydig indikerer en tilstandsendring, så vil endringen ideelt kunne tilskrives økt eller redusert belastning. Tilstandsendringen kan imidlertid også være grunnet i andre forhold, som fysiske inngrep, variasjon i vannføring, eller andre ukjente faktorer (Mikkelsen og Torgersen, upubl.)

Innsjøundersøkelser

Innsjøprofiler og vannkjemi

Vannkjemi brukes som støtteparametere i klassifiseringen av innsjøen. Innsjøprøvetakingen ble utført i perioden mai–november over innsjøens dypeste punkt. I felt ble det målt dyp (m), pH, konduktivitet ($\mu\text{S}/\text{cm}$), temperatur ($^{\circ}\text{C}$) og oksygen (mg/l), kontinuerlig gjennom hele vannsøylen fra topp til bunn ved hjelp av en senkbar sonde (EXO3). I tillegg ble siktedyp målt med standard sikteskive.

Hensikten med vertikal stratifisering av vannsøylen er å se i hvilken grad innsjøen følger et ”normalt” mønster med sirkulasjon vår og høst, og at det er oksygen i hele vannsøylen. En vertikal oksygenprofil forteller om produktiviteten i innsjøen, samt langsiktige endringer i næringstilførselen. Oksygenfritt bunnvann vil kunne frigjøre fosfor fra bunnsedimentene, slik at sedimentert fosfor igjen blir resirkulert for produksjon.

Det ble tatt vannprøver for analyse av total fosfor, total nitrogen og ammonium ved bruk av et Ramberg-rør. Prøvene ble tatt fra en blandprøve fra 2x siktedypet.

Planteplankton

Planteplankton er en gruppe primærprodusenter som lever i de frie vannmasser, nærmere

bestemt i eufotiske sone, og som blir benyttet for å klassifisere tilstanden i innsjøer. Bakgrunnen er at økt næringsalltilførsel gir responser på planteplankton ved at biomassen øker, artssammensetningen endres og vi kan få kraftige oppblomstringer i form av cyanobakterier (Solheim *et al.* 2008; FHI 2010). Det totale biovolum av planteplankton, og sammensetningen av planteplanktonsamfunnet, gir en bedre indikasjon på en innsjøens trofiske status enn for eksempel Tot-P (total fosfor), fordi planteplankton representerer resultatet av innsjøens totale fysisk/kjemiske tilstand, og derav innsjøens vekstpotensial for denne organismegruppen.

Prøver for planteplankton og klorofyll a ble tatt som blandprøver av vannsøylen fra overflaten og ned til 2x siktedypet ved hjelp av en rørprøvetaker (Ramberg-rør). Vannet ble videre samlet i en balje, hvor det så ble tatt to delprøver i 250 ml prøveflasker i glass. Prøvene ble deretter konserverte på Lugol.

Prøver for analyse av klorofyll a ble fylt på svarte plastflasker. Etter endt prøvetaking ble materialet filtrert og frosset ned frem til levering til laboratoriet.

Analysene av planteplankton er basert på den kvantitative blandprøven fra eufotisk sone (2x siktedyp). Prøveflaskene ble vendt flere ganger for jevn fordeling av fyttoplankton før uttak av prøvevolum for sedimentering. Sedimentasjonsvolum var på 10 eller 50 ml. Sedimentasjonskammeret sto under en boks sammen med en skål vann for å hindre ujevn fordeling og fordampning (Utermöhl 1958). 10 ml kammer sto i 8 timer, 50 ml sto i 24 timer.

Tellingene foregikk i et såkalt omvendt mikroskop, dvs. et mikroskop hvor objektivet er montert under objektet som skal observeres. For beregning av biomasse ble tilnærmet gjennomsnittsvolum av hver art beregnet (Rott 1981; Tikkanen & Willen 1992). Deretter ble det beregnet en samlet biomasse for hver art per volumenheter vann. Biomassen er oppgitt som mg/l, og danner grunnlaget for beregning av totalt biovolum.

Plantepilankton trofisk indeks (PTI) uttrykker økningen av tolerante taksa, ofte ”problem-

alger”, og reduksjon av følsomme taksa langs fosforgradienten. Den summerer opp indikatorverdien for hvert takson i prøven i forhold til andelen det utgjør av prøven totalt.

