

Langtidsutvikling av økologisk tilstand i vassdrag i Oslo basert på bunndyr og fisk, med vurdering av effekten på laks av klorutslippet i Akerselva våren 2011

Av Svein Jakob Saltveit, John E. Brittain, Trond Bremnes og Åge Brabrand

Saltveit, Brittain, Bremnes og Brabrand er alle knyttet til Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI), Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo, Boks 1172 Blindern, 0318 Oslo.

Artikkelen er en bearbejdet versjon av et innlegg holdt av Saltveit på seminar i Norsk vannforening 5. oktober 2011.

Sammendrag

Elver og bekker i Oslo har sine kilder i skogområdene som omgir byen. De fleste elvene passerer industri og urbane områder før de renner ut i sjøen. Flere vassdrag har over lang tid hatt dårlig vannkvalitet og på 1970-tallet og i begynnelsen av 1980 ble det faglig dokumentert at forholdene stedvis var svært dårlige. I midtre og nedre deler av vassdragene manglet fisk manglet og diversiteten av bunndyr var lav. Imidlertid ble det iverksatt omfattende tiltak på å begrense utslipp fra industri og bebyggelse og episodiske utslipp. Dette resulterte i en betydelig forbedring av vannkvaliteten som i neste omgang ga en klar økning i bunn-

dyr diversitet og nyetablering av fisk. I Akerselva forsvant laksen rundt 1860 og ble påvist på nytt først i 1983. Laks og sjørøret gyter nå i de nedre deler av alle vassdragene i Oslo, og elvene fungerer som oppvekstområder for ungfisk av begge arter. Den positive utviklingen er fulgt og dokumentert gjennom overvåkingen av vassdragene som Oslo kommune tok initiativet til gjennom Vann- og Avløpsetaten. Overvåkingen av fisk og bunndyr har ikke bare dokumentert forbedringen i miljøtilstanden, men har også gjort det mulig for forvaltningsmyndighetene å spore opp kilder til utslipp som har medført fiskedød. I de senere år er det registrert en stagnasjon i den positive utviklingen og for noen elver synes det også å være en reduksjon i bestandstetthet av fisk. Miljømålet i EUs vanddirektiv er at alle vannforekomster

skal ha en god økologisk tilstand. Dette medfører at innsatsen for å bringe elvene opp i denne tilstanden må økes.

Innledning

Elvene som renner gjennom Oslo er blitt utnyttet til ulike formål. Møller ble bygget i tilknytning til fosser og stryk. Fosser og stryk ble også nyttet til å produsere kraft til den stadig økende industri langs elvene, som igjen førte til økt organisk forurensning og utlipp av tungmetaller. Befolkningsveksten førte til økte kloakkutslipp direkte til elvene og økt avrenning fra veier og gårdsplasser. Laks (*Salmo salar*) ble fisket i Akerselva helt opp til 1860-årene og Akerselva var også kjent for sin bestand av elvemusling (*Margaritifera margaritifera*). Da de økologiske forholdene i elvene i Oslo ble undersøkt på midten av 1970-tallet, var tilstanden i de nedre deler av elvene svært dårlig, med lav diversitet av bunndyr og ingen bestander av fisk. Bunndyr var dominert av forurensning tolerante organismer som fåbørtemark (*Tubifex*) og fjærmugglarver. Utbredelsen av ørret (*Salmo trutta*) og flere andre arter var begrenset til de øverste deler.

På midten av 1970-tallet iverksatte Oslo kommune et program med sikte på å bedre vannkvaliteten i vassdragene. Målet var å bringe laks og ørret tilbake. Bedre vannkvalitet skulle oppnås gjennom en rekke ulike tiltak, som avskjærende kloakkledninger, reduksjon i industriutslipp, fjerning av forurenset sediment på elvebunnen og utsetting av fisk. Et overvåkningsprogram ble igangsatt for å dokumentere effekten. Ryggraden i over-

våkingsprogrammet var fysisk-kjemiske parametre. Selv med relativt hyppig vannkjemisk prøvetaking sier det seg selv at resultatene i stor grad likevel blir øyeblikksbilder av situasjonen. Som et utfyllende og supplerende element kommer biologiske parametre. Biologiske parametre kan gi et mer nyansert bilde av en forurensningssituasjon over tid. I overvåkningsprogrammet ble det derfor tatt med studier fisk og bunndyr. I tillegg har biologiske parametre som fisk og bunndyr gjort det mulig å spore ulike utslipp som har ført til fiskedød.

Interessen for forvaltning av sjørret rundt Oslofjorden har vært sterkt økende i de senere år (Enerud og Lund 1999), og det er i dag stor interesse for sportsfiske etter ørret i Oslofjorden. Det er derfor viktig å sikre og helst øke rekrutteringen av ørret til Oslofjorden. Dette kan kun gjøres gjennom å bedre forholdene for oppgang, gyting og smoltproduksjon i Oslo vassdragene. En av de største trusselfaktorene for sjørreten er nettopp inngrep i vassdragene og vassdragenes økologiske tilstand.

I de siste ti årene har det generelt sett vært en økt innsats internasjonalt for å bedre vannkvalitet i mange urbane elver, spesielt med sikte på å nyetablere anadrome laksefisk (Parrish *et al.*, 1998; DeWaal *et al.*, 1995; Alabaster & Gough, 1986; Prignon *et al.*, 1999). Med implementeringen av EUs vanddirektiv i 2000, et rammeverktøy for å vurdere økologisk tilstand og tiltak i alle vannforekomster, har Norge forpliktet seg til å nå et overordnet mål for vannforekomstene, som betyr god økologisk tilstand innen 2015.

