

Konsekvenser av vannføringsendringer og lave vannføringer på biologiske forhold i Akerselva

Svein Jakob Saltveit og Åge Brabrand



Denne rapportserien utgis av:

Naturhistorisk museum
Postboks 1172 Blindern
0318 Oslo

www.nhm.uio.no

Publiseringsform: Trykket og elektronisk (pdf)

Forfattere: Svein Jakob Saltveit og Åge Brabrand

Sitering:

Saltveit, S.J og Brabrand, Å. 2016. Konsekvenser av vannføringsendringer og lave vannføringer på biologiske forhold i Akerselva. Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo, Rapport nr. 55, 36s.

ISSN nr. 1891-8050

ISBN nr. 978-82-7970-074-6

Naturhistorisk museums rapportserie:

<http://www.nhm.uio.no/forskning/publikasjoner/rapporter/>

LFI rapporter fra 1970 til 2010 finnes på:

<http://www.nhm.uio.no/forskning/publikasjoner/lfi-rapporter/>

<http://www.nhm.uio.no/forskning/grupper/lfi/index.html>

Forsidebilde: Akerselva ved Vulkan; foto: Terje Wold

Alle foto i rapporten: Terje Wold

Konsekvenser av vannføringsendringer og lave vannføringer på biologiske forhold i Akerselva

Svein Jakob Saltveit og Åge Brabrand

Antall sider og bilag: 36 sider		Tittel: Konsekvenser av vannføringssendringer og lave vannføringer på biologiske forhold i Akerselva	
Rapportnummer: 55	Gradering: Åpen	Prosjektleder: Svein Jakob Saltveit	Prosjektnummer: 280177
ISSN: 1891-8050	Dato: 2016-06-30	Oppdragsgiver: Oslo kommune, Vann- og avløpsetaten	
ISBN: 978-82-7970-074-6		Oppdragsgivers referanse: Anna-Lena Beschorner	

Sammendrag:

Maridalsvannet er Oslos viktigste drikkevannskilde, og som en følge av dette er utløpselva Akerselva regulert og har en minstevannføring som måles og slippes ved utløpet av vannet. Minstevannføringen er $1,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ om sommeren og $1,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ om vinteren. I ekstraordinære tilfeller, f.eks. ved lite vann i Maridalsvannet, er det anledning til å gå ned til $0,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. I de senere år er det kommet kritikk på at reguleringen og vannstandsvariasjonene i Akerselva kan ha negative konsekvenser for fisk. Konsekvensene knyttes både til økning og til reduksjon i vannføring og til selve hastigheten på endringene. Mye av kritikken knyttes til stranding av fisk ved reduksjoner i vannføring.

Etter oppdrag fra Oslo kommune ved Vann- og avløpsetaten er det derfor gjort en vurdering av manøvreringen for å kunne manøvrere vannføringen slik at konsekvenser for de biologiske forholdene blir minst mulig. Viktige spørsmål som ønskes belyst er hastighet på økning og reduksjon i vannføring ved endringer i henhold til manøvreringsreglementet, eller når vannstanden i Maridalsvannet må justeres i perioder med mye nedbør eller ved snøsmelting. Videre er det et ønske å få vurdert hvor langt ned vannføringen kan reduseres i ekstremt tørre år før skadene på det biologiske livet blir omfattende. Det er ikke utført undersøkelser i Akerselva som grunnlag for konsekvensvurderingene.

Grunnlagsdata for vurderingene er beregninger av ulike hydrauliske og hydrologiske forhold gjennomført av Norconsult. Valgte parametere er bredde på elv, vanndekket areal, vanddyb og vannhastighet. Videre er det gjennomført målinger av hvor hurtig vannstanden synker på to steder i Akerselva ved åtte ulike reduksjoner i vannføring; ved utløp Maridalsvannet og nederst ved Vestre Elvebakke. Arealendring og hastighet på de ulike endringene i vannføring, er grunnlag for vurderingen av stranding. Stranding er imidlertid først en problemstilling når vannføringen reduseres og elvearealer tørrlegges.

Biologiske konsekvenser knyttes til tre ulike scenarier hva angår endringer og manøvrering av vannføring; 1) Fastsatt prosedyre for reguleringen av vannføringen 2) Overgang fra sommer- til vintervannføring og 3) Endringer knyttet til lavere vannføring enn minstevannføring.

Før konsekvensen av de tre ulike scenariene vurderes, beskrives variasjonen i de valgte parametere ved ni ulike modellerte vannføringer. Resultatene viser at bredde på elv eller vanndekket areal først reduseres når vannføringen blir lavere enn ca. $3,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Det er derfor bare fra $3,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ og ned til sommer- eller vintervannføringen at vannføeringsreduksjon vil tørrlegge arealer, og at hastigheten på senkningen er en aktuell problemstilling knyttet til risiko for stranding av fisk.

1) Ved fastsatt prosedyre for vannføeringsreduksjon er en reduksjon i vannføring vurdert ikke å gi stranding av fisk mellom Maridalsvannet og Brekkedammen, grunnet ingen endring i vanndekket areal. Fisk vil ikke strande ved reduksjon fra $3,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ nedenfor Brekkedammen pga. liten arealendring og fordi reduksjonen skjer langsomt.

2) Ved overgang fra sommer- til vintervannføring (1. november) er arealendringene svært små og senkningen slik den praktiseres i dag skjer for hele elva langsommere enn anbefalt senknings-

hastighet. I de nedre deler er senkingen langsommere enn den høyeste som ansees som akseptabel for å eliminere stranding på strandingsutsatte lokaliteter. Det er derfor vurdert at en overgang fra sommer- til vintervannføring ikke fører til stranding av fisk eller økt dødelig hos laks og ørret. Senkningen i vannføring medfører heller ikke tørrlegging av gytegroper.

3) Endringer knyttet til lavere vannføring enn minstevannføring, dvs. reduksjoner i vannføring fra $1,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, medfører betydelige endringer i elvebredde med påfølgende tørrlegging av strandnære områder. Imidlertid synker vannstanden svært langsomt, og reduksjon i vannføring lavere enn minstevannføring fører derfor *ikke* til økt dødelig hos laks og ørret som følge av stranding. Ved vannføring lavere enn $0,75 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ er det imidlertid store endringer i elvebredde, vanndekket areal, vannhastighet og dyp, noe som vil redusere det produktive areal og kvaliteten på oppvekst-områdene. Sand og silt kan redusere eggoverlevelse i gytegroper og det anbefales at vannføringer lavere enn $0,75 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ikke tillates.

Forord

Det meste av drikkevannet til Oslo kommer fra Maridalsvannet og som en følge av dette er utløpselva Akerselva regulert. Minstevannføringen i Akerselva måles og slippes ved utløpet. I de senere år er det kommet kritikk på at reguleringen og vannstandsvariasjonene av Akerselva har negative konsekvenser for fisk. Etter oppdrag fra Oslo kommune, Vann- og avløpsetaten (VAV), har Laboratorium for ferskvannsøkologi og innlandsfiske (LFI) ved Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo foretatt en gjennomgang av mulige biologiske konsekvenser ved endringer i vannføringer i Akerselva i Oslo.

Oslo 30. juni 2016

Svein Jakob Saltveit

Innhold

1.	INNLEDNING	9
1.1	MINSTEVANNFØRING OG MANØVRERING	10
1.2	BIOLOGISKE FORHOLD	11
1.3	FISKENS KRAV TIL OPPVEKSTOMRÅDE, HABITAT	11
2.	METODIKK	12
2.1	OMRÅDEBESKRIVELSE	12
2.2	GRUNNLAGSDATA.....	13
3.	RESULTATER OG KOMMENTARER.....	15
3.1	BREDDE PÅ ELV	16
3.2	VANNDYP.....	19
3.3	VANNHASTIGHET	20
3.4	VANDEKKET AREAL.....	21
3.5	HASTIGHET PÅ REDUKSJON I VANNFØRING	23
	Senkningshastighet.....	23
3.6	EFFEKTER KNYTTET TIL ENDRINGER OG MANØVRERING AV VANNFØRING	25
	Fastsatt prosedyre for reguleringen av vannføringen	26
	Fra sommervannføring til vintervannføring	26
	Forhold knyttet til gyting og gytegroper.....	27
3.7	VANNFØRINGER LAVERE ENN MINSTEVANNFØRING	28
	Elvebredde	28
	Vandeckket areal.....	29
	Vannndyp	30
	Vannhastighet.....	31
	Senkningshastighet og strandingsrisiko.....	32
3.8	HASTIGHET PÅ ØKNING I VANNFØRING	33
3.9	VARIASJONER I VANNFØRING	34
4.	KONKLUSJON	34
5.	REFERANSER	35

1. Innledning

I de senere år er det kommet kritikk på at reguleringen og vannstandsvariasjonene av Akerselva har negative konsekvenser for fisk. Oslo kommune ved Vann- og avløpsetaten ønsker derfor en vurdering av manøvreringen og hvilke konsekvenser dette har for biologiske forhold i elva. Dette ønskes belyst for å kunne manøvrere vannføringen slik at negative konsekvenser blir minst mulig.

De negative konsekvenser for fisk som knyttes til manøvreringen relateres både til økning og reduksjon i vannføring og til selve hastigheten på endringene. Viktige spørsmål som ønskes belyst dreier seg om hvor fort vannføringen kan settes opp eller ned når vannføringen skal endres i henhold til manøvreringsreglementet, eller når vannstanden i Maridalsvannet må justeres i perioder med mye nedbør eller ved snøsmelting. Videre er det et ønske å få vurdert hvor langt ned vannføringen kan settes i ekstremt tørre år før skadene på det biologiske livet blir omfattende.

Det er ikke utført undersøkelser i Akerselva som grunnlag for denne konsekvensvurderingen. Vurderingene baserer seg på undersøkelser i andre elver, i hovedsak regulerte elver, og da spesielt fra elver med såkalt «effektkjøring», et begrep som refererer til variabel drift i vannkraftverk.

Effektkjøring er raske, hyppige og kortsiktige operasjonelle endringer driftsmønster av kraftstasjoner og fører til unaturlig raske og hyppige endringer av vannstand og vannføring på elvestrekninger nedstrøms kraftverksutløpet. Endring i vannføring og vannstand vil variere i størrelse (amplitude), hvor raskt endringen inntreffer (hastighet) og hvor hyppig endringene forekommer (frekvens) (Bakken et al. 2016). Det må skilles mellom stigning og senkning, fordi miljøvirkningene vil være ulike. For eksempel kan rask stigning av vannstanden føre til drift av bunndyr, mens rask senkning kan forårsake hurtig tørrlegging av deler av elvebunnen med påfølgende stranding av organismer, f.eks. fisk, noe som vurderes som et hovedproblem ved effektkjøring. Videre vil økningene og senkningene endres nedover i vassdraget. En typisk «effektkjøringsbølge» dempes nedover vassdraget og endringshastigheten både ved stigende og synkende vannføring/vannstand reduseres med avstand fra kraftverk eller demning.

Det er viktig å skille mellom *vannføring* og *endring i vannføring*. Vannstandsvariasjonene kan karakteriseres etter størrelsen på endringen, hastigheten og hvor ofte endringene inntreffer. Så har det betydning når på døgnet og årstiden variasjonene inntreffer. Konsekvensen er størst når endringene er raskere enn det som følger av naturlig variasjon. De største konsekvensene inntreffer ved hurtige reduksjoner i vannføring. Slike reduksjoner kan føre til dødelighet hos fisk som følge av stranding og kan være en av årsakene til reproduksjonsvikt hos laks og ørret i enkelte regulerte elver.

Akerselva har en lav minstevannføring som ofte er stabil over tid. En redusert vannføring gir flere direkte og indirekte konsekvenser for fisk, der flere forhold forsterkes i byvassdrag. Redusert vannføring og stabil lav vannføring kan gi innefrysing av rogn og plommeseekyngel

(«alevins»). Videre øker sedimenteringen og temperaturforholdene kan endres. Tilførsler fra restfeltet får relativt sett større betydning og forsterker effekter av faktorer knyttet til urbanisering som vannkvalitet, kortvarige utslipp, gravearbeider og avrenning fra flater. I Akerselva er også utsetting av laks og ørret en faktor som gjør det vanskelig å vurdere årsaker til endringer i bestandsforhold siden dette bl.a. fører til økt konkurranse mellom utsatt og naturlig reprodusert fisk.

Rapporten tar sikte på å gi en vurdering av de biologiske konsekvensene for fisk ved dagens manøvrering.