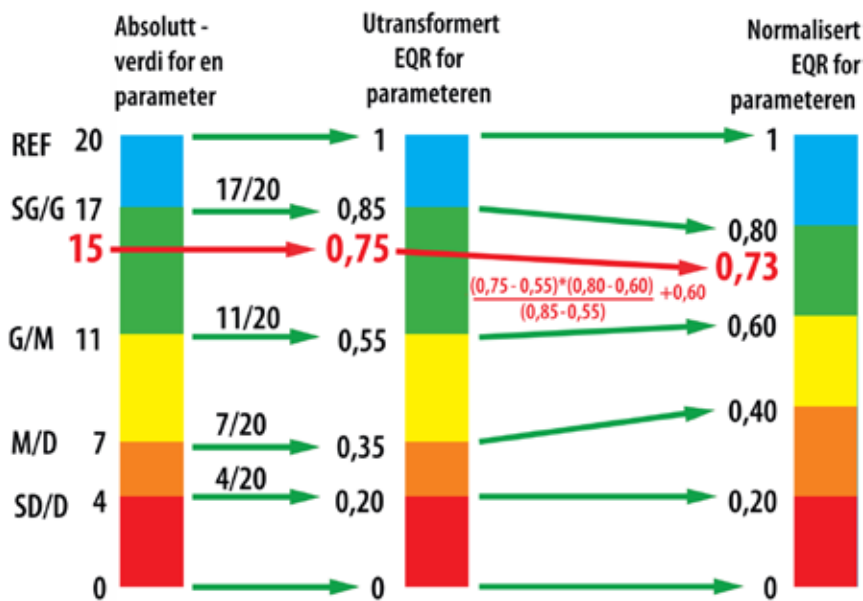
For å klassifisere planteplankton etter Klassifiseringsveilederen (Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018), beregnes det fire indekser som så midles til en totalvurdering:

1. og 2. Klorofyll a, som sammen med biovolum danner grunnlaget for nEQR for biomasse. EQR er økologisk kvalitetskvotient / ecological quality ratio, og nEQR er normalisert EQR.
3. PTI, som beskriver sammensetningen av planteplanktonsamfunnet.
4. Cyanomax, som er en indeks som beskriver endringer i forekomsten av cyanobakterier. Oppblomstringsfrekvens er problematisk å måle, men oppblomstringsintensiteten kan måles ved å benytte maksimalt volum som påvises i løpet av vekstsesongen.

Det blir beregnet nEQR for alle parametere, også for støtteparametere som total fosfor, total nitrogen og siktedyp (nitrogen brukes i klassifisering kun dersom man kan anta nitrogenbegrensning, noe som primært forekommer i svært eutrofierte vannforekomster). Om økologisk tilstand settes til god eller svært god basert på biologiske kvalitetselementer, vil støtteparametere kunne justere tilstanden ned en klasse.

Gjennomsnitt av nEQR for klorofyll a og nEQR for biovolum gir nEQR for biomasse. Gjennomsnitt av nEQR for biomasse og nEQR for PTI, eventuelt sammen med nEQR for cyanomax, gir nEQR for planteplankton (Direktoratsgruppen vanndirektivet 2015). Cyanomax brukes kun i totalvurderingen om nEQR for cyanomax er lavere enn middelverdien av nEQR for biomasse og PTI. nEQR-verdiene beregnes slik som vist i Figur 1.

Alle metoder og beregninger er utført iht. Veileder 02:2013 revidert 2015. Denne veilederen er per september 2020 erstattet av Direktoratgruppen vanndirektivet (2018).



Figur 1. Eksempel på absoluttverdier for en parameter med EQR og nEQR klassegrenser. Fra Direktoratgruppen vanddirektivet (2018).

Vannplanter

Vannplanter er planter som har sitt normale habitat i vann. De deles ofte inn i helofytter ("sivvegetasjon") og "ekte" vannplanter. Det er kun de "ekte" vannplantene som brukes i klassifisering av økologisk tilstand i Norge.

Vannplantene vokser helt neddykket eller har blader flytende på vannoverflata, og kan deles inn i 4 livsformgrupper:

- (1) *isoetider* (kortsukksplanter)
- (2) *elodeider* (langsukksplanter)
- (3) *nymphaeider* (flytebladsplanter)
- (4) *lemnider* (frittflytende planter)

I tillegg til disse grupperingene kommer kransalgene.