Vurderingene av økologisk tilstand baserer seg på flere biologiske kvalitets-elementer, deriblant fisk og bunndyr (Veileder 01:2009). Vi tar her sikte på å vise forbedringen i økologisk tilstand over tid i vassdragene i Oslo basert på kvalitetselementene fisk og bunndyr. For bunndyr finnes flere indekser som gjør at graden av forurensning eller avvik fra forventet naturlig tilstand kan vurderes, mens det for fisk er under utvikling et klassifiseringssystem for norske forhold som er tenkt benyttet i Vannforskriften (Sandlund *et al.* upubl.). Videre gis eksempler på konsekvenser av utslipp som har ført til fiskedød.

Overvåkingen i vannkvalitet basert på fisk og bunndyr omfatter tilsammen 7 elver, figur 1. Nesten alle har et potensial for å kunne produsere både stasjonær og anadrom laksefisk; laks og sjøørret. Det eneste unntaket her må være Alna, der elvas utløp til fjorden er endret og nå lagt i en c. 2.5 km lang kulvert som munner ut i fjorden flere meter over vannoverflaten.

Langtidsutviklingen i økologisk tilstand for alle vassdragene viser i store trekk samme mønster. Vi har derfor valgt å vise resultatene fra fire elver: Alna, Akerselva og Hoffselva og Lysakerelva. En mer utførlig beskrivelse av tilstand og utvikling i alle elvene er gitt i Saltveit *et al.* (2012).

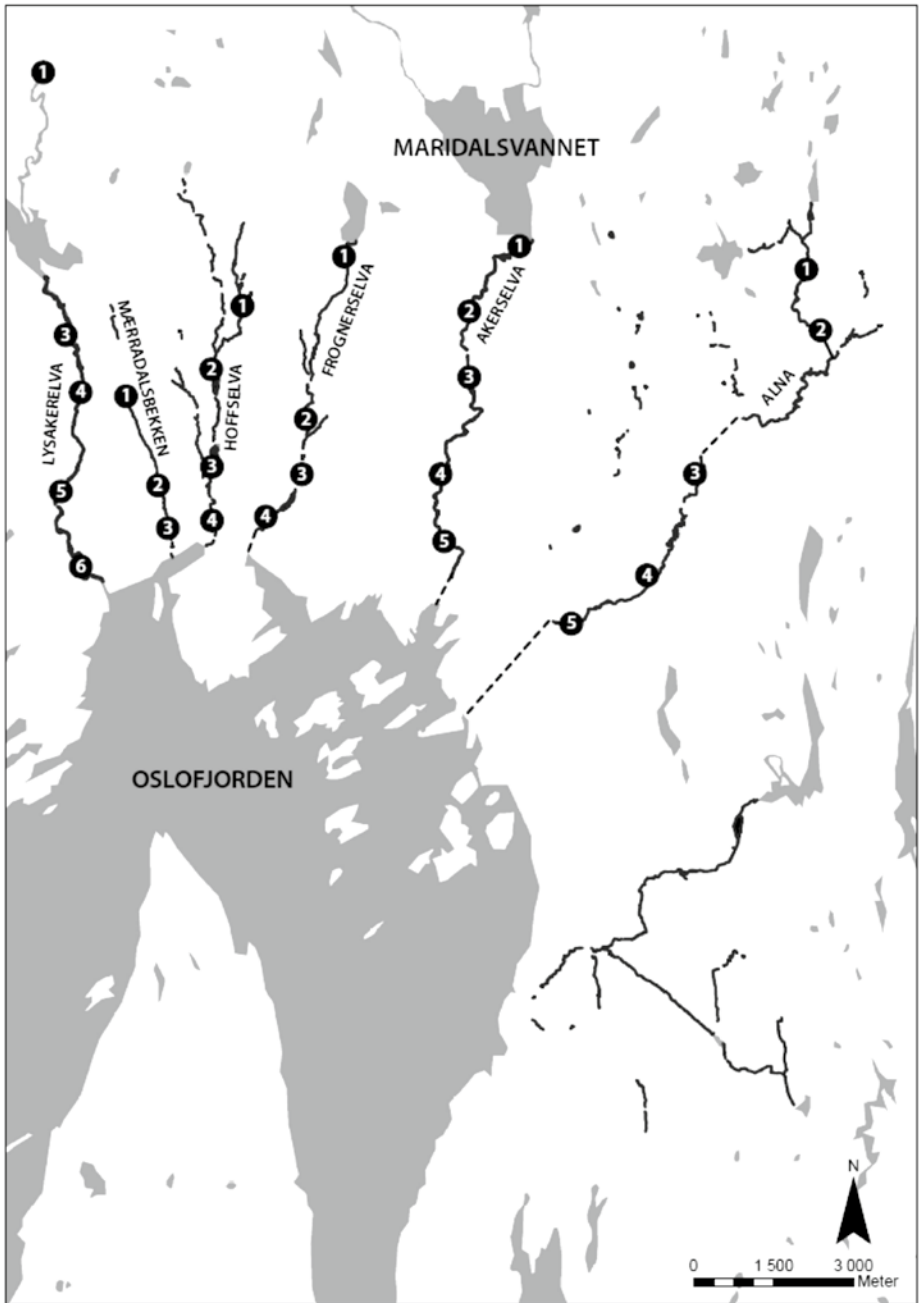
Metodikk

Elvene

Med et nedbørfelt på 178 km², er *Lysakerelva* eller Sørkedalsvassdraget det nest største vassdraget i Oslo, figur 1. Kildene

er Heggelivann og Langlivann, som er drikkevannskilde for henholdsvis Bærum og Oslo. Ved samløp danner elvene Heggelielva og Langlielva Sørkedalselva som først renner i småstryk, senere i rolige slynger ned til Bogstadvannet. Videre nedover kalles den Lysakerelva, som er grenselv mellom Oslo og Bærum kommuner, inntil utløpet i Lysakerfjorden. Lysakerelva renner hovedsakelig i stryk med en del fosser. Elva ble tidligere benyttet til produksjon av vannkraft og hadde noe industri i nedre deler. Ovenfor Bogstadvannet er det hovedsakelig skog og gårdsbruk i nedslagsfeltet. Langs selve Lysakerelva er det boligbebyggelse, men med en viss avstand til elva. Ved Lysaker er elva omgitt av eldre og nyere industri. Totalt 12 fiskearter er påvist, men de dominerende artene er ørret, ørekyt og laks. Laks kan vandre c. 600 meter opp i elva, til Granfossen. Fem stasjoner, hvorav en i Sørkedalselva er undersøkt, figur 1.