1.1 Minstevannføring og manøvrering

Vann- og avløpsetaten regulerer vannføringen i Akerselva ved Maridalsdammen i utløpet av Maridalsvannet. Minstevannføringen i Akerselva måles og slippes ved utløpet og minstevannføringen er $1,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ i perioden 1. april til 31. oktober (sommervannføring) og $1,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ fra 1. november til 31. mars (intervannføring). I ekstraordinære tilfeller, f.eks. ved lite vann i Maridalsvannet, er det anledning til å gå ned til $0,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Enkelte år, for eksempel i tørråret 1996, ble det derfor sluppet mindre vann i elva enn $1,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (Bremnes og Saltveit 1997). Med unntak av en kort periode på høsten, var vannføringen dette året lavere enn den pålagte minstevannføringen.

Akerselva har en markert vårflom i april-mai, og vanligvis en flom sent på høsten. I gjennomsnitt er størrelsen på disse flommene små, mens de enkelte år kan være betydelige. Videre vil vannføringen i Akerselva måtte økes ved stort tilsig til Maridalsvannet, f.eks. i forbindelse med snøsmelting eller ved mye nedbør. Etter en slik økning reduseres vannføringen ned til minstevannføring etter en fastsatt prosedyre.

Denne prosedyren er laget for å gjøre det lettere for bunndyr, kreps og fisk å flytte seg ut fra de områdene som blir tørrlagt når vannføringen blir redusert. Når vannføringen er «høy» reduseres vannføringen i trinn på maksimalt $5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ned til $5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Fra $5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ og ned til tillatte minstevannføring er det angitt to prosedyrer, en om sommeren ned til $1,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ og en om vinteren, ned til $1 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

Vannføringsnivåer:

Sommer	Vinter
$5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$	$5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$
$3,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$	$3,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$
$2,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$	$2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$
$1,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$	$1 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$

Reduksjonen utføres rent praktisk mellom hvert intervall på minimum 3 timer om sommeren og minimum 12 timer om vinteren ved dammen ved Maridalsvannet. Hastigheten på nedtappingen avtar i praksis nedover elva fordi «pulsene» flates ut med økende avstand fra Maridalsvannet.

I Akerselva er det ikke snakk om «effektkjøring». Endringene i vannføring har også en mindre amplitude (størrelse) og de inntreffer langt sjeldnere (lavere frekvens). Imidlertid vil erfaringer og kunnskap om biologiske effekter fra elver med effektkjøring være overførbare til Akerselva, og er derfor benyttet i denne vurderingen.

Styrende vannføring for produksjon av fisk og næringsdyr i Akerselva er den tillatte minste-vannføringen. Endringer i vannføring og manøvrering og konsekvenser av disse sees derfor i forhold til minste-vannføringen.

1.2 Biologiske forhold

Akerselva har en bunnfauna som tidligere var preget av en til dels forenklet fauna i forhold til den forventete, naturlige faunaen som finnes i lavereliggende vassdrag på Sør-Østlandet (Saltveit et al. 2012). Hovedårsaken til dette var tilførsel av organisk forurensning i form av tilsig av kloakk. Ulike tilførsler av toksiske stoffer har også hatt betydning. Det har vært en klar bedring i vannkvalitet i elva, og rentvannsarter fra grupper som steinfluer, døgnfluer og vårfluer påvises på hele elvestrekningen. Imidlertid er enkelte tilbakeslag påvist, pga. utslipp, men også som følge av ekstremt lave vannføringer (se Bremnes og Saltveit 1997).

I tillegg er nedbørsfeltet til Akerselva delvis preget av leire. Utvasking av finpartikulært materiale vil legge seg på bunnen og tette igjen hulrom der det opprinnelig var steinbunn, områder som er viktige habitater for mange bunndyr og fisk.

Fisk finnes nå i hele elvas lengderetning med dominans av laks og ørret. Imidlertid kan lave fisketettheter i enkelte deler av elva indikere dårlig vannkvalitet eller mindre egnet habitat. Nedenfor Nedre Foss foregår det naturlig rekruttering av laks og sjøørret. Gjennom fiske-trapp ved Nedre Foss har strekningen for anadrom fisk økt. Det beregnes nå til dels høye tettheter av årsunger (0+) av laks og ørret nederst i elva, noe som viser at gyting og rogn-utvikling er vellykket (Saltveit et al. 2016 a,b). Det er også god vekst. Sannsynligvis vandrer laks ut som smolt allerede etter én eller to vekstsesonger. Selv om strekningen for naturlig reproduksjon er kort, selv med fiske-trapp, vil Akerselva pga. lav smoltalder kunne produsere mye laks.

1.3 Fiskens krav til oppvekstområde, habitat

Viktige fysiske faktorer som påvirker ørret og laks er vannhastighet, vanndyp, substrat og muligheter for skjul. Sterke endringer i vannføringer påvirker fiskens habitatbruk (Rincon og Lobon-Cervia 1993), og da i første rekke hvilken vannhastighet og dyp fisken vil og kan velge. Endres de fysiske forholdene får det konsekvenser for fiskens atferd og valg av oppholds-steder. Fisk av ulik størrelse har som regel ulike krav til habitat. Laks og ørret stiller også ulike krav. Fysiske endringer kan derfor endre forholdet mellom artene og mellom størrelses-grupper.

Vannhastigheten eller denne i kombinasjon med substrat er den fysiske variabelen som ofte betyr mest for laksungenes habitatvalg (Karlström 1977, Morantz et al. 1987, Heggenes &

Saltveit 1990). Grunne arealer langs land er best egnet for mindre fisk, fordi vannhastigheten er lav. Små laksunger unngår imidlertid de helt sakteflytende områdene ($<5-10 \text{ cm s}^{-1}$) (Heggenes & Borgstrøm 1990) og foretrekker mer rasktflytende partier av elva (DeGraaf & Bain 1986, Morantz et al. 1987, Heggenes & Saltveit 1990). Ørret og laks lever i elver hovedsakelig av driv, og begge arter velger standplasser med lave vannhastigheter for å redusere energikostnadene, men nær en rask strøm med drivende organismer.

Substratbruk avhenger av fiskestørrelsen og preferansen for grovt bunnsubstrat øker med økende fiskestørrelse (Lindroth 1955, Bohlin 1977, Heggenes 1988). Laks bruker sjelden substrat der partikkelstørrelsen er mindre enn 1-2 cm (Karlström 1977, Heggenes 1990b). Grovt substrat skaper hulrom som gir skjul fra predatorer (Alexander & Hansen 1983, Heggenes 1988). Det er særlig viktig for mindre fisk og spesielt om vinteren da fisken er treg (Heggenes et al. 1993).

Dyp. Med økende størrelse vil laks og ørret etter hvert velge habitater lengre fra elvebredden og søke dit elva er dypere og ofte striere, og som gir mer plass (Bohlin 1977, Wesche et al. 1987). Laksen kan bruke et vidt spekter av dyp i større elver, men finnes som oftest dypere enn 20 cm og lengre fra elvebredden enn ørret. Mangel på dypområder kan begrense antall større fisk (Shuck 1945, Kennedy & Strange 1982).

Ettersom miljøforholdene i elver og bekker varierer mye i rom (gradient, bunntopografi) og tid (vannføring, temperatur), vil habitatvalget også variere og særlig mellom sommer og vinter både for ørret og laks. Ørret foretrekker mer skjul og lave vannhastigheter ved lave vanntemperaturer (Karlström 1977, Cunjak & Power 1986) og søker ned i substratet (Heggenes & Saltveit 1990) og/eller forflytter seg til dypere områder av elva (Elliott 1986). Mindre ørret ($< 20-25 \text{ cm}$) skjuler seg i hulrommene mellom grovt bunnsubstrat (Heggenes et al. 1993). Ungfisk av laks vil også søke skjul nede i substratet om vinteren (Rimmer et al. 1983, Cunjak 1988, Heggenes & Saltveit 1990). Dette betyr at habitatkravene er snevrere om vinteren enn om sommeren for begge arter. De trenger steinete bunn der det er hulrom nok til skjul og nok oksygen til å overleve (Rimmer et al. 1983, Cunjak 1988, Heggenes & Saltveit 1990), men trolig på grunn av fare for isdannelse brukes i liten grad de grunneste områdene ($< 20 \text{ cm}$).

2. Metodikk

2.1 Områdebeskrivelse

Nordmarksvassdraget har sin kilde i Ølja nord i Nordmarka, og er det største vassdraget i Oslo. Totalt utgjør nedbørfeltet i dag ca. 250 km^2 . Mange av de store vannene i Nordmarka hører med til vassdraget. Vassdraget kalles *Akerselva* nedenfor Maridalsvannet (Fig. 1), som er Oslos viktigste drikkevannskilde. Alle innsjøene i nedbørfeltet er regulert og Oslo får 80 % av drikkevannet fra Maridalsvannet.

Akerselva renner fra Maridalsvannet 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 nederst i Akerselva (se nedenfor). Årsaken til at det nå er få tilløp er at flere tilløp er avskåret og lagt i rør.

I nedbørfeltet nedenfor Maridalsvannet er det betydelig boligbebyggelse, og langs elva fantes det mye industri. Akerselva har flere fossefall, og det var disse som i sin tid var grunnlaget for industrien langs elva. Nedenfor Grønland går elva under Oslo S.

Ifølge manøvreringsreglementet for Akerselva skal det gå minst $1,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ fra utløpet av Maridalsvannet i perioden 1. april til 31. november, og minst $1,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ fra 1. desember til 31. mars.

De fleste av de 12 fiskeartene som er påvist i vassdraget blir bare sporadisk funnet i Akerselva. Bare laks, ørret og ørekyt har faste bestander på de typiske elvestrekningene i elva. Laks og sjøørret kan vandre opp og gyte naturlig på de nederste 2 km, dvs. opp til Nedre Foss. Oslo kommune har nå bygget en fisketrapp ved Nedre Foss i Akerselva. Trappen ble åpnet forsommeren 2014 og trappa gjør at elva opp til Seilduksfossen er tilgjengelig for oppvandrende fisk (se Saltveit et al. 2016b).

2.2 Grunnlagsdata

Beregninger av hydrauliske og hydrologiske forhold i Akerselva ved ulike vannføringer er etter oppdrag fra VAV gjennomført av Norconsult (Lancaster 2015). Det foreligger flere hydrauliske modeller som er benyttet til å vurdere endringer i størrelsen på vanndekket areal og vått overflateareal (bunnareal) ved forskjellige vannføringer av ulike delstrekninger i Akerselva (Lancaster 2015). Modellene er oppdatert for å ta hensyn til endringer i elva siden 2002. For fire tverrsnitt i Akerselva; nedenfor Grønvold terskel, nedenfor Brekkedammen (ved gangbro), nedenfor NRK- Østlandsendingen og nedenfor Grünerbrua (se Fig. 1) foreligger i tillegg beregninger av bl.a. bredde på elv, vanddyp og vannhastighet ved ulike vannføringer. Beregningene er gjort ved ni ulike vannføringer.