Eutrofiering i innsjøer fører til reduserte lysforhold på grunn av økt planteplanktonbiomasse. Dette er sannsynligvis den viktigste effekten av eutrofiering på vannplanter. Ulike vannplanter har forskjellige krav til lys og eutrofieringen vil derfor virke inn på sammensetningen av vannplanter i innsjøen og på mengde av de forskjellige artene. Dessuten vil endrede lysforhold ha

stor betydning for hvor dypt plantene kan vokse (Direktoratsgruppen vanddirektivet 2018).

Undersøkelser av vannplanter foregår i løpet av perioden juli–september, og bør dekke ulike habitater i innsjøen. Mengden av enkeltarter vurderes ved hjelp av en semikvantitativ skala for forekomst, der 1=sjelden, 2=spredt, 3=vanlig, 4=lokalt dominerende, og 5=dominerer lokaliteten.

Kartleggingen av vannplanter i Stakkastadvatnet ble utført i august 2018. Ulike lokaliteter ble undersøkt med vannkikkert og kasterive. Aktuelle habitater ble valgt ut i felt. Da vatnet er tydelig delt inn i bassenger som er adskilt med terskler, har vi foretatt prøvetaking i de ulike bassengene, og det er utarbeidet artslister og trofi-indeks for de ulike bassengene.

Økologisk tilstand i forhold til eutrofiering er foreløpig basert på trofi-indeks (TIC) for vannplanter i innsjøer (Direktoratsgruppen vanddirektivet 2018). TIC er basert på forholdet mellom antall sensitive og tolerante arter i hver innsjø jamfør klassifiseringsveilederen. *Sensitive arter* er arter som foretrekker og har størst dekning i mer eller mindre upåvirkede innsjøer,

og som får redusert forekomst og dekning ved eutrofiering. *Tolerante arter* er arter med økt forekomst og dekning ved økende næringsinnhold, og som ofte er sjeldne eller opptrer med lav dekning i upåvirkede innsjøer.

Bekkeundersøkelser

Det ble tatt bunndyrprøver fra 10 stasjoner og begroingsalger fra 11 stasjoner i tilløpsbekkene.

Begroingsalger

Begroingsalger er en gruppe primærprodusenter som vokser på elvebunn av stein og/eller annen vannvegetasjon. Begroingsalgene er følsomme for eutrofiering. Ettersom de er bundet til ett voksested kan de ikke forflytte seg for å unnsnippe eventuelle periodiske forurensninger. Begroingsalgene vil derfor reagere på selv korte forurensningsperioder, som ellers lett ville blitt oversett ved kjemiske målinger. Algenes reaksjon på ulike belastninger kan føre til endring i biomasse og endring i artssammensetningen. Av den grunn blir begroingsalgene ofte brukt i overvåkning og tilstandsvurdering i henhold til vannforskriften.

Basert på funnene rapporteres artsmangfold og økologisk tilstand for hver lokalitet. Økologisk tilstand settes ved hjelp av PIT-indeksen (periphyton index of trophic status) (Schneider & Lindstrøm 2011). Utregning av PIT-indeksen er basert på forekomsten av 153 taksa av begroingsalger, med unntak av kiselalger. At kiselalger er ekskludert kan være en svakhet ved indeksen, da kiselalger ofte utgjør en betydelig del av alge-samfunnet.

For hvert takson er det beregnet en indikatorverdi som danner grunnlaget for beregningen. Det kreves minst to indikatorarter for en sikker vurdering (Schneider & Lindstrøm 2011). I tilfeller hvor det er observert kun en art, blir derfor resultatet betegnet som usikkert. Indikatorverdiene spenner fra 1,87–68,91, hvor lave verdier indikerer lav fosforkonsentrasjon (oligotrofe forhold), mens høye verdier indikerer høy fosforkonsentrasjon (eutrofe forhold). I vannforskriftens veileder er det fastsatt klassegrenser for PIT-indeksen (Tabell 1) som skiller mellom svært god (referanstilstanden), god, moderat, dårlig og svært dårlig tilstand.