Hoffselva er navnet denne elva får etter samløp mellom Holmenbekken og Makrellbekken, figur 1. Holmenbekken dannes ved samløpet av Skådalsbekken og Styggedalsbekken, som drenerer området ved Holmenkollen, Voksenkollen og Vettakollen. Makrellbekken kommer fra Besserudtjernet og drenerer områder ved Holmenkollen og Hovseter. Hoffselva renner ut i sjøen i Bestumkilen. Det er tett boligbebyggelse nedenfor byggegrensene og i de nedre deler finnes blant annet farmasøytisk industri der utslipp har ført til fiskedød, senest høsten 2009 (Saltveit og Brabrand 2009). Ørret er dominerende fiskeart. I tillegg er seks andre



Figur 1. Vassdragene i Oslo og undersøkte lokaliteter.

arter funnet, deriblant laks. Fire stasjoner er undersøkt.

Akerselva har sin kilde i Ølja nord i Nordmarka, og er det største vassdraget i Oslo. Totalt utgjør nedbørfeltet i dag ca. 250 km². Mange av de store vannene i Nordmarka hører med til vassdraget. Vassdraget kalles *Akerselva* nedenfor Maridalsvannet, figur 1, som er Oslos viktigste drikkevannskilde. Elva renner videre gjennom Nydalen, forbi Bjølsen, gjennom Grønland og munner ut i Oslofjorden ved Bjørvika. *Akerselva* har få tilløp: Myrerbekken 1 km nedenfor Maridalsvannet og Hovinbekken som renner inn i *Akerselva* ved Sentralstasjonen.

Alle innsjøene i nedbørfeltet er regulert og Oslo får 80% av drikkevannet fra Maridalsvannet. Ifølge manøvreringsregelementet for *Akerselva* skal det gå minst 1,5 m³ s⁻¹ fra utløpet av Maridalsvannet i perioden 1. april til 31. november, og minst 1,0 m³ s⁻¹ fra 1. desember til 31. mars. I nedbørfeltet nedenfor Maridalsvannet er det betydelig boligbebyggelse, og langs elva ligger det mye industri. *Akerselva* har flere fossefall, og det var disse som var grunnlaget for industrialiseringen langs elva. Nedenfor Grønland er elva nå lagt i kulvert under Oslo S, og det samme er tilfellet for tilløpsbekkenes nedre deler.

Fem stasjoner er undersøkt med jevne mellomrom fra 1976 til 2010. De fleste av de 12 fiskeartene påvises sporadisk. Bare laks, ørret og ørekyt har faste bestander i elva. Laks og sjørret kan vandre opp og gyte på de nederste 2 km, dvs. opp til Nedre Foss.

Med en lengde på 15 km er *Alna* (Loelva) den lengste elva i Oslo. Den drenerer et 55 km² stort nedbørfelt i den nordøstlige delen av Oslo (Lillomarka og Groruddalen), figur 1. Elva renner gjennom sterkt befolkete og industrialiserte Groruddalen i sørvestlig retning. *Alna* ender gjennom en 2,5 km lang kulvert i Oslofjorden ved Kongshavn øst for Hovedøya. De største innsjøene er Alunsjøen (238 m o.h.), Breisjøen (248 m o.h.) og Steinbruvann (256 m o.h.). Flere større og mindre bekker som Fossumbekken, Veitvetbekken og bekken fra Østensjøvannet renner inn i *Alna*. Den øverste delen av *Alna* er relativt hurtigstrømmende. Nedstrøms samløpet med Fossumbekken og ned til Bryn er *Alna* stilleflytende med bunnsubstrat hovedsakelig av sand og mudder. Fra Bryn til sjøen er elva igjen turbulent, med stryk og mindre fosser. Det er mye leire i nedbørfeltet, noe som gjør at vannet fort blir turbid.

Hovedkildene til forurensning er overflateavrenning fra veier og industriområder, kloakklekkasje og lekkasje fra søppelfyllinger. I øverste del har ørret og ørekyt faste bestander. Nedenfor Fossumbekken påvises fisk kun sporadisk, bl.a. abbor som slipper seg ned fra Østensjøvannet. Fem stasjoner er undersøkt, figur 1.

Innsamling

Til innsamling av bunndyr ble sparkeметоден benyttet (Hynes 1961, Frost et al. 1971). Med denne metoden blir de fleste artene som er til stede registrert. Det ble anvendt en håv med åpning 30 x 30 cm

montert på et skaft. Håvens maskevidde var 0,45 mm. Innsamlingstiden var 1/2 minutt pr. prøve, og det ble tatt tre paralleller fra hver stasjon. Alle prøvene ble fiksert med etanol i felt. Bunndyrene ble plukket ut, sortert og bestemt i laboratoriet.

Til fisk ble det benyttet et elektrisk fiskeapparat konstruert av ingeniør Steinar Paulsen, Trondheim. Maksimum spenning er 1600 V og pulsfrekvensen er 80 Hz. På hver stasjon ble en lengde på ca. 30 m overfisket. Stasjoner med mye fisk ble overfisket tre ganger og tettheten av fisk ble beregnet ut fra avtak i fangst (successive removal) (Zippin 1958, Bohlin et al. 1989). Laks og ørret ble delt i to grupper, årsunger (0+) og eldre. Innsamlingene ble foretatt om våren (bunndyr) og høsten (bunndyr, fisk).