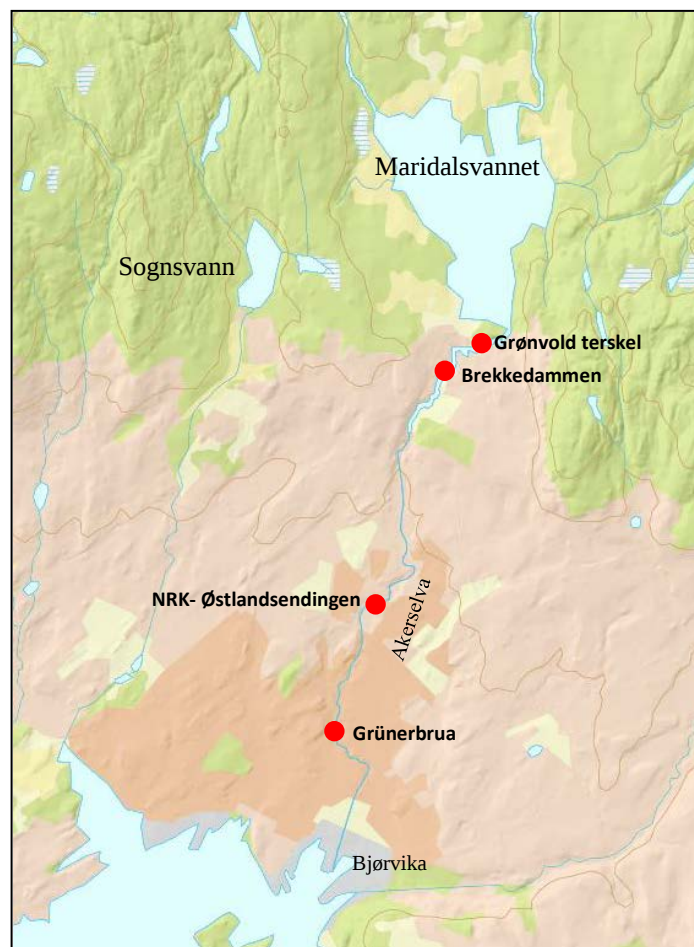


Fig. 1. Kart over Akerselva med fire tverrsnitt for måling av elvebredde, vanddyb og vannhastighet ved ulike vannføringer



Tverrsnitt Grønvold ved $1,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$



Tverrsnitt Brekke ved $1,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$

Vanndekket areal og vått overflateareal er modellert for følgende syv større delstrekninger som til sammen omfatter hele elva:

Delstrekning 1 Maridalsdammen-Brekkedammen;
Delstrekning 2 Brekkedammen-Nydalsdammen;
Delstrekning 3 Nydalsdammen-Kristofer Aamots gate;
Delstrekning 4 Kristofer Aamots gate-Bjølsendammen;
Delstrekning 5 Bjølsendammen-Nedre Foss;
Delstrekning 6 Nedre Foss-Nybrua;
Delstrekning 7 Nybrua-Oslofjorden

De to siste delstrekningene omfatter naturlig anadrom strekning, der Delstrekning 6 er strekning for gyting og oppvekst. Endringer i hydrauliske forhold på Delstrekning 7 er i stor grad påvirket av vannstanden i sjøen, oppstuvning, og de modellerte endringer i vanndekket areal og våte overflateareal (bunnareal) var også her ubetydelige, kun en reduksjon i vanndekket areal og i våte overflate areal på 800 m^2 ved en endring i vannføring fra $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ til helt ned $0,1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Denne strekningen er derfor tatt ut av vurderingene. Det var også små forskjeller i arealer mellom det kalt våte overflate areal og vanndekket areal. Vanndekket areal er derfor benyttet i vurderingen av arealendringer. For en mer utførlig beskrivelse av beliggenhet av delstrekningene som ligger til grunn, størrelsen på disse og selve modelleringen, vises det til Lancaster (2015).

Det er ikke foretatt modellering ved $1,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, som er sommervannføringen. Arealer er modellert ved $2,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, men siden dette er simuleringer settes $2,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ som sommervannføring.

Gjennom året vil vannføringen øke i forbindelse med nedbør og snøsmelting i mildværsperioder. I de tilfelle det ikke må slippes vann til elva for å justere vannstanden i Maridalsvannet, vil variasjonene ha et naturlig forløp både hva gjelder økning og senkning, og slike variasjoner vurderes ikke.

3. Resultater og kommentarer

Endringer i vannføring og biologiske konsekvenser knyttet til tre ulike hendelser hva angår endringer og manøvrering av vannføring i Akerselva er vurdert:

- Fastsatt prosedyre for reguleringen av vannføringen (se side 10)
- Overgang fra sommer tilintervannføring
- Endringer knyttet til lavere vannføring enn minstevannføring

Sammen med hastighet på de ulike endringer i vannføring, vurderes strandingsproblematikken. Stranding vil først være en problemstilling når elveareal tørregges ved reduksjon i vannføring.

Valgte hydrauliske og hydrologiske parametere er bredde på elv, vanndekket areal, vanddyp og vannhastighet. Før konsekvensen av de tre ulike hendelsene vurderes, beskrives hvordan de valgte parametere varierer ved de ni ulike modellerte vannføringene.

3.1 Bredde på elv

Bredde på elv ved de ulike vannføringer er modellert for fire tverrsnitt i Akerselva; nedenfor Grønvold terskel, nedenfor Brekkedammen (ved gangbro), nedenfor NRK- Østlandsendingen og nedenfor Grünerbrua (se Fig. 1). Ved $10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ var elvebredden på de fire ulike målte tverrprofilene fra 20,5 til 16 m (Fig. 2). Generelt sett var det ingen større endring i bredde på elv mellom $10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ og $3,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. I dette området er elvebredden tilnærmet den samme. Det er først når vannføringen reduseres ytterligere fra $3,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ til $2,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ og så videre ned til $1,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ at elva blir smalere på tre av de fire målte tverrsnitt (Fig. 2). Øverste delstrekning, dvs. nedenfor Grønvolddammen beregnes generelt sett ingen endring i elvebredden, selv ned til $1,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (Fig. 2).

Da det ikke skjer endringer av betydning i elvebredde før ved en vannføring på $3,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ eller lavere vurderes elva da som tilnærmet breddfull. Ved høyere vannføring enn $3,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ øker bl.a. dyp (Fig. 3) og vannhastighet (Lancaster 2015), mens det vanndekkete arealet ikke endres i større grad, se også nedenfor.

Med andre ord, det er først når vannføringen reduseres fra $3,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ at strandnære områder vil bli tørrlagt og det er først da stranding av fisk kan forekomme. Først da vil hastigheten på vannføringsreduksjonene være en aktuell problemstilling knyttet til risiko for stranding. Imidlertid vil dette kun være en problemstilling i de tilfelle vannføringen først økes som følge av nødvendig slipp fra Maridalsvannet og deretter reduseres til sommer- eller vintervannføring iht. dagens prosedyre for senkning av vannføringen (se side 10). Videre, siden overgangen fra sommervannføring til vintervannføring reduserer elvebredden, vil hastigheten på vannføringsreduksjonen også da være av betydning.

Endringer i elvebredde og vanndekket areal er også illustrert med bilder fra andre områder av Akerselva ved ca. 5 og $1,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

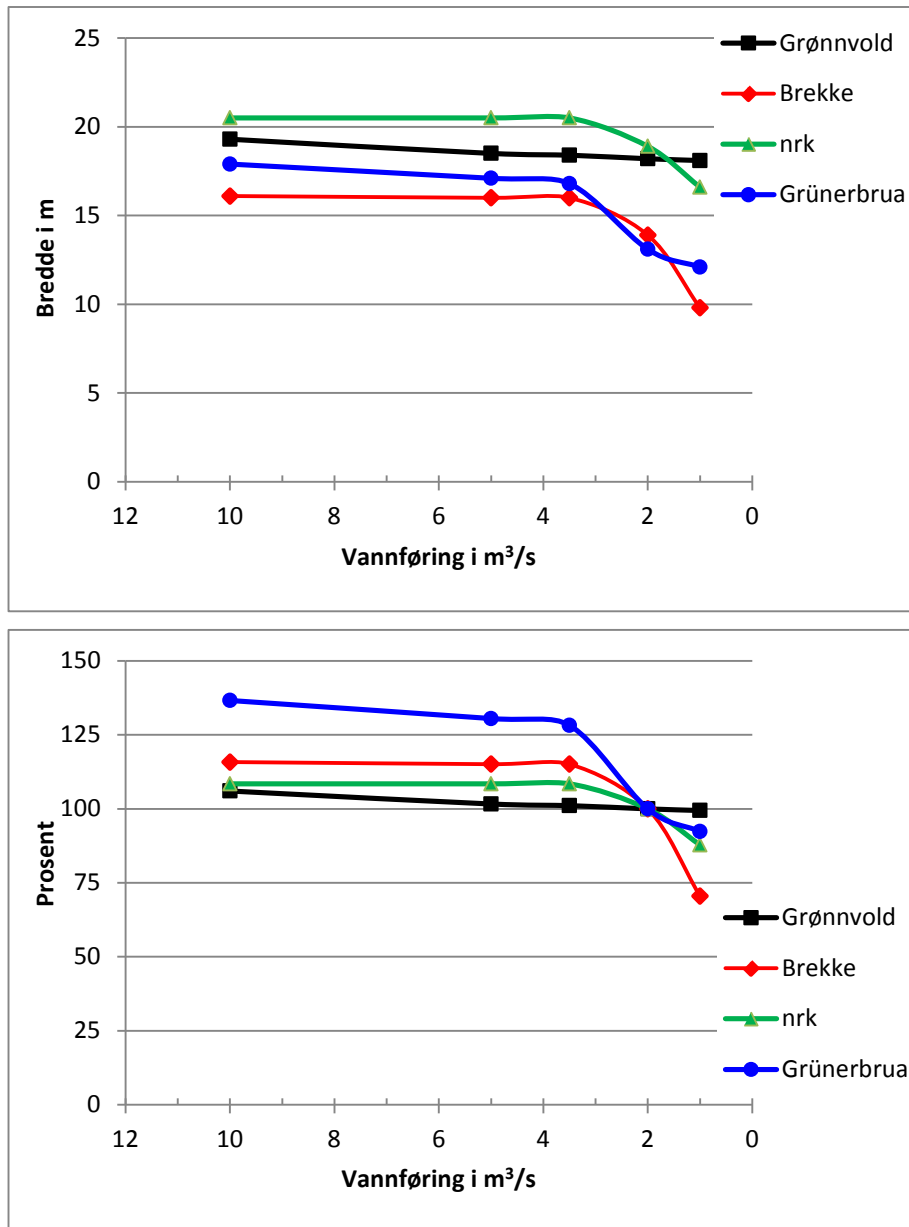


Fig. 2. Endring i elvebredde i meter og prosentvis endring mellom $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ til $1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ beregnet på fire elvetversnitt i Akerselva. En sommervannføring lik $2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ er satt til 100 %.



Badebakken ved $1,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ og $4,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$



Sannerbrua ved $1,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ og $4,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$



Nedenfor Grünerbrua ved $1,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ og $4,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$



Vestre Elvebakke ved $1,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ og $4,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$



3.2 Vanndyp

Vanndyp ved de ni ulike vannføringer er modellert for de samme fire tverrsnitt som elvebredde; Grønnvold, nedenfor Brekkedammen, NRK- Østlandsendingen og Grünerbrua (se Fig. 1).

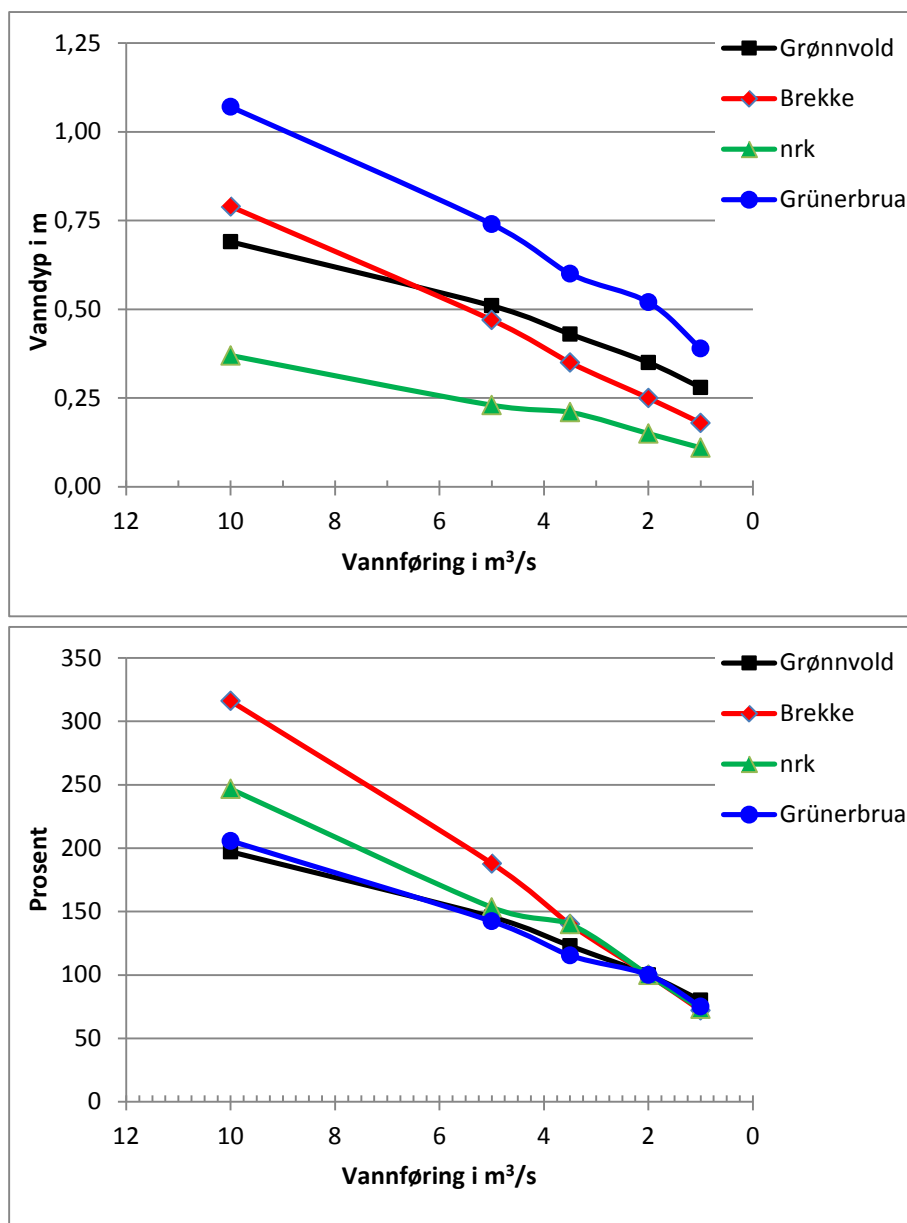


Fig. 3. Endring i vanndyp i meter og prosentvis endring i dyp mellom $10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ til $0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ beregnet på fire elvetversnitt i Akerselva. En sommervannføring lik $2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ er satt til 100 %.