Heterotrof begroing er betegnelsen på sopp og bakterier som bruker lett nedbrytbart organisk materiale som energikilde, som avrenning fra gjødselkjellere og kloakkavrenning. Ved gunstige nærings situasjoner vil de kunne vokse svært raskt og oppnå høy dekningsgrad. Enkelte sopp og bakterier er oppført med indikatorverdier i PIT-indeksen, men i tillegg er det en heterotrof begroingsindeks (HBI) som indikerer graden av organisk belastning (Direktoratsgruppen vanddirektivet 2018). Den baserer seg på dekningsgraden til den heterotrofe begroingen og vil overstyre PIT-indeksen i de tilfeller hvor den heterotrofe begroingen fører til dårligere tilstandsklasse enn PIT ("det verste styrer" prinsippet).

Bunndyr

Bunndyr er ingen biologisk enhetlig gruppe. Betegnelsen er snarere en samlebetegnelse for vannlevende, små dyr som er mer og mindre

Tabell 1. Grenseverdier og karakterisering av økologisk tilstand basert på PIT-verdier. Fra Direktoratsgruppen vanddirektivet (2018).

Økologisk tilstand	EQR nedre klassegrense	EQR øvre klassegrense	nEQR nedre klassegrense	nEQR øvre klassegrense
Svært god	0,95	1	0,8	1
God	0,83	0,95	0,6	0,8
Moderat	0,55	0,83	0,4	0,6
Dårlig	0,27	0,55	0,2	0,4
Svært dårlig	0	0,27	0	0,2

Tabell 2. Grenseverdier og karakterisering av økologisk tilstand basert på ASPT-verdier. Fra Direktoratgruppen vanddirektivet (2018).

Økologisk tilstand	ASPT	EQR	nEQR
Svært god	> 6,8*	> 0,99	0,8–1,0
God	6,8–6,0	0,99–0,87	0,6–0,8
Moderat	6,0–5,2	0,87–0,75	0,4–0,6
Dårlig	5,2–4,4	0,75–0,64	0,2–0,4
Svært dårlig	< 4,4	< 0,64	0–0,2

*ASPT-verdier større enn 6,9 angir naturtilstanden.

knyttet til bunnen i vann og vassdrag. Gjennom kunnskap om bunndyras livskrav kan vi få vite mye om et vassdrag ved å se på sammensetningen av bunndyrfaunaen.

Prøvene ble tatt ved å benytte den såkalte sparkemetoden som er beskrevet i standarden NS-EN ISO 10870:2012. Sparkeprøvene ble utført med en håv med 250 µm maskevidde. Metoden er i samsvar med metodikk beskrevet i Klassifiseringsveilederen (Direktoratsgruppen vanddirektivet 2018).

ASPT (average score per taxon) indeks (Tabell 2) er benyttet som vurderingssystem jfr. klassifiseringsveilederen (Direktoratsgruppen 2018) for å bestemme økologisk tilstand sett i forhold til organisk belastning. Prøvetaking av bunndyr ved den såkalte sparkemetoden er, i likhet med ASPT indeksen, ment for strykstrøkninger i elver med substrat av grus og stein.

ASPT indeksen baserer seg i utgangspunktet på bunndyrenes ulike toleranse for organisk forurensning/eutrofiering. ASPT indeks ble beregnet per stasjon i henhold til klassifiseringsveileder 02:2018. Det taksonomiske kravet til beregning av ASPT indeksen ligger på familienivå, for fåbørstemark ligger kravet på klassenivå.

Usikkerheter

Denne undersøkelsen bygger på overvåkning gjennom én sesong. Enhver prøvetaking eller måling har en usikkerhet ved seg, og denne usikkerheten kan reduseres ved å øke antallet prøvetakinger og målinger. Som grunnlagsdata bør helst data fra en treårs periode benyttes, slik

at man får jevnet ut forskjeller som skyldes naturlige variasjoner mellom år (Direktoratsgruppen, vanddirektivet 2018).

ASPT indeksen ignorerer variasjon i toleranse for forurensning innenfor familiene, og er derfor en grov indeks.

Begroingsalger og bunndyr påvirkes av andre stressfaktorer enn forurensning, deriblant sediment-transport, vannhastighet, flom og tørke. Artsmangfold og antall arter vil derfor naturlig kunne variere fra år til år på en enkelt lokalitet.

Klassifisering

”Det verste styrer” prinsippet brukes i klassifisering av vannforekomster i hele Europa. Tilstandsklassene til de kvalitetselementene som er benyttet i denne undersøkelsen er ofte ulik innen en stasjon. Den samlede tilstandsvurderingen på stasjonen blir lik den dårligste tilstandsklassen av kvalitetselementene, med mindre usikkerheten i indeksene varierer så mye at en annen vektning blir vurdert.