Analyser

Det finnes flere indekser som gjør at graden av forurensning eller avvik fra forventet naturlig tilstand kan vurderes. For bunndyr anvender ASPT-indeksen (Average Score per Taxon) toleransegrenser for ulike grupper og arter (Armitage et

al., 1983). Denne indeksen benyttes i vanddirektivet og verdiene går fra 1-10, tabell 1. Grensen mellom god og moderat økologisk tilstand er satt til 6, og verdier over dette er tilstandsmål for alle vassdrag. Dårligere enn god økologisk tilstand krever tiltak (Veileder 01:2009).

Resultater

Lysakerelva

Lysakerelva har generelt sett hatt en høy diversitet av bunndyr fra 1983 til 2005. Økologisk status på de to øverste stasjonene har vært konstant god til svært god, der den øverste helt siden 1990 har hatt verdier som angir naturtilstanden figur 2. I 1983 hadde de tre nederste stasjonene moderat økologisk status, men allerede i 1984 hadde alle stasjonene god økologisk status, en tilstand som har holdt seg i hele perioden. Unntaket er moderat økologisk status målt helt nederst tidlig på 1990-tallet.

Fiskebestanden domineres av ørret og ørekyt ovenfor vandringshinderet ved Granfossen. Nedenfor fossen, som ligger c. 600 m fra elvemunningen, finnes laks. Bestandstettheten av laksunger har økt,

Økologiske tilstand	ASPT
Svært god	> 6.8
God	6 – 6.8
Moderat	5.2 - 6
Dårlig	4.4-5.2
Svært dårlig	< 4.4

Tabell 1. ASPT-verdier basert på bunndyr for å karakterisere økologisk tilstand i elver. Kilde: Direktoratgruppen for gjennomføring av vanddirektivet, 2009. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 01:2009. 181 s.

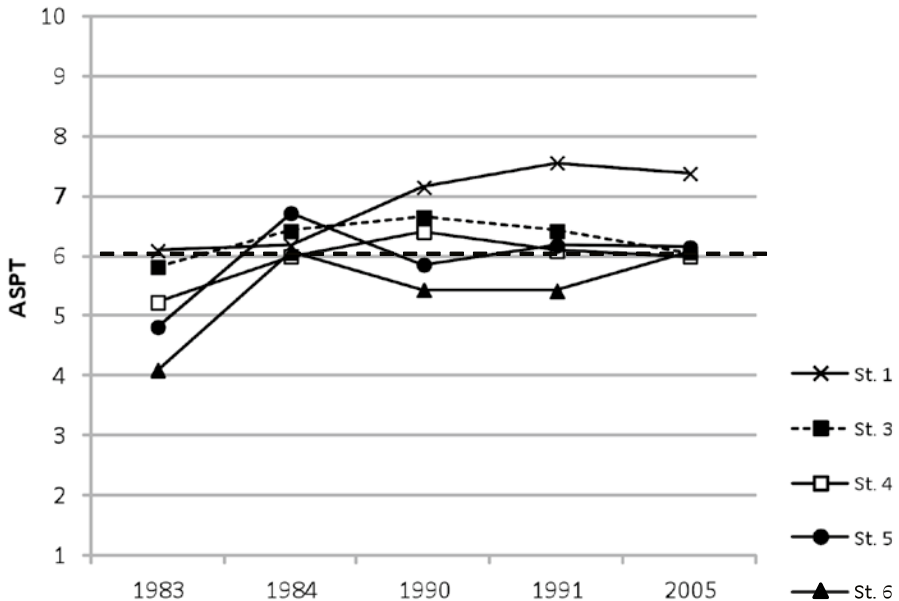
trolig som følge av en fisketrapp i en liten foss nær munningen. Det har ikke vært noen store endringer i sammensetning av fiskebestand i perioden.

Hoffselva

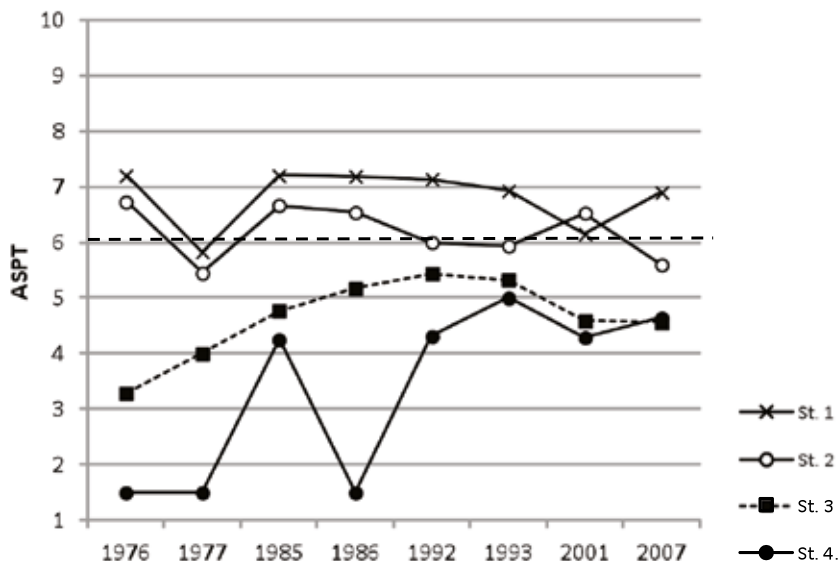
I 1976-77, da den første undersøkelsen ble gjennomført, ble det funnet ørret og ørekyt fra samløp Skådalsbekken og Styggedalsbekken og ned til samløp med Makrellbekken. De nedre deler hadde ikke fisk og det ble påvist lav diversitet av bunndyr. Bunnfaunaen var her dominert av forurensningstolerante arter av fåbørstemark (hovedsakelig *Tubifex*) og fjærmygglarver. Basert på ASPT-verdier og klassegrenser gitt i vanddirektivet hadde de nedre deler da dårlig til svært

dårlig vannkvalitet, figur 3. At ørret ikke ble påvist på øverste lokalitet til tross god vannkvalitet er trolig forårsaket av perioder med lite vann og mangel på overlevelselsesområder. Ved neste innsamling ti år senere, i 1985-86, ble det funnet en økning i artsdiversitet hos bunndyr og en noe forbedret økologisk tilstand på alle stasjoner. Økologisk status var imidlertid fremdeles dårlig til svært dårlig i de nedre deler av elva. Det ble ikke funnet endringer i utbredelsen av fisk.