Generelt sett er tverrsnittet ved Grünerbrua dypest, mens tverrsnittet ved NRK er grunnest. Ved $10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ varierte dypet på de fire ulike målte tverrprofilene fra ca. 1 m til 0,37 m (Fig. 3). For alle lokaliteter er det en jevn reduksjon i vanndyp med reduksjon i vannføring fra $10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ned til sommer vannføring satt til $2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, deretter en noe brattere reduksjon i dyp, spesielt ved Grünerbrua. Fra $10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ og ned til $2,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ halveres vanndypet ved Grüner-

brua, Brekke og Grønvold. Ved minstevannføring om sommeren, her satt til $2,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, har tverrsnittet med Grünerbrua det største gjennomsnittlige vanndyp, ca. 50 cm, mens tverrsnittet ved NRK er grunnest, 15 cm i gjennomsnitt (Fig. 3). Det fremgår av Fig. 3 at det er en betydelig økning i dyp når vannføringen økes fra $3,5$ til $10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, noe som illustrerer breddfull elv ved $3,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Mellom $2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ og $1 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ er det en reduksjon i dyp mellom 20-30 %.

3.3 Vannhastighet

Vannhastighet er også modellert for de samme fire tverrsnittene; Grønvold, nedenfor Brekkedammen, NRK- Østlandsendingen og Grünerbrua ved de ni ulike vannføringene (se Fig. 10). Høyest vannhastighet, ca. $1,3 \text{ ms}^{-1}$ beregnes ved $10,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ NRK (Fig. 4). Ved denne vannføringen beregnes vannhastigheten til mellom $0,75$ og $0,5 \text{ ms}^{-1}$ ved de andre profilene. Ettersom vannføringen reduseres er det en jevn reduksjon i hastighet ned til sommervannføring, $2,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, hvorpå vannhastigheten synker raskere når vannføringen kommer ned til $1 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Unntaket er ved NRK, der det modelleres en noe hurtigere reduksjon i hastighet fra $10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Videre er det en relativt betydelig økning i vannhastighet når vannføringen økes fra $2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ til $10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, mens reduksjon i hastighet fra sommer til vintervannføring er 3 til 35 % avhengig av lokalitet (Fig. 4).

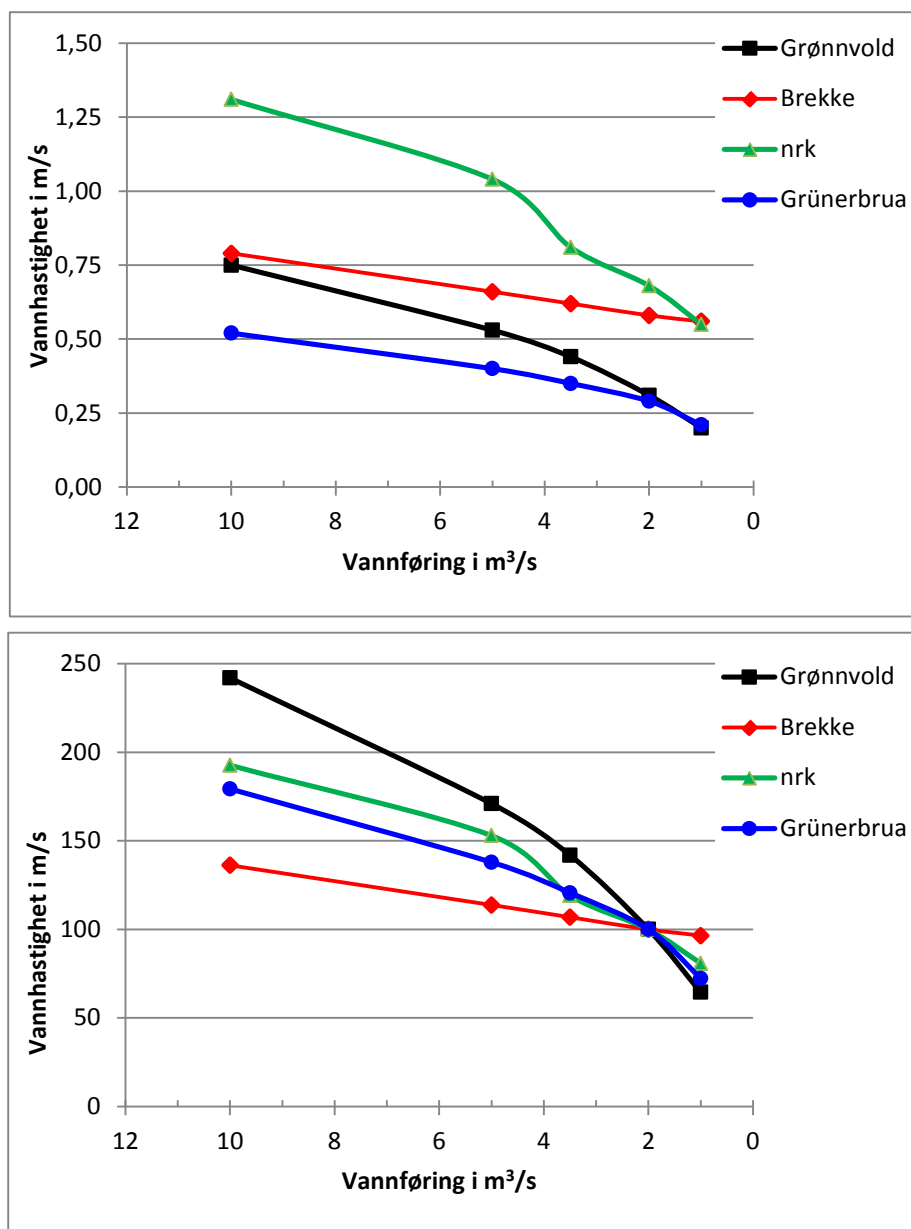


Fig. 4. Endring i vannhastighet i m s^{-1} og prosentvis endring mellom $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ til $1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ beregnet på fire elvetversnitt i Akerselva. En sommervannføring lik $2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ er satt til 100 %.

3.4 Vanndekket areal

De ulike delstrekningene, se side 15, som inngår i beregningene av endringer i vanndekket areal er av ulik størrelse og utforming, og vanndekket areal ved vannføringer mellom 10 og $1,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (vintervannføring) er vist på Fig. 5. På delstrekninger med brede flater, vil arealendringen være større enn på strekninger som er smale og mer kanalisert.

Mellom 10 og $3,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ er det minimal forskjell på vanndekket på de ulike delstrekningene, noe som skyldes at elva da er breddfull og at endringer i vannføring da påvirker dyp og vannhastighet, se Fig. 3 og 4. Videre ned til vintervannføring på $1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ er reduksjonen i

vanndekket areal fra $3,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ størst på delstrekning 5, området fra Bjølsendammen til Nedre Foss og på delstrekning 2 (Fig. 5). På delstrekning 5 endres det vanndekkete areal da fra $37\,000 \text{ m}^2$, beregnet ved $3,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, til $31\,000 \text{ m}^2$ ved $1 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Dette er den lengste av de modellerte delstrekningene og dekker områder bestående av store brede flater. På delstrekning 2 reduseres arealet med ca. $2\,500 \text{ m}^2$ ved tilsvarende reduksjon i vannføringen om vinteren. De minste arealendringene skjer på delstrekning 1, med kun 600 m^2 .

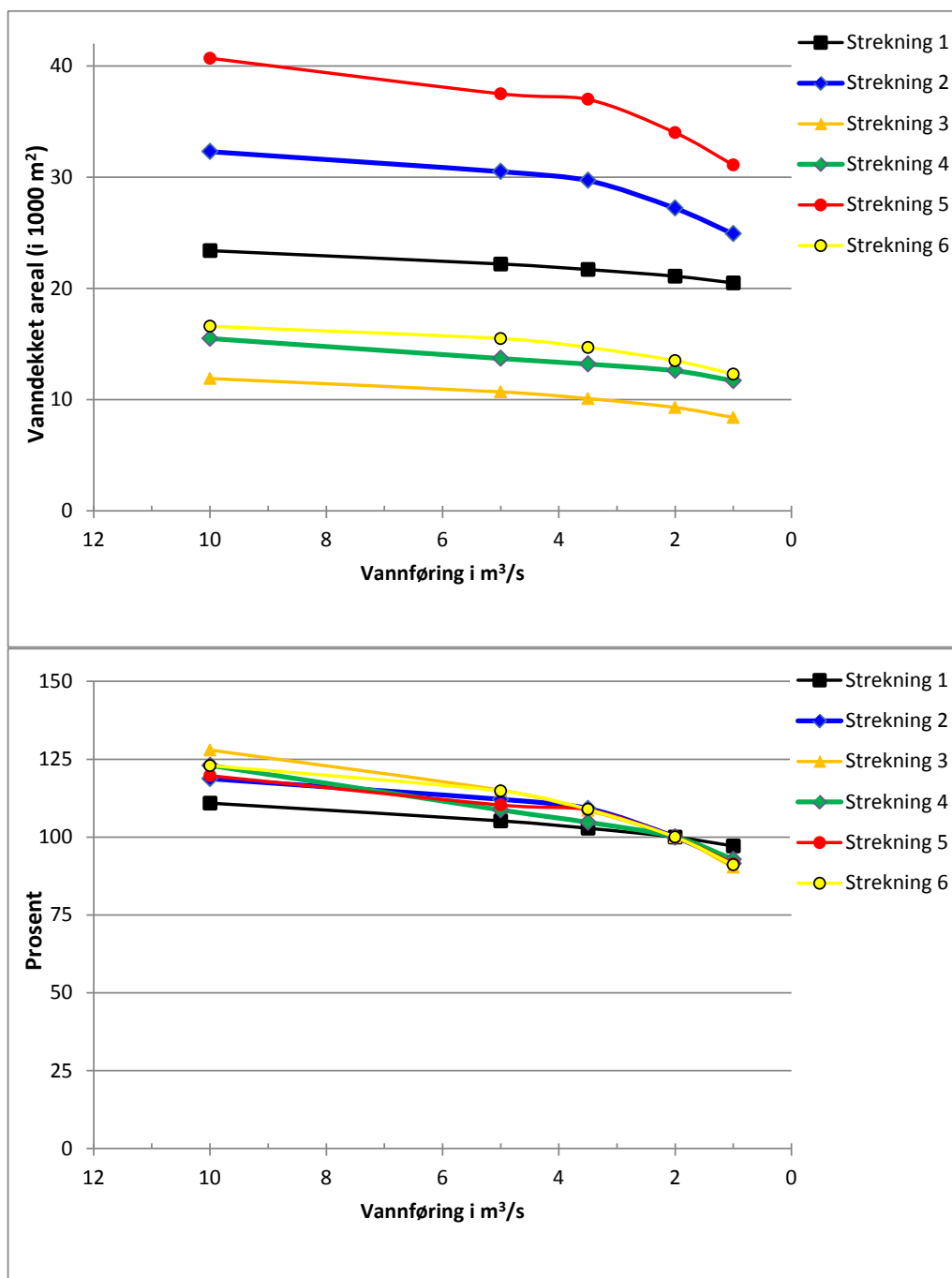


Fig. 5. Endring i vanndekket areal i m^2 og prosentvis endring i areal mellom $10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ til $1 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ beregnet seks delstrekninger (se side 15) i Akerselva. En sommervannføring lik $2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ er satt til 100 %.

For bedre å kunne sammenligne endringene på de ulike strekningene, er endringene vist som relativ endring. Relativt sett er arealendringene i området 10 til 1 m^3s^{-1} små (Fig. 5). Med utgangspunkt i en sommervannføring på 2 m^3s^{-1} økes arealene med mellom 10 og 28 % når vannføringen stiger til 10 m^3s^{-1} avhengig av strekning. Fra sommervannføring til vinter-vannføring, 1 m^3s^{-1} , er de relative endringene i vanndekket areal ubetydelige, 3 til 10 % (Fig. 5). Relativt sett er endringene størst på strekning 3 og minst på strekning 1. Som tidligere nevnt består denne streking 1 av flere dammer, der vanndekket areal endres lite med vannføring.