Indeksene for de ulike kvalitetselementene blir omregnet til normaliserte EQR-verdier for å kunne sammenligne resultater på tvers av kvalitetselementer (nEQR).

Det stilles metodespesifikke krav til prøvetaking av både bunndyr og begroingsalger, og i dette tilfellet er kravene til prøvetaking ivarettatt.

Stakkastadvatnet – Haugesund vannverks hovedvannkilde

Stakkastadvatnet ligger nord for Haugesund sentrum og ligger i kommunene Haugesund, Tysvær og Sveio, se Figur 2. Mesteparten av

Tabell 3. Samlet tilstandsvurdering for Stakkastadvatnet basert på vannplanter, planteplankton og fysisk/kjemiske støtteparametere.

Vannforekomst	Vannplanter	Planteplankton	Fysisk/kjemisk	Samlet tilstandsklasse
Stakkastadvatnet	God	Svært god	God	God

Tabell 4. Samlet tilstandsvurdering av tilløpsbekkene til Stakkastadvatnet.

Lokalitet	Bunndyr ASPT		Begroingsalger PIT		Samlet tilstandsklasse
	Tilstandsklasse	nEQR	Tilstandsklasse	nEQR	
Håvåsshytta	Moderat	0,58	Dårlig	0,32	Dårlig
Kjosens	God	0,69	Svært god	1,0	God
Littlavassbekken	God	0,62	Svært god	1,0	God
Stakkastad oppstrøms	God	0,79	Svært god	0,97	God
Stakkastad nedstrøms	Moderat	0,58	Moderat	0,56	Moderat
Dyrsnes	Moderat	0,42	Svært god	0,94	Moderat
Kvernavassbekken oppstrøms	God	0,74	Svært god	0,82	God
Kvernavassbekken nedstrøms	Moderat	0,53	Svært god	1,0	Moderat
Skarstadsbekken oppstrøms	God	0,74	Svært god	1,11	God
Skarstadbekken nedstrøms	Moderat	0,53	God	0,67	Moderat

nedbørfeltet er skog og utmark, foruten noe jordbruksareal og bebyggelse. Jordbruksarealer utgjør ca. 6 % av det totale nedbørfeltet. Fulldyrket mark brukes i all hovedsak til grasproduksjon, og innmark for øvrig brukes til husdyrbeite. Vannverket leverer vann til Hauge-sund, Tysvær og Sveio kommune, og uttaket fra Stakkastadvatnet er ca. 7 mill. m³/år.

Resultater

Råvannskilden Stakkastadvatnet

Prosjektet har dokumentert at Stakkastadvatnet har god økologisk tilstand (Tabell 3). Det ble ikke påvist potensielt toksinproduserende cyanobakterier i innsjøen.

Tilløpsbekkene

Resultatene av tilstandsvurderingen i tilløpsbekkene er vist i Tabell 4 og i Figur 2. Flere av bekkene har god økologisk tilstand, men det er også påvist bekker som har moderat eller dårlig