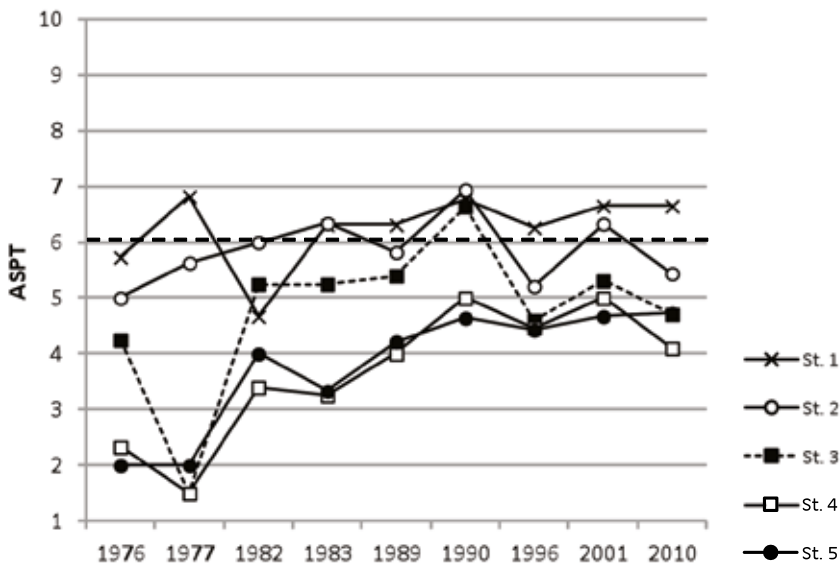
En ytterligere økning i bunndyr diversitet fant sted i 1992-93. Det var en forbedring av økologisk tilstand i de nedre deler som karakteriseres som moderat til dårlig, figur 3. Laks og sjøørret ble nå funnet på den nederste delen og funn av



Figur 2. Utvikling av økologisk status i Lysakerelva om høsten fra 1983 til 2005. Prikket linje angir overgang mellom god og moderat økologisk tilstand.



Figur 3. Utvikling av økologisk status i Hoffselva om høsten fra 1976 til 2007. Prikket linje angir overgang mellom god og moderat økologisk tilstand.



Figur 4. Utvikling av økologisk status i Akerselva om høsten fra 1976 til 2010. Prikket linje angir overgang mellom god og moderat økologisk tilstand. Data fra 2010 er fra Bækken et al. (2011a).

årsunger (0+) av både ørret og laks viste vellykket gyting. I tillegg ble det funnet ørekyt på nederste stasjon. En reduksjon i økologisk tilstand fant sted i 2001 og 2007 på alle stasjoner og fravær av laks i nedre del tyder på at forholdene i vassdraget er forverret.

Akerselva

I 1976-1977 var utbredelsen av fisk, ørekyt og ørret, begrenset til øverste stasjon nær utløpet fra Maridalsvannet. Den økologiske tilstanden var også god til moderat øverst i elva, mens den økologiske status videre nedover ble vurdert svært dårlig, figur 4. Bunnfaunaen var svært lite variert, og besto nederst i elva bare av arter som tåler sterk forurensning, som fåbørstemark (*Tubifex*) og fjærmygg-larver.

Helt på begynnelsen av 1980-tallet indikerte bunnfaunaen en viss forbedring i økologisk tilstand. Dette var mest fremtredende i midtre del, som nå hadde moderat økologisk tilstand, men den økologiske tilstanden nederst i elva var fremdeles dårlig. Ørret var begrenset til øverste del helt på begynnelsen av 1980-tallet, mens ørekyt ble funnet på hele elvestrekningen, tabell 2. Utover på 1980-tallet var det imidlertid en gradvis

økning i økologisk tilstand nedover elva. Akerselva hadde i 1989-90 god økologisk tilstand øverst, men moderat til dårlig nederst. I 1989 ble både ørret og ørekyt funnet i hele elvas lengderetning, tabell 2.

Forsøk med utsetting av laks i Akerselva som smolt ble første gang gjort i 1981 (Borgstrøm, pers.medd.). Gjenfangster ble gjort i Akerselva de to påfølgende år, men vellykket gyting ble ikke dokumentert. I 1984 ble det satt ut årsunger av laks i nedre del. Disse overlevde og viste god vekst. På slutten av 1980-tallet vandret voksne laks og sjørret opp til Nedre Foss i Akerselva, og det ble nå dokumentert naturlig reproduksjon. Laksunger ble også satt ut ovenfor Nedre Foss.