3.5 Hastighet på reduksjon i vannføring

Når vannstanden reduseres hurtig, kan dette føre til stranding av fisk. Dette kan observeres i den tørrlagte strandsonen i effektregulerte elver (Hvidsten 1986, Saltveit 1996). Eksperimentelle forsøk og forsøk gjennomført i elv, viste at en større andel laksunger strandet ved lave vanntemperaturer om vinteren sammenlignet med hva som skjedde om sommeren når vanntemperaturen var høyere (Saltveit et al. 2001, Halleraker et al. 2005). Høyere strandingsfrekvens om vinteren skyldes lavere aktivitet og at fisken da skjuler seg i substratet. Imidlertid er laks og ørret mer aktive om natten på vinteren og strandingsfrekvensen var da også lavere på natten enn om dagen. Mer skjul ga større grad av stranding, selv ved langsom reduksjon i vannføring. En reduksjon i stranding ble oppnådd når vannstanden sank langsomt dvs. mindre enn 10 - 15 cm pr. time.

Variasjoner i vannføringer innenfor en breddfull elv, dvs. uten nevneverdig reduksjon i vanndekket areal, har svært liten effekt på livet i elva, fordi elveareal ikke blir tørrlagt. Når areal tørrlegges, er det størst stranding av yngel og parr av laksefisk ved vannstandssekninger større enn 60 cm pr time om dagen på steder med grovt bunnmateriale og med temperatur lavere enn 4,5 °C. Basert på eksperimentelle studier i effektregulerte elver og i laboratorier, er det vist at en senkning av vannstanden med 13 cm pr time reduserer risikoen for stranding av yngel betydelig (Saltveit et al. 2001, Halleraker et al. 2005). Stranding av årsyngel skjer likevel på utsatte steder med høye vannhastigheter, grovt materiale dominert av stein med mye hulrom. For å unngå stranding på strandingsutsatte lokaliteter, bør nedtappinger langsommere enn 6 cm pr time utføres, men det er ikke mulig å fullstendig eliminere strandingsfaren.

Senkningshastighet

Det er gjennomført målinger av hvor hurtig vannstanden synker på to steder i Akerselva ved ulike reduksjoner i vannføring; utløp Maridalsvannet og nederst ved Vestre Elvebakke (Tabell 1 og Fig. 6). Målingene av hastighet på vannstandsreduksjon er gjort ved åtte ulike reduksjoner i vannføring (Tabell 1), noen flere enn i pålagt prosedyre, se side 10. Fig. 6 viser kun hvor hurtig vannstanden reduseres pr. time på disse to stedene i Akerselva, gitt dagens to prosedyrer for reguleringen av vannføringen; sommeren ned til 1,5 m^3/s ; vinter ned til 1 m^3/s (se også side 10 for prosedyre). All reduksjon av vannføring ned til 5 m^3/s gjøres som nevnt i trinn på maksimalt 5 m^3/s .

Tabell 1. Hastighet på reduksjon i vannstand øverst og nederst i Akerselva målt ved ulike endringer i vannføring (m^3s^{-1}).

m ³ s ⁻¹	Utløp Maridalsvannet			Vestre Elvebakken			
	Tid i min	Vannstandsvariasjon		Tid i min	Vannstandsvariasjon		Reaksjonstid
		Reell (cm)	cm/time		Reell (cm)	cm/time	
10 -> 5	11	25	136	120	28	14	65
5 -> 3,5	15	9	36	80	9	7	95
3,5 -> 2	10	9	54	135	11	5	100
2 -> 1,5			35			3,5	
1,5 -> 1	20	4	12	190	4	1,3	210
3,5-> 2,5	15	6	24	75	6	5	100
2,5 -> 1,5	13	7	32	150	9	3,5	115
2 -> 1	15	7	28	ikke data med ny kurve			ikke data

Som det fremgår av Fig. 6 reduseres vannføringen ved utløp av Maridalsvannet hurtigere enn den anbefalte hastighet på 13 cm pr. time ved alle endringer i vannføring i henhold til prosedyre, med unntak av om vinteren, når vannføringen reduseres fra 1,5 til 1,0 m^3s^{-1} (12 cm pr. time) (Fig. 6). Nederst i elva er hastighetene på reduksjon alltid lavere enn den anbefalte verdi og ved reduksjoner fra 5 m^3s^{-1} og nedover er også hastigheten lavere enn den som er angitt for å eliminere stranding (6 cm pr. time).

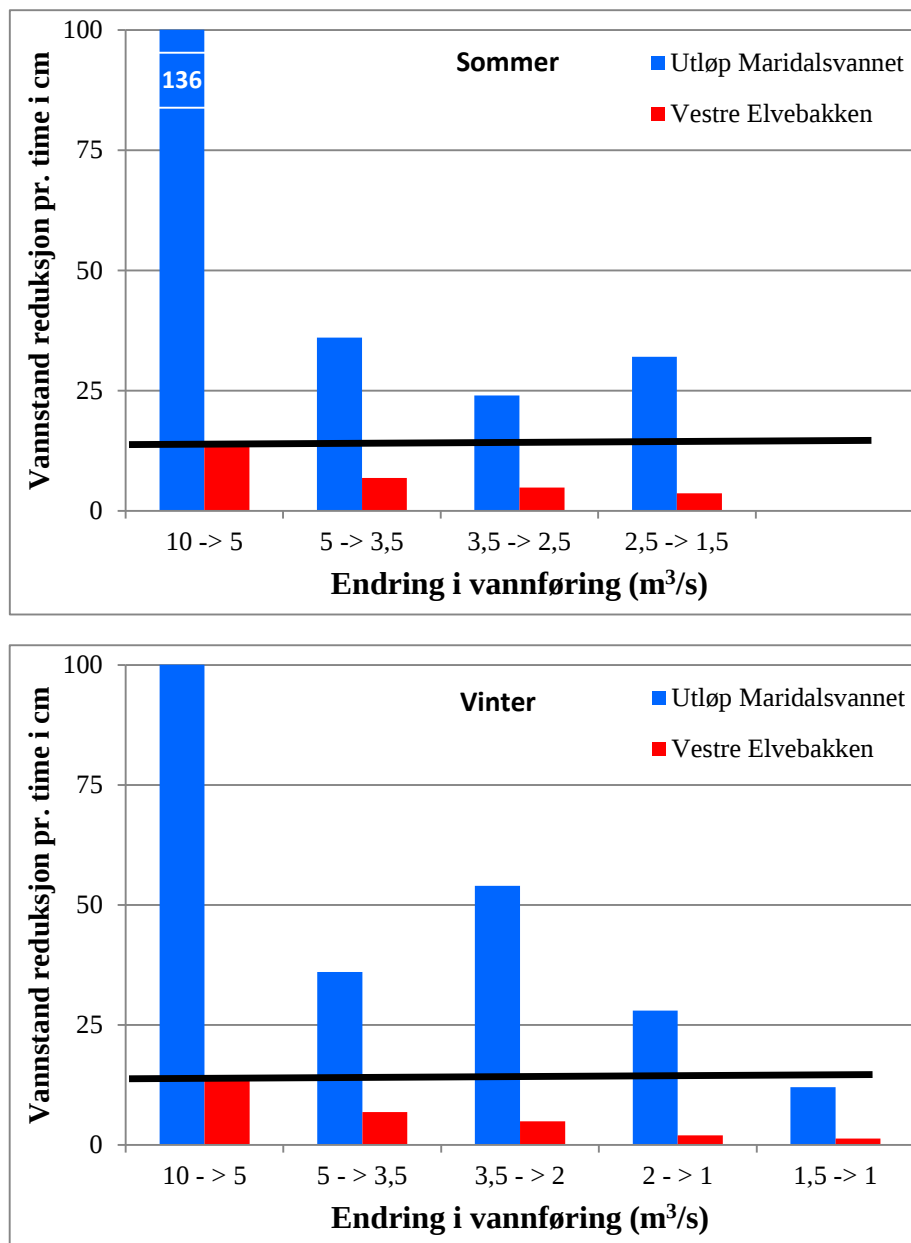


Fig. 6. Hastighet på vannstandsreduksjon i cm pr. time på to steder i Akerselva ved ulike endringer i vannføring etter en fastsatt prosedyre (se side 10).

3.6 Effekter knyttet til endringer og manøvrering av vannføring

Konsekvenser er vurdert knyttet til tre ulike hendelser hva angår endret vannføring. Vannføringen i Akerselva vil øke i forbindelse med nedbør og snøsmelting om vinteren i mildværsperioder. I de tilfelle det *ikke* må slippes vann til elva for å justere vannstanden i Maridalsvannet, vil variasjonene ha et naturlig forløp både hva gjelder økning og senkning, og slike variasjoner er ikke vurdert her.

Fastsatt prosedyre for reguleringen av vannføringen

I de tilfelle vannføringen i Akerselva økes fordi det må slippes vann for å justere vannstanden i Maridalsvannet, er det fastsatt en prosedyre (se side 10) for hvordan vannføringen igjen skal reduseres til minstevannføringen. Elva regnes som breddfull ved $3,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ og økning i vannføring ut over denne vanndekker derfor i liten grad nye områder eller arealer. Det fremgår av Fig. 2 og 5 at bredde på elv eller vanndekket areal først reduseres når vannføringen blir lavere enn ca. $3,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Det er derfor bare fra $3,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ og ned til sommer- eller vintervannføringen at vannføringsreduksjon vil tørrlegge arealer, og at hastigheten på senkningen vil være en aktuell problemstilling knyttet til risiko for stranding av fisk.

Alle reduksjoner i vannføring ned til sommerminstevannføring øverst i elva, utløp Maridalsvannet, skjer med hastigheter høyere enn 13 cm pr. time, mens de tilsvarende reduksjoner i vannføring nederst i elva har senkningshastigheter som er lavere enn 13 cm pr. time (Fig. 6). Unntaket øverst er på vinteren når vannføringen reduseres fra 1,5 til 1,0 (12 cm pr. time).

Det er ikke foretatt målinger av hastigheter på vannstands senkning mellom utløp Maridalsvannet og Nedre Elvebakke. Imidlertid er det flere dammer rett nedenfor Maridalsvannet, Grønvolddammen, Frysjadammen (Brekkedammen), og lenger ned Nydalsdammen, som vil dempe hastigheten på vannstandsreduksjonen. På Delstrekning 1, Maridalsdammen-Brekkedammen, er også endringene i vanndekket areal og bredde på elv ubetydelige ved reduksjon helt ned til $1,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Endringene i både vanndekket areal og bredde på elv er noe større på Delstrekning 2 Brekkedammen-Nydalsdammen og det samme gjelder bredde på elv målt ved Brekke, henholdsvis 17 og 30 %. På denne strekningen antas imidlertid hastigheten på reduksjonen i vannstand å være betydelig dempet i Grønvolddammen og Brekkedammen, slik at faren for at fisk strander ved reduksjon fra $3,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ansees som minimal. Nedenfor Nydalsdammen ansees hastigheten for å være lavere enn 13 cm pr. time når vannføringen reduseres fra $3,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

Konklusjon:

- En reduksjon i vannføring er vurdert til ikke å gi stranding av fisk mellom Maridalsvannet og Grønvolddammen.
- Fisk vil ikke strande ved reduksjon fra $3,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ nedenfor Brekkedammen; liten arealendring og fordi senkningen skjer langsomt.

Fra sommervannføring til vintervannføring

Minstevannføringen om sommeren er $1,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, og denne reduseres til vintervannføring som er $1,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ 1. november (se side 10). Det er ikke foretatt modellering av elvebredd eller størrelsen på vanndekket areal ved $1,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, som er sommervannføringen. Arealer er modellert ved $2,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, men siden dette er simuleringer settes derfor $2,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ som sommervannføring i vurderingen av endringer. Arealendringene er svært små når vannføringen reduseres fra $2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ til vintervannføring $1,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ved dato 1. november (se side 10). Disse endringene vil være mindre gitt den reelle sommervannføring som utgangspunkt. Største endring i areal er på Delstrekning 5 der endringen omfatter ca. $2\,900 \text{ m}^2$. Relativt sett er endringene små og mindre enn 10 % ved overgang fra sommervannføring til vintervannføring (se Fig. 6).

Senkningshastigheten ved utløp Maridalsvannet ved denne overgangen er 12 cm pr. time, mens tilsvarende hastighet nederst i elva ved Vestre Elvebakke er 4 cm pr. time (Tabell 1 og Fig. 6). En senkning av vannstanden med 13 cm pr time reduserer risikoen for stranding av yngel betydelig (Saltveit et al. 2001, Halleraker et al. 2005), og en overgang fra sommer-vannføring til vintervannføring slik den praktiseres i dag skjer for hele elva langsommere enn anbefalt hastighet. I de nedre deler vil hastigheten være langsommere enn den høyeste som ansees som akseptabel, 6 cm pr time, for å eliminere stranding på strandingsutsatte lokaliteter.