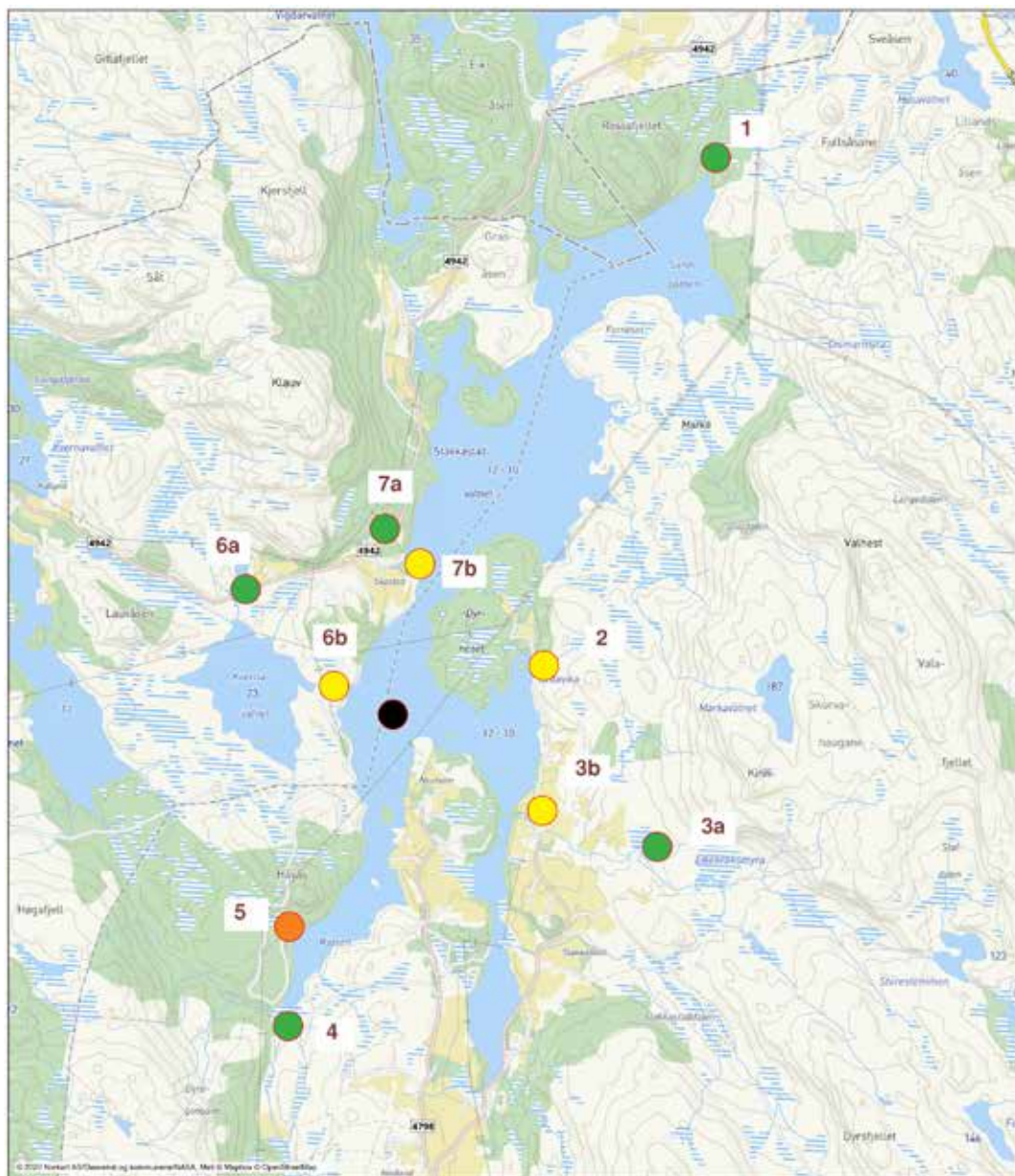
tilstand (Tabell 4). For den største og viktigste tilførselsbekken, Stakkastadbekken, er det påvist en markert forverring i økologisk tilstand fra øverste til nederste undersøkte målestasjon.

Diskusjon og konklusjon

Resultatene stadfester at råvannskilden Stakkastadvatnet har god økologisk tilstand. Det er ikke påvist noen tegn til at eutrofiering utgjør noen fare for vannforsyningen.

For tilførselsbekkene er det påvist varierende økologisk tilstand, noen av dem har dårligere tilstand enn ønskelig, mens andre har god tilstand. Prosjektet har ikke gått inn på årsakene til varierende økologisk tilstand mellom og innenfor enkeltvassdrag.

Undersøkelsen representerer ”nå-situasjonen” og kan tjene som referanse for seinere undersøkelser. Systematisk overvåkning over tid vil gi innsikt i om forholdene er stabile eller om de endrer seg. Ved å benytte biologiske kvalitets-



Figur 2. Oversikt over tilstanden i tilløpsbekker til Stakkastadvatnet. Markeringene 1–7 viser plassering av bekkestasjoner. 1) Litlavassbekken, 2) Dyrsnes, 3 a og 3 b) Stakkastadbekken, 4) Kjosen, 5) Håvåshytta, 6 a og 6 b) Kvernassjøen, 7a og 7b) Skarstadbekken. Fargede sirkler angir samlet tilstandsvurdering; grønt = god tilstand, gult = moderat tilstand og okerfarget = dårlig tilstand. Svart markering viser plassering av vanninntaket til Haugesund vannverk, og plassering av stasjon for innsamling av planteplankton.

elementer kan man på et tidlig tidspunkt få avdekket indikasjoner på en uønsket utvikling. Samtidig kan man få evaluert effekten av iverksatte tiltak for beskyttelse av vannkilden. På

denne bakgrunnen vurderer vi metodene som her er benyttet som meget godt egnet som supplement til vannverkets etablerte overvåking, farekartlegging og varslingsystem.