Etter 1996 har det imidlertid ikke vært noen ytterligere økning i diversitet eller bedring i økologisk status, snarere en nedgang, figur 4. I 2010 var økologisk tilstand dårligere eller tilsvarende den som ble beregnet tidlig på 1980-tallet. Ørret og ørekyt finnes fremdeles i hele elvas lengderetning, men det har vært en dramatisk nedgang i fisketetthet og i fangstene av laks og sjørret. Eksempelvis kan det nevnes at det i 1995 ble fanget henholdsvis 477 og 263 kg laks og sjørret,

Periode	1976 - 77				1982 - 83				1989 - 90				1996				2001				2010														
Stasjon	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
Ørret	X					X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Laks											x	x	x	x	X		x	x	X			x	x	X	x						x				
Ørekyt	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					

Tabell 2. Dominerende fiskearter i Akerselva og deres utbredelse fra 1976 to 2010. Laks påvist ovenfor stasjon 5 er fra utsettinger. Data fra 2010 fra Bækken et al. (2011a).

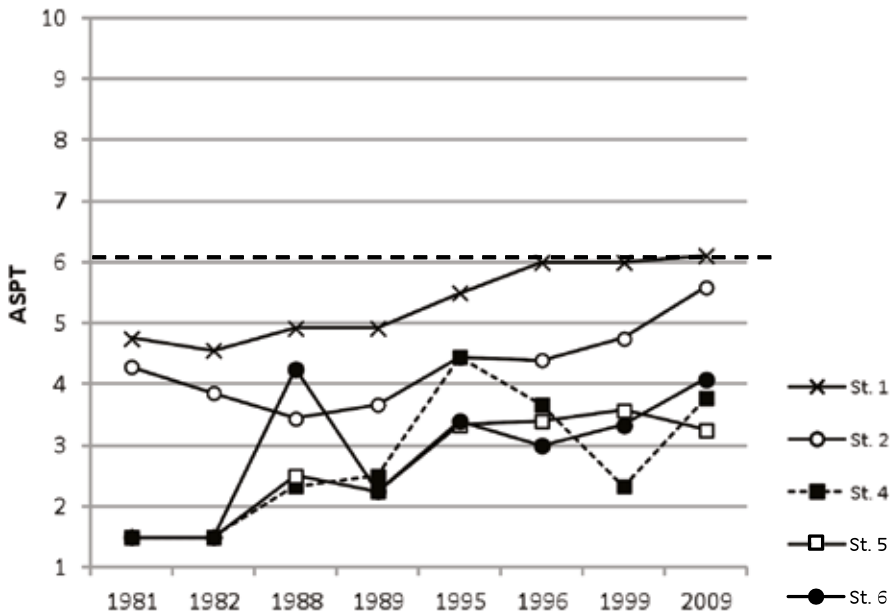
mens fangsten i 2010 kun var 1 kg av hver art.

Dersom tilstanden i 2010, med data på fisk fra Bækken *et al.* 2011a, vurderes på grunnlag av den nylig utviklede fiskeindeksen (Sandlund *et al.* upubl.), klassifiseres økologisk tilstand på anadrom strekning som meget god. Dette er en langt bedre tilstand enn den som fremkommer for elva basert på bunndyr, men det kan skyldes at det settes ut fisk i Akerselva.

Alna

På begynnelsen av 1980-tallet var ørret eneste påviste fiskeart i Alna, med en utbredelse begrenset til øverste del. Den

økologiske tilstanden basert på bunndyr var dårlig til svært dårlig figur 5. Det var en svak forbedring i økologisk tilstand på slutten av 1980-tallet, men tilstanden må fremdeles i henhold til vanddirektivet karakteriseres som dårlig. Selv om tilstanden var dårlig ble ørekyt funnet på de to øverste stasjonene. En ytterligere svak forbedring i økologisk tilstand fant sted utover på 1990-tallet og det ble gjort sporadiske funn av ørret i de midtre deler av elva. Imidlertid er det bare i øverste del at det oppnås god økologisk tilstand (1996). Resten av Alna har fremdeles dårlig til svært dårlig tilstand. I 2009 var økologisk tilstand fremdeles god øverst, en forbedring til moderat på stasjon 2,



Figur 5. Utvikling av økologisk status i Alna om høsten fra 1981 til 2009. Prikket linje angir overgang mellom god og moderat økologisk tilstand. Data fra 2010 er fra Bækken *et al.* (2010).

mens resten av elva, dvs. de midtre og nedre deler, forblir dårlig til svært dårlig. Det er ingen endringer i utbredelse av fisk etter 1996.

Kommentarer

Av vassdragene i Oslo er det Lysakerelva som klart skiller seg ut. Denne har klart best økologisk status av samtlige elver, og må kunne vurderes som referanse for å kunne vurdere forventet naturtilstand i elvene i Osloområdet og som utviklingen i de andre elvene kan måles mot.

Siden Lysakerelva ble undersøkt første gang (1983-84), har det vært små endringer i økologisk tilstand, som stort sett har vært god til svært god. Moderat økologisk tilstand enkelte år helt nederst tilskrives påvirkning av sjøvann. Det har heller ikke her vært store endringer i fiskefaunaen som domineres av ørret og ørekyt, mens laks er tallrik og med økende tetthet nedenfor vandringshinderet ved Granfossen.

Basert på den nylig utviklede fiskeindeksen (Sandlund *et al.* upubl.), klassifiseres økologisk tilstand på anadrom strekning som meget god, mens den ovenfor klassifiseres som god.

Resultatene viser at det har vært en betydelig forbedring av vannkvaliteten i de fleste bekkene og elvene i Oslo, slik at laks, sjøørret og stasjonær ørret nå er tilbake i de fleste elvene. Ofte er det imidlertid slik at det i urbane elver som er restaurert, men som renner gjennom industriområder, alltid vil være en fare for tilbakeslag i form av kraftige episoder med utslipp som resulterer i fiskedød og til midlertidige ofte store endringer i

bunnfauna. Etter at elvene generelt sett har blitt levelige for fisk, har det imidlertid vært flere utslipp med fiskedød som konsekvens. De langsiktige effektene av slike utslipp på bunndyr er relativt små, og stort sett er tilstanden i bunnfaunen tilbake til opprinnelig nivå etter relativt kort tid. Fiskefaunaen bruker imidlertid lengre tid på reetablering. De fleste utslippene har forekommet i Akerselva, men bort i mot alle elvene har vært berørt av episodiske utslipp.