Forhold knyttet til gyting og gytegroper

Høy vannføring i gytetiden etterfulgt av svært lav vannføring etterfølgende vinter er et forhold som kan føre til stranding av gytegroper. Strandingsfrekvensen for gytegroper vil være en funksjon av gytegropenes beliggenhet, vannstanden i gytetiden, og vannstanden under eggutviklingen gjennom den etterfølgende vinter. Siden stranding av gytegroper kan føre til eggdødelighet og redusert rekruttering, er det viktig å vurdere omfanget av problemet. Gyting hos laks og ørret i Akerselva tidligere enn 1. november kan medføre at gytegroper lagt ved sommervannføring kan bli tørrlagt. Stranding eller tørrlegging av gytegroper kan også bli en konsekvens dersom vannføring i gyteperioden må økes utover den pålagte minstevannføring. Siden ørret/sjørret gyter tidligere enn laks (i hovedsak før 1. november), vil denne problemstillingen være mest knyttet til ørret.

Laks velger å gyte på områder med relativt hurtigrennende vann, 30-45 cm s^{-1} (Moir et al. 1998) og på vanddyp større enn 25 cm (Gibson et al. 1993). Reduksjon fra sommer til vintervannføring medfører redusert vanddyp, og på flere av tverrsnittene blir det grunnere enn det laks foretrekker. Ved Grünerbrua, på anadrom strekning, er imidlertid vanddypet 40 cm ved vintervannføring, men vannhastigheten blir lavere enn det optimale for laks. Imidlertid vil det være store variasjoner innen de ulike områder, både hva angår dyp og vannhastighet.

En reduksjon i vannføring vil begrense tilbudet av foretrukket gyteområde for laks og for ørret som gyter etter 1. november. Siden laks i Akerselva i hovedsak gyter i november, anbefales det at sommervannføringen forlenges til 15. november, for å opprettholde arealer med optimale forhold for gyting mht. vanddyp og vannhastighet. Dette vil også redusere faren for at laks gyter på områder der det allerede er gytt og at groper derved blir ødelagt. Overgangen fra sommer til vintervannføring fører imidlertid til ubetydelige endringer i vanddekket areal, maksimalt 10 % reduksjon på de ulike delstrekningene. Det er derfor lite sannsynlig at denne endringen vil medføre tørrlegging av gytegroper. En lengre periode med høyere vannføring vil også bedre oppvandringen, kombinert med at det slippes små lokkeflommer i oktober til medio november.

Konklusjon:

- Arealendringene er små og endringen skjer langsomt
- Overgang fra sommer- til vintervannføring er vurdert ikke å føre til stranding av fisk eller økt dødelighet hos laks og ørret
- Endringen i vannføring medfører ikke tørrlegging av gytegroper
- For å opprettholde optimale områder for gyting anbefales det å forlenge sommervannføringen til 15. november

- Slipp av små lokkeflommer i perioden oktober til 15. november anbefales

3.7 Vannføringer lavere enn minstevannføring

I ekstremt tørre år må vannføringen ut av Maridalsvannet reduseres for opprettholde ønsket volum i Maridalsvannet. I ekstraordinære tilfeller, f.eks. ved lite vann, er det gitt anledning med vannføring ut av Maridalsvannet ned til $0,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Det er derfor et ønske om å få vurdert konsekvenser av vannføringer lavere enn den pålagte minstevannføring og eventuelt hvor langt ned vannføringen kan settes i ekstremt tørre år før skadene på det biologiske livet blir omfattende. De vannføringene som ønskes vurdert er 0,75; 0,50; 0,25 og $0,1 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Konsekvensene vil variere med årstid.

Grunnlaget for vurderingene vil også her være de simuleringene av hydrauliske og hydrologiske forhold som er gjennomført av Norconsult (Lancaster 2015). Det er her snakk om reduksjoner i vannføring langt under den pålagte minstevannføringen. Produktive arealer reduseres ytterligere og disse reduksjonene vil i større grad endre *vannhastighet* og *dyp*, to faktorer som er viktige for fisk. Vannhastighet og dyp trekkes derfor inn i vurderingen, men effekter vil måtte basere seg på den informasjon som foreligger om fiskens krav til disse. Enkelte år, for eksempel i tørråret 1996, ble det sluppet mindre vann i elva enn $1,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (Bremnes og Saltveit 1997) og dette året var vannføringen lavere enn den pålagte minstevannføringen mesteparten av året. Konsekvensene på biologiske forhold ble vurdert og disse trekkes inn i evalueringene av de nevnte vannføringsreduksjoner.

Elvebredde

Ytterligere reduksjoner i vannføring vil om sommeren ha som utgangspunkt $1,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, mens reduksjonene vil om vinteren skje fra $1,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Endringene i elvebredde er små når vannføringen reduseres fra $2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ til $1,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (Fig. 7) og konsekvensene er vurdert foran.

Ytterligere reduksjoner i vannføring i ekstremt tørre år, fra $1,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, medfører betydelige endringer i elvebredde med påfølgende tørrlegging av strandnære områder. Størrelsen på endring og endringsforløpet varierer innen de ulike tverrsnitt, Fig. 7. Nedenfor Grønvolddammen, modelleres ingen endring i elvebredde, selv ned til $0,10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Ved Brekke halveres elvebredden ved 500 l/s, mens de største reduksjonene i elvebredde ved NRK skjer fra 0,50 til $0,25 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, fra 13 til 5 m eller 44 %. Fra sommervannføring er reduksjoner i bredde ved NRK hele 75 %. Nederst i elva ved Grünerbrua er endringene små.

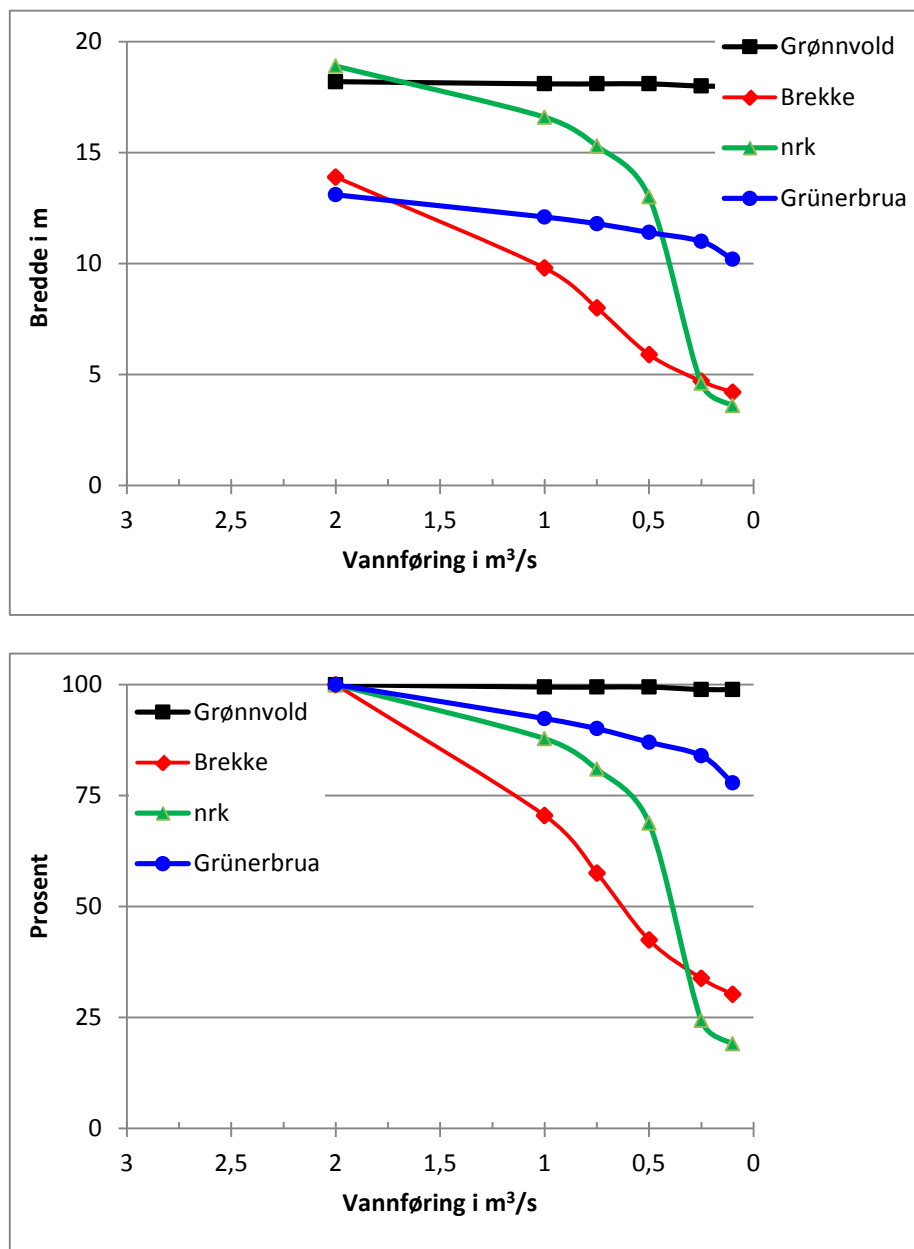


Fig. 7. Endring i elvebredde i meter og prosentvis endring mellom $2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ til $0,1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ beregnet på fire elvetversnitt i Akerselva. En sommervannføring lik $2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ er satt til 100 %.

Vanndekket areal

De minste endringene i vanndekket areal skjer på Delstrekning 1, med en liten gradvis reduksjon i areal fra 20 500 ved $1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ til 19 500 ved $0,1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, eller bare 4 % (Fig. 8). Denne strekningen omfatter flere større dammer der arealene i liten grad endres når vannføringen reduseres. De største arealendringene ved reduksjon i vannføring fra sommervannføring og ned til $0,1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ skjer på delstrekning 2 med en reduksjon på 10 000 m^2 , og på strekning 5. De største endringene skjer fra 500 l/s. De relative reduksjonene i areal for de ulike strekninger med unntak av delstrekning 1 er fra 25 % til 35 % og de største endringene finner sted reduseres fraintervannføring og altså når vannføringen blir lavere enn $0,50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Fig. 8).

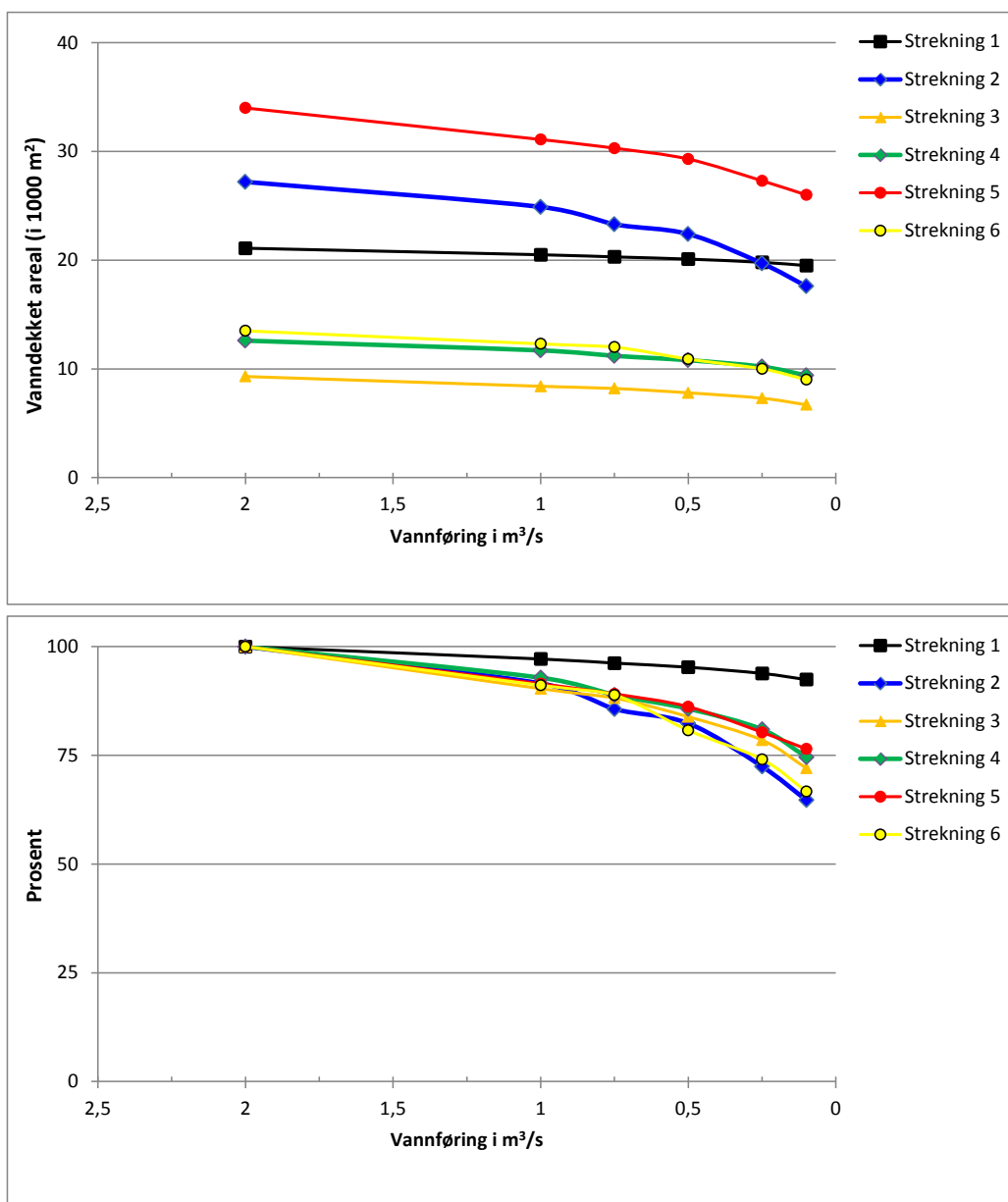


Fig. 8. Endring i vanndekket areal i m^2 og prosentvis endring i areal mellom $10 m^3 s^{-1}$ til $1 m^3 s^{-1}$ beregnet seks delstrekninger (se side 15) i Akerelva. En sommervannføring lik $2 m^3 s^{-1}$ er satt til 100 %.