Den største nytteverdien av biologisk overvåking er at man ved å overvåke relevante økologiske responser på endringer i vannkvaliteten kan etablere et verktøy for tidlig varsling om uønsket utvikling i tilstand over tid. Man vil også kunne benytte metodikken til å kontrollere effekten av gjennomførte tiltak i nedbørfeltet.

Referanser

COWI (2019): Undersøkelser av økologisk tilstand i Stakkastadvatnet med tilløpsbekker. Prosjekt A103999. 40 s.

Direktoratsgruppen vanddirektivet (2010): Veileder 02:2010. Overvåking av miljøtilstand i vann. 122 s.

Direktoratsgruppen vanddirektivet (2015): Veileder 02_2013 – revidert 2015. Klassifisering av miljøtilstand i vann. 230 s. UTGÅTT

Direktoratsgruppen vanddirektivet (2018): Veileder 02:2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. www.vannportalen.no. 222 s.

Drikkevannsforskriften. Forskrift av 22. desember 2016 nr. 1868 om vannforsyning og drikkevann. Rettet 03.01.2017. <https://lovdata.no/forskrift/2016-12-22-1868>

FHI (2010): Cyanobakterier (blågrønnalger) oppblomstring og toksinproduksjon. Forfattere: Gjølme, N., Krogh, T. og Utkilen, H. <https://www.fhi.no/globalassets/dokumenterfiler/rapporter/2010/rapport-20104-pdf-fil.pdf>

Keijola, A.M., Himberg, K., Esala, A.L., Sivonen, K. & Hiisvirta, L. (1988): Removal of cyanobacterial toxins in water treatment processes: Laboratory and pilot-scale experiments. *J. Toxicity Assessment* 3:643–656.

Mattilsynet (2019): Veileder til drikkevannsforskriften. <https://lovdata.no/forskrift/2016-12-22-1868/S1>

Mikkelsen, K.O. & Torgersen, P. Feltnotater, upubl.

Miljødirektoratet (2015, oppdatert 2018): Veiledning til fylkesmannen. Regionale overvåkingsprogrammer – prioriteringer, organisering og påleggshjemler. 28 s.

Rott, E. (1981): Some results from phytoplankton counting intercalibration. *Hydrobiologica* 43:34–62.

Schneider, S. & Lindstrøm, E.-A. (2011): The periphyton index of trophic status PIT: A new eutrophication metric based on non-diatomaceous benthic algae in Nordic rivers. *Hydrobiologia* 665: 143–155.

Solheim, A.L., Berge, D., Tjomsland, T., Kroglund, F., Tryland, I., Schartau, A.K., Hesthagen, T., Borch, H., Skarbøvik, E., Eggstad, H.O. & Engebretsen, A. (2008): Forslag til miljømål og klassegrenser for fysisk-kjemiske parametere i innsjøer og elver, inkludert leirvassdrag og kriterier for egnethet for brukerinteresser. Supplement til veileder i økologisk klassifisering. NIVA-rapport 5708. 79 s.

Solheim, A.L. & Moe, J. (2009): Eutrofierings-tilstand i norske innsjøer og elver 1980–2008. Rapport TA-2466/2009, Miljødirektoratet. 44 s.

Tikkanen, T. & Willén T. (1992): Växtp planktonflora, Naturvårdsverket Kundtjänst 17185 Solna. ISBN 91-620-1115-4.

Utermöhl, H. (1958): Zur Vervollkomnung der quantitativen Phyto-plankton-Methodik. *Mitt. int. Ver. ther. angew. Limnol.* 9: 1–38.

Vannsforskriften. Forskrift av 15. desember 2006 nr. 1446 om rammer for vannforvaltningen. <https://lovdata.no/forskrift/2006-12-15-1446>

Vik, E.A., Storhaug, R., Naes, H. & Utkilen, H.C. (1988): Pilot studies of Geosmin and 2-Methylisoborneol removal, *Wat. Sci. Tech.*, Vol 20, No 8/9, pp 220–236.