Før fiskedøden i Akerselva våren 2011, var episoden i oktober 1986 den verste. Forurensningskilden var ikke kjent, men død fisk ble observert fra midtre del og ned til sjøen. Ved å bruke sammensetningen av bunndyr som indikator ble kilden til utslippet sporet til en kulvert som drenerte en gårds plass på en kjemisk bedrift (Brittain og Saltveit, 1988). Med fisk til stede i elvene, vil død fisk gjøre det lettere å oppdage de som bruker vassdragene til å kvitte seg med giftig avfall. Dersom "synderen" ikke tilstår, vil kilden kunne spores gjennom bruk av bunndyr. Etter at kilden til flere slike utslipp er blitt sporet, er det mer sjeldent at bedrifter nå kvitter seg med giftig avfall til elvene. Imidlertid forekommer fremdeles fiskedød som følge av utslipp, men da oftest forårsaket av uhell slik som fiskedøden i Akerselva våren 2011.

I mars 2011 førte et uhell til at det ble sluppet ut 6000 L 15 % NaOCl fra renseanlegget for drikkevann fra Maridalsvannet til øverste del av Akerselva. Hele elva ble altså forurenset, noe som førte til en nærmest total utryddelse av fiske-

bestanden (Bækken et al. 2011b). Vinterlevende bunndyr ble også sterkt berørt. Etter utslippet var antall og diversitet kraftig redusert, sammenlignet med slik bunnfaunaen var høsten før utslippet. Sommerbestandene av bunndyr ble mindre berørt, siden den stort sett befant seg på eggstadiet under selve utslippet.

Det ble gjort en vurdering av hvilken effekt utslippet hadde for laksebestanden i elva på sikt. Laksen i Akerselva tilbringer to år i elva før den vandrer ut i havet som smolt. Voksen gytelaks er enten fisk som har stått i sjøen i ett år (1-SW) eller to år (2-SW). Laksen i Akerselva gyter sent på høsten. Før utslippet våren 2011 var det derfor to årsklasser på elva og to årsklasser i sjøen. I tillegg var det rogn i elvegrusen nedenfor Nedre Foss fra gyting høsten 2010. Etter utslippet ble det fortsatt funnet levende lakserogn i gyte-gropene.

Den umiddelbare og synlige skaden av utslippet på laks var derfor et tap av de to årsklassene som var til stede i elva. Tap av to årsklasser vil være synlige i flere år

fremover, men siden det befant seg voksen laks i sjøen og rogn i elva vil bestanden relativt hurtig bygge seg opp. Effekten vil være mest synlig i 2013. Under forutsetning av at all laks på elv døde, vil det ikke bli produsert fisk fra naturlig gyting i elva høsten 2013, fordi all gytefisk døde på elva, tabell 3. Også 2017 vil gjenspeile en effekt, grunnet fravær av gytefisk i 2013. Det vil også være færre gytefisk i 2012, 2014 og 2018.

Basert på naturlig reproduksjon, vil tetthet av årsunger i 2011 og tetthet av laksunger (årsunger og 1+) i 2012, være normal, kanskje også i 2013, tabell 3. Effekten på laksungene vil først komme i 2014, da det ikke vil være 0+ tilstede (ingen gytefisk i 2013) og i 2015 med ingen 1+ fra den stede-gne bestanden av laks.

Til tross for forurensningsepisodene har det vært en klar forbedring av den økologiske tilstanden i Oslovasdragene siden 1970-tallet som følge av tiltak iverksatt av Vann- og avløpsetaten og at det er redusert industriell virksomhet langs vassdragene. Imidlertid har ikke de

	Livssyklusstadier							
	1SW	2SW	EGG	0+	1+	SMOLT	1SW	2SW
2010				2010				
2011	i sjø ved utslippstidspunkt			2011	2011	2011	2011	
2012				2012	2012	2012	2012	2012
2013				2013	2013	2013	2013	2013
2014				2014	2014	2014	2014	2014
2015				2015	2015	2015	2015	2015
2016				2016	2016	2016	2016	2016
2017					2017	2017	2017	2017
2018						2018	2018	2018
2019							2019	2019
2020								2020

Tabell 3. Effekt over tid på ulike livssyklusstadier hos laks som følge av fiskedød i mars 2011. De ulike generasjoner (kohort) er gitt forskjellig skravering. Svart skravering viser de generasjonene som døde i 2011 eller som senere vil ha svake årsklasser som følge av fiskedøden.

ulike tiltakene som er gjennomført de 20-30 siste årene gitt en økologisk tilstand i vassdragene som er på et tilfredsstillende nivå. Det synes som om tilstanden har stabilisert seg på det nivå som er mulig ut fra de til nå iversatte tiltak. Bynære vassdrag påvirkes av en rekke andre faktorer som har konsekvenser for biologisk mangfold. Nevnes kan avrenning fra veier og gårdsrom, lekkasje fra gamle fyllinger, forurenset bunnsubstrat, anleggsvirksomhet og ikke minst utslippsepisoder. Noen av disse kan begrenses gjennom enkle tiltak, mens andre vil kreve mer omfattende og kostbare tiltak.

Tilstandsvurdering og klassifisering av urbane elver vil derfor ofte by på problemer og disse elvene blir også stort sett sammenlignet og vurdert opp mot tilstand i mer landlige elver. Dette til tross for at det må forventes en annen faunasammensetning som følge av fysiske inngrep og habitatforhold; mangel på steinbunn og lave vannhastigheter. Dette gir en lavere økologisk status selv i "rene" urbane elver.