Vanndyp

Ved sommerminstevannføring, her satt til $2,0 m^3 s^{-1}$, har tverrsnittet ved Grünerbrua det største gjennomsnittlige vanndyp, ca. 50 cm, mens tverrsnittet ved NRK er grunnest, 15 cm i gjennomsnitt (Fig. 9). Reduksjon i vannføring gir en gradvis reduksjon i vanndyp og endringene er størst fra 0,5 til $0,1 m^3 s^{-1}$. Fra 1,0 til $0,75 m^3 s^{-1}$ er det små endringene i vanndyp.

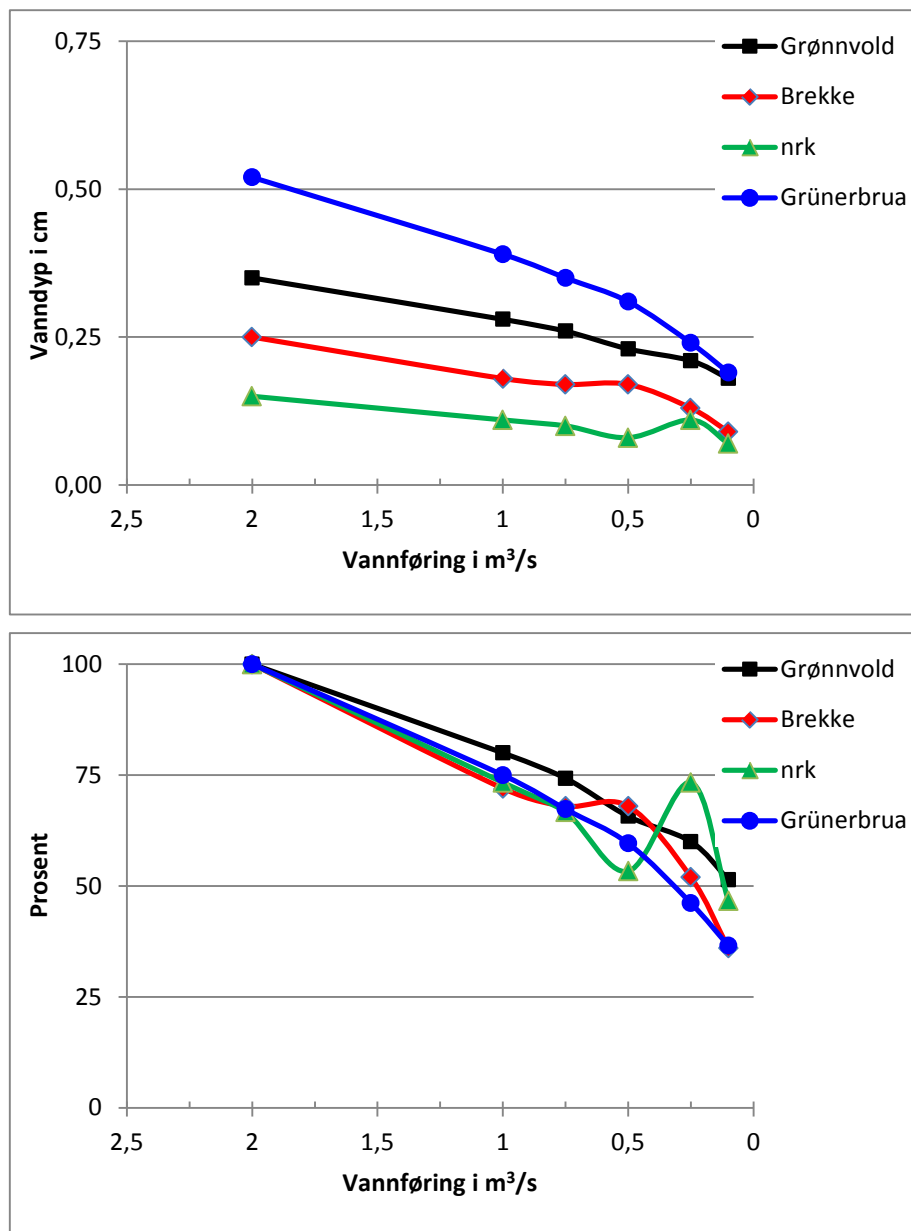


Fig. 9. Endring i gjennomsnittlig vanndyp i meter og prosentvis endring mellom $2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ til $0,1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ beregnet på fire elvetversnitt i Akerselva. En sommervannføring lik $2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ er satt til 100 %.

Vannhastighet

Høyest vannhastighet, ca. 70 cm/s, ved sommervannføring, $2,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, modelleres ved NRK, mens den er tilsvarende lavest ved Grønnvold og Grünerbrua, ca. 30 cm/s (Fig. 10). Forløpet for endring i vannhastighet varierer mellom lokalitetene. Ved Brekke er det ingen endringer i hastighet av betydning før vannføringen er redusert til $0,75 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ og den faller da raskt fra ca. 55 til 25 cm/s. Hastigheten faller jevnt bratt på de andre lokalitetene og ved Grønnvold og Grünerbrua er det nærmest stillestående vann når vannføringen blir mindre enn $0,50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Fig. 10).

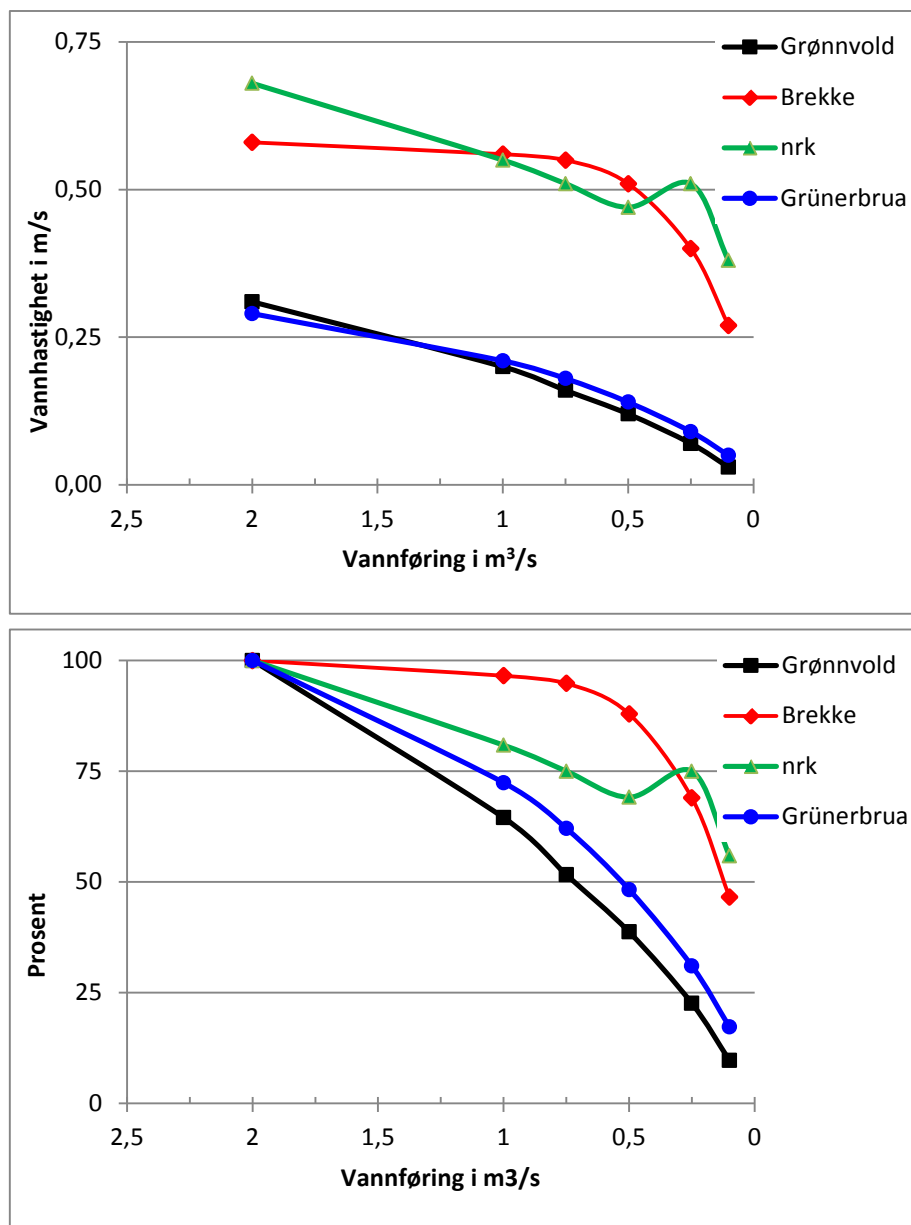


Fig. 10. Endring i gjennomsnittlig vannhastighet i m/s og prosentvis endring mellom $2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ til $0,1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ beregnet på fire elvetversnitt i Akerselva. En sommervannføring lik $2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ er satt til 100 %.

Senkningshastighet og strandingsrisiko

Kun i ekstraordinære tilfeller, f.eks. ved lite vann i magasinet, er det anledning til å gå ned i vannføringer mindre ennintervannføringen. Det finnes derfor ingen data på hvor fort vannstanden synker når vannføringen reduseres ytterligere fra $1,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Senkningshastigheten ved utløp Maridalsvannet ved overgang fra sommer til intervannføring, 1,5 til $1,0$ var lavere enn 12 cm pr. time, mens den ved Vestre Elvebakke var 4 cm pr. time (Tabell 1 og Fig. 6). I de tilfelle vannføringen må reduseres ytterligere, er det rimelig å anta at vannstanden synker enda langsommere, og stranding av fisk vil ikke være en problemstilling når arealer tørrlegges.

Vurderinger

I Akerselva er det tidligere dokumentert at stabilt lav vannføring over lengre tid forverrer forholdene for fisk og bunndyr, og kan føre til fiskedød (Bremnes og Saltveit 1997). Dette skjedde i 1996, da vannføringen i en lengre periode var lavere enn minstevannføringen. Slike forhold øker betydningen av diffuse utslipp, gir sedimentasjon og økt begroing. Bremnes og Saltveit (1997) anbefalte med bakgrunn i de store negative konsekvenser de lave vannføringene i 1996 medførte, at det ikke burde tillates vannføringer lavere enn den pålagte minstevannføringen. Simuleringene av elvebredden og vanndekket areal viser imidlertid at det produktive arealet endres lite mellom $1,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (sommervannføring) og $0,75 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Det er her også minimale endringer i vannhastighet og vanddyp. Lavere vannføringer enn $0,75 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ anbefales ikke, da det fører til sterk reduksjon i produktivt areal og til svært lave vannhastigheter.

Videre vil svært lave vannføringer redusere vannhastigheten betydelig. Som nevnt unngår små laksunger de helt sakteflytende områdene ($<5\text{-}10 \text{ cms}^{-1}$) (Heggenes & Borgstrøm 1990), og slike hastigheter vil være tilfelle ved lavere vannhastigheter enn $0,75 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Laks og ørret finnes som oftest dypere enn 20 cm. Et dominerende vanddyp lavere enn 20-25 cm vil være et resultat av vannføringer lavere enn $0,75 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ og mangel på dypområder kan i tillegg begrense antall større fisk (Shuck 1945, Kennedy & Strange 1982).

Blir vannhastigheten for lav vil ofte fint materiale, sand og silt, dekke elvebunnen og gjøre slike strekninger mindre egnet for gyting. Sand og silt kan også redusere eggoverlevelse i gytegroper fordi det blir liten gjennomstrømning av oksygenrikt vann.

Konklusjon:

- Reduksjon i vannføring lavere enn minstevannføring er vurdert ikke å føre til økt dødelig hos laks og ørret som følge av stranding
- Ved vannføring lavere enn $0,75 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ er det store endringer i elvebredden, vanndekket areal, vannhastighet og dyp, som vil redusere det produktive areal og kvaliteten på oppvekstområdene
- Sand og silt kan redusere eggoverlevelse i gytegroper
- Lavere vannføringer enn $0,75 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ bør ikke tillates

3.8 Hastighet på økning i vannføring

Høy vannføring eller økning i vannføring har direkte og indirekte effekter på fisk og bunndyr. Substrat kan flyttes, habitat endres og organismer vil enten søke ned i elvebunnen eller gå i drift. Det har vært få analyser på om det er en klar terskel for grad av økning i vannføring og når drift kan anses å være katastrofal. Videre er det lite empirisk grunnlag for når fysiske prosesser kan utløse en økning i drift bunndyr. Det er vanskelig å svare på hvor fort vannføringen kan settes opp. Ved lav vannføring, opptil $5,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (breddfull elv) bør sannsynligvis økningen skje langsommere enn dersom utgangspunktet er høye vannføring. Videre er det også vist at en økning i vannføring etter en lang periode med stabil vannføring har mye større effekt på bunndyr enn om en økning i vannføring følger etter vedvarende

variasjoner i vannføring (Irvine 1985), som konkluderer med at det er nødvendig å kjenne vannføringsforholdene i elva, for å kunne forutsi effektene av en økning i vannføring.

Tallrike studier har vist at flom på kort sikt reduserer mengde og mangfold i bunndyr-samfunnet, men til hvilket tidspunkt eller ved hvilket nivå på flommen dette inntreffer er diskutabelt. Imidlertid gjenopprettes både mengde og mangfold forholdsvis hurtig og virvelløse dyr har faste bestander selv i svært flomutsatte bekker. Dette skyldes at mange arter har morfologiske, atferdsmessige og livshistoriestrategier som takler effektene av flom.

3.9 Variasjoner i vannføring

Etter perioder med stabil vannføring (minstevannføring), kan det være behov for økt vannføring for å gjenskape et mer heterogent habitat for fisk og næringsdyr. En utjevnert og lavere vannføring uten store ekstremflommer, kan føre til endringer i de fysiske forholdene i elva, særlig økt sedimentasjon av materiale som sand og grus. Det er et ønske om å få vurdert om variasjon i vannføring, f.eks. mellom 1 og 3 m³s⁻¹ (middelvannføring på 1,5 m³s⁻¹), kan være positiv for livet i elva istedenfor å holde en helt konstant minstevannføring. Hensikten vil være å øke vannhastigheten for å unngå sedimentering av silt og sand. Det er lite sannsynlig at den vannføringsvariasjon det siktes til vil fjerne sand og silt. Økningen i vannføring fra 1 til 3,5 m³s⁻¹ gir maksimalt en økning i vannhastighet på 25 cm/s, som neppe er tilstrekkelig.

Naturlig tilsig i nedbørperioder fra restfeltet nedenfor Maridalsvannet vil gi minst den variasjon i vannføring det her er snakk, og det er derfor ikke nødvendig med slipp fra Maridalsvannet for å oppnå en viss variasjon i vannføringen. Videre vil vårflom og høstflom og de perioder det er nødvendig å slippe vann fra Maridalsvannet ha en større effekt hva angår fjerning av sand og silt.

4. Konklusjon

- Variasjoner i vannføringer innenfor breddfull elv (dvs. uten nevneverdig reduksjon i vanddekket areal), har liten effekt på livet i Akerselva
- Det er bare fra 3,5 m³s⁻¹ og ned til sommer- eller vintervannføringen at vannføringsreduksjon vil tørrelegge arealer. Stranding av fisk er vurdert å ikke være en aktuell problemstilling innenfor gjeldende manøvreringsreglement for Akerselva, siden tørrlegging av arealer skjer svært langsomt
- Biologiske konsekvenser vurderes ut fra tre ulike scenarier hva angår endringer og manøvrering av vannføring:
 1. Ved fastsatt prosedyre for vannføringsreduksjon vil en reduksjon i vannføring fra 3,5 til 2,0 m³s⁻¹ ikke gi stranding av fisk mellom Maridalsvannet og Grønvolddammen eller mellom Grønvolddammen og Brekkedammen, fordi selve damkrona og terskler vil holde vannspeilet nærmest uforandret. Fisk vil heller ikke strande ved reduksjon fra 3,5 m³s⁻¹ nedenfor Brekkedammen pga. liten arealendring og fordi endringene vil skje langsomt.

2. Ved en overgang fra sommer til vintervannføring (1. november) er arealendringene svært små og senkningen slik den praktiseres i dag skjer for hele elva langsommere enn anbefalt senkningshastighet. En overgang fra sommer- til vintervannføring fører derfor ikke til stranding av fisk eller økt dødelig hos laks og ørret. Senkningen i vannføring medfører heller ikke tørrlegging av gytegroper.
3. Endringer knyttet til lavere vannføring enn minstevannføring, dvs. reduksjoner i vannføring fra $1,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, medfører betydelige endringer i elvebredde med påfølgende tørrlegging av strandnære områder. Imidlertid synker vannstanden svært langsomt, og reduksjon i vannføring lavere enn minstevannføring fører derfor *ikke* til økt dødelig hos laks og ørret som følge av stranding. Ved vannføring lavere enn $0,75 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ er det imidlertid store endringer i elvebredde, vanddekket areal, vannhastighet og dyp, som vil redusere det produktive areal og kvaliteten på oppvekstområdene. Sand og silt kan redusere eggoverlevelse i gytegroper og det anbefales at vannføringer lavere enn $0,75 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ikke tillates.

5. Referanser

- Alexander, G.R. & Hansen, E.A. 1983. Sand sediment in a Michigan trout stream Part 2. Effects of reducing sand bedload on a trout population. *North American Journal of Fisheries Management* 3: 365-372.
- Bakken, T. H., Forseth, T. & Harby, A. (red.). 2016. Miljøvirkninger av effektkjøring: Kunnskapsstatus og råd til forvaltning og industri. - NINA Temahefte 62. 205 s.
- Bohlin, T. 1977. Habitat selection and inter cohort competition of juvenile sea-trout (*Salmo trutta*). *Oikos* 29: 112-117.
- Bremnes, T. og Saltveit, S. J. 1997. Årsaker til reproduksjonssvikt hos laks i Akerselva våren 1997. *Notat Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo* 2/98. 13 s.
- Cunjak, R.A. 1988. Behaviour and microhabitat of young Atlantic salmon (*Salmo salar*) during winter. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 45: 2156-2160.
- Cunjak, R.A. og Power, G. 1986. Winter habitat utilization by stream resident brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and brown trout (*Salmo trutta*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 43: 1970-1981.
- (DeGraaf, D.A. & Bain, L.H. 1986. Habitat Use by and Preferences of Juvenile Atlantic Salmon in Two Newfoundland Rivers. *Transactions of the American Fisheries Society*, 115:
- Elliott, J.M. 1986. Spatial distribution and behavioural movements of migratory trout *Salmo trutta* in a Lake District stream. *Journal of Animal Ecology*, 55: 907-922.
- Gibson, R.J. 1993. The Atlantic salmon in fresh water: spawning, rearing and production. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 3: 39-73
- Halleraker, J.H., Saltveit, S.J., Harby, A., Arnekleiv, J.V., Fjeldstad, H.-P. & Kohler, B. 2003. Factors influencing stranding of wild juvenile brown trout (*Salmo trutta*) during rapid and frequent flow decreases in an artificial stream. *River Research and Applications*, 19: 589-603.
- Heggenes, J. 1988. Substrate preferences of brown trout fry (*Salmo trutta*) in stream channels. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 45: 1801-1806.
- Heggenes, J. 1990. Habitat utilization and preferences in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) in streams. *Regulated Rivers* 5: 341-354.
- Heggenes, J. & Borgstrøm, R. 1988. Effect of mink, *Mustela vison* Schreber, predation on cohorts of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L, and brown trout, *S. trutta* L., in three small streams. *Journal of Fish Biology* 33: 885-894.

- Heggenes, J. & Saltveit, S.J. 1990. Seasonal and spatial microhabitat selection and segregation in young Atlantic salmon, *Salmo salar*, and brown trout, *S. trutta*, in a Norwegian river. *J. Fish Biol.*, 36, 707-720.
- Heggenes, J., Krog, O.M.W., Lindås, O.R., Dokk, J.G. & Bremnes, T. 1993. Homostatic behavioural responses in a changing environment: brown trout (*Salmo trutta*) become nocturnal during winter. *Journal of Animal Ecology* 62: 295-308.
- Hvidsten, N.A. 1985. Mortality of pre-smolt Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and brown trout, *Salmo trutta* L., caused by rapidly fluctuating water levels in the regulated River Nidelva, central Norway. *Journal of Fish Biology* 27: 711-718.
- Irvine, J. R. 1985. Effects of Successive Flow Perturbations on Stream Invertebrates *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42(12): 1922-1927
- Karlström, Ö. 1977. Habitat selection and population densities of salmon (*Salmo salar* L.) and trout (*Salmo trutta* L.) parr in Swedish rivers with some references to human activities. *Acta univ. Upsaliensis* 404: 1-12.
- Kennedy, G.J.A. & Strange, C.D. 1982. The distribution of salmonids in upland streams in relation to depth and gradient. *Journal of Fish Biology* 20: 579-591.
- Lancaster, J. 2015. Beregninger av vannstander og vanndekkede arealer ved lavvannføringer i Akerselva. Notat Norconsult 13 s.
- Moir, H.J., Soulsby, C. & Youngston, A. 1998. Hydraulic and sedimentary characteristics of habitat utilized by Atlantic salmon for spawning in the Girnock Burn, Scotland. *Fisheries Management and Ecology*, 5: 241-254.
- Morantz, D.L., Sweeney, R.K., Shirvell, C.S. & Longard, D.A. 1987. Selection of microhabitat in summer by juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 44: 120-129.
- Rimmer, D.M., Paim, U. & Saunders, R.L. 1983. Autumnal habitats shift of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) in a small river. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40: 671-680
- Rincon, P.A. & Lobon-Cervia, J. 1993. Microhabitat Use by Stream-Resident Brown Trout: Bioenergetic Consequences. *Transactions of the American Fisheries Society*, 122:
- Saltveit, S.J. 1996. Skjønn Ulla Førre. Fiskeribiologisk uttalelse. Begroing og ungfisk. *Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo*, 162, 48 s.
- Saltveit, S.J. & Brabrand, Å. 2002. Nytteeffekt av spyleflom i Akerselva. *Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo*, 213, 18s.
- Saltveit, S.J., Halleraker, J.H., Arnekleiv, J.V. & Harby, A. 2001. Field experiments on stranding in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) during rapid flow decreases caused by hydropeaking. *Regulated Rivers* 17: 609-622
- Saltveit, S.J., Brittain, J.E., Bremnes, T. & Brabrand, Å. 2012. 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. *Vann 03 2012*, 371- 385
- Saltveit, S.J., Bremnes, T., Brabrand, Å. & Pavels, H. 2016a. En vurdering av økologisk tilstand i Akerselva og Hovinbekken basert på bunndyr og fisk. Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo, Rapport nr. 50, 45s + vedlegg.
- Saltveit, S.J., Pavels, H. & Brabrand, Å. 2016b. Fisketrapp i Akerselva ved Nedre Foss. Tetthet av ungfisk og gytegrøper før og etter trappeåpning. Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo, Rapport nr. 52, 28s + vedlegg.
- Shuck, H.A. 1945. Survival, population density, growth and movement of the wild brown trout in Crystal Creek. *Transactions of the American Fisheries Society* 73: 209-230.
- Wesche, T.A., C.M. Goertler & W.A. Hubert. 1987. Modified habitat suitability index model for brown trout in southeastern Wyoming. *North American Journal of Fisheries Management* 7: 232-237.