I forbindelse med vanndirektiver brukes bunndyr for å sammenligne vannkvalitet i vassdrag over hele Europa (Bennett *et al.*, 2011). Fisk er også et viktig element, spesielt i urbane elver, da de også vil fungere som en lett synlig indikasjon på endringer over tid, artssammensetning og utslippsepisoder, fiske-død. Tidsaspektet er også av stor betydning og bortsett fra noen få vassdrag har det ikke vært langtidsovervåking i forhold til vassdragstiltak i urbane strøk (Paul & Meyer, 2001). På grunn av end-

ringer i økologiske status over tid som klart vist i Oslovassdragene, er det påkrevd med overvåking over tid. Gjennom overvåking over de siste 40 årene er det klart dokumentert en vesentlig forbedring i vannkvalitet som respons på gjennomførte tiltak. Det er også klart at forbedringene har stoppet opp og en ytterligere økning i økologisk status er avhengig av nye tiltak.

Takksigelse

Overvåking av Oslovassdragene ble satt i gang etter initiativ fra Vann- og avløpsetaten, og vi er takknemmelige for deres fremsyn, økonomisk bidrag og for tilgangen til vannkjemiske data fra overvåkingsprogrammet. Professor Reidar Borgstrøm takkes for å ha startet opp overvåkingsprogrammet i Oslovassdragene. Vi takker også for bistand fra Henning Pavels og Finn Smedstad, både i felt og på laboratoriet og fra Torbjørn Dallengren, Vann- og avløpsetaten, som utarbeidet kartet over vassdragene. Forskningsprogrammet BIOCLASS-FRESH, finansiert av Norges forskningsråd, ga midler til å sammenfatte disse overvåkingsdataene.

Referanser

Alabaster JS, Gough PJ, 1986. The dissolved oxygen and temperature requirements of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the Thames estuary. *Journal of Fish Biology* **29**: 613-621.

Armitage PD, Moss D, Wright JF, Furse MT. 1983. The performance of a new biological water quality score system

- based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Research* **17**: 333-347
- Bennett C, Owen R, Brik S, Buffagni A, Erba S, Mengin N, Murray-Bligh J, Ofenböck G, Pardo I, van de Bund W, Wagner F, Wasson J-G. 2011. Bringing European river quality into line: an exercise to intercalibrate macro-invertebrate classification methods. *Hydrobiologia* **667**: 31-48.
- Bohlin T, Hamrin S, Heggberget TG, Rasmussen G, Saltveit SJ. 1989. Electro-fishing-Theory and practice with special emphasis on salmonids. *Hydrobiologia* **173**: 9-43.
- Brittain JE, Saltveit SJ. 1988. A fish-kill in the river, Akerselva, Oslo, Norway: the use of benthos and fish to trace the source of pollution. *Fauna norvegica Serie A* **9**: 37-42.
- Bækken T, Rustadbakken A, Haugen T, Eriksen TE. 2010. Vurdering av økologisk tilstand i Osloelvene. Bunndyr og fisk i Alna, Frognerelva, Sognsvannsbekken og Gaustadbekken vår og høst 2009. *Niva- Rapport 5930-2010*.
- Bækken T, Bergan M, Eriksen TE, Lund E. 2011a. Vurdering av økologisk tilstand i Osloelvene. Bunndyr og fisk i Akerselva og Hovinbekken vår og høst 2010. *Niva- Rapport 6107-2011*.
- Bækken T, Rustadbakken A, Eriksen TE. 2011b. Biologiske effekter ved utslipp av natriumhypokloritt i Akerselva. *Niva- Rapport 6136-2011*
- DeWaal LC, Large ARG, Gippel CJ, Wade PM. 1995. River and floodplain rehabilitation in western Europe: opportunities and constraints. *Arkiv für Hydrobiologie Suppl. 101 – Large Rivers* **9**: 679-693.
- Enerud, J. og Lund, K. 1999. Registrering av sjøørretvassdrag i Oslo og Akershus, 1996-97. Rapp. Miljøvernvedelingen, Fylkesmannen i Oslo og Akershus, 1/1999, 87s.
- Frost S, Huni A, Kershaw WE. 1971. Evaluation of a kicking technique for sampling stream bottom fauna. *Can. J. Zool.* **49**: 167-173.
- Hynes HBN. 1961. The invertebrate fauna of a Welsh mountain stream. *Arkiv für Hydrobiologie* **57**: 344-388.
- Parrish DL, Behnke RJ, Gephard SR, McCormick SD, Reeves GH. 1998. Why aren't there more Atlantic salmon (*Salmo salar*)? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **55** (Suppl. 1): 281-287.
- Paul MJ, Meyer JL. 2001 Streams in the urban landscape. *Annual Review of Ecology and Systematics* **32**: 333-365.
- Prignon C, Micha JC, Rimbaud G, Philippart JC. 1999. Rehabilitation efforts for Atlantic salmon in the Meuse basin area: Synthesis 1983-1998. *Hydrobiologia* **410**: 69-77.
- Saltveit SJ, Brabrand Å. 2009. Fiskedød i Hoffselva, Oslo kommune. *Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske*, Oslo, 274, 12 s.

Saltveit SJ, Brittain JE, Bremnes T, Brabrand Å, Bækken T. 2012. The return of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and increased macroinvertebrate diversity in urban rivers in Oslo, Norway, as a result of improvements in water quality over the last 30 years. *River Research and Applications* 28: 00-00.

Sandlund OT, Bergan MA, Brabrand Å, Diserud OH, Fjeldstad H-P, Halleraker JH, Hegge O, Helland IP, Hesthagen T, Pulg U, Rustadbakken A, Sandøy S. Upublisert. Klassifiseringssystem for fisk i Vannforskriften.

Zippin C. 1958. The removal method of population estimation. *Journal of Wildlife Management* 22: 82-90.