

Potensial for produksjon av laks i Kvinavassdraget

Vurdering av tapsfaktorer og forslag til
kompensasjonstiltak

Gunnbjørn Bremset
Torbjørn Forseth
Ola Ugedal
Lars Jakob Gjemlestad
Laila Saksgård



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en ny, elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Norsk institutt for naturforskning

Potensial for produksjon av laks i Kvinavassdraget

Vurdering av tapsfaktorer og forslag til
kompensasjonstiltak

Gunnbjørn Bremset
Torbjørn Forseth
Ola Ugedal
Lars Jakob Gjemlestad
Laila Saksgård

Bremset, G., Forseth, T., Ugedal O., Gjermestad, L.J. & Saksgård, L. 2008. Potensial for produksjon av laks I Kvinavassdraget. Vurdering av tapsfaktorer og forslag til kompensasjonstiltak - NINA Rapport 321, 37 s.

Trondheim, januar 2008

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-1885-6

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Torbjørn Forseth og Gunnbjørn Bremset

KVALITETSSIKRET AV

Arne J. Jensen

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Odd Terje Sandlund (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)

Sira-Kvina kraftselskap

KONTAKTPERSON HOS OPPDRAGSGIVER

Per Øyvind Grimsby

FORSIDEBILDE

NØKKEWORD

- Kvinavassdraget
- Laks
- Regulert vassdrag
- Produksjonstap
- Fiskeforsterkende tiltak

KEY WORDS

- River Kvina
- Atlantic salmon
- Regulated rivers
- Production
- Compensatory measures

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 73 80 14 01

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 22 60 04 24

NINA Tromsø

Polarmiljøsentret
9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00
Telefaks: 77 75 04 01

NINA Lillehammer

Fakkelgården
2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 61 22 22 15

www.nina.no

Sammendrag

Bremset, G., Forseth, T., Ugedal, U., Gjemlestad, L.J. & Saksgård, L. 2008. Potensial for produksjon av laks i Kvinavassdraget. Vurdering av tapsfaktorer og forslag til kompensasjonstiltak. – NINA Rapport 321, 37 s.

Vannføringen i Kvinavassdraget er betydelig redusert etter at tilsiget fra store deler av nedbørsfeltet er overført til Siravassdraget. Som følge av dette er middelvannføringen i Kvina redusert fra 63 til 19 m³/s, og reduksjonen i vannføring er størst om våren og sommeren (80-90 %). I tillegg utnytter Trælandsfoss kraftverk i øvre deler av lakseførende strekning inntil 40 m³/s av restvannføringen i vassdraget. I den 800 meter lange elvestrekningen mellom kraftverksinntaket og –utløpet er vanddekt areal bestemt av vannføring i laksetrapp, lekkasjevann og eventuelt overløp over inntaksdammen.

I denne rapporten vurderer vi tapet i lakseproduksjon etter regulering og muligheter for å kompensere tapet ved å ta i bruk nye områder ovenfor dagens vandringshinder og ved habitattiltak på eksisterende lakseførende strekning. Det er flere potensielle tapsfaktorer for lakseproduksjon i Kvina, men vi har vurdert redusert vintervannføring som den viktigste tapsfaktoren i dagens situasjon. En annen viktig tapsfaktor er habitatdegradering i terskelbasseng, som utgjør om lag 29 % av vanddekt areal på lakseførende strekning. I tillegg er smolttapet på strekningen ved Trælandsfoss kraftverk anslått, og det er også gjort anslag for overlevelse til utvandrende laksesmolt som går gjennom kraftverkets turbiner. Ut over overnevnte tapsfaktorer vil andre faktorer som generell habitatdegradering, redusert sommervannføring og endret vann-temperatur påvirke smoltproduksjonen. Vi har ikke grunnlag for å vurdere effekten av disse.

Den teoretiske produksjonsevnen for laks er i dag vurdert å være om lag 29 000 laksesmolt (minimum 20 000 og maksimum 38 000 laksesmolt). Dagens smoltproduksjon er imidlertid anslått til å være betydelig lavere; 15 800 laksesmolt (10 900-20 600). Forskjellen skyldes smolttap som følge av redusert vintervannføring (10 700) og smolttap i turbinene i Trælandsfoss kraftverk (2 500). Den historiske smoltproduksjon, det vil si hvor mye smolt som ble produsert før regulering, var trolig om lag 36 000 (27 000-45 000) laksesmolt. Dette innebærer at samlet smolttap i Kvina som følge av regulering er om lag 20 000 laksesmolt.

Det finnes flere måter å kompensere for smolttapet i Kvina. Det mest kostnadseffektive tiltaket vurderes å være en tilrettelegging for lakseproduksjon i elvestrekningen ovenfor Rafossen. Dette kan gjøres ved at det etableres en effektiv fiskepassasje i Rafossen og/eller ved at det legges ut lakserogn i området oppstrøms Rafossen. Potensialet for smoltproduksjon i området opp til kalkdosereren ved Nyland, korrigert for tapsfaktorer, anslås til å være mellom 11 000 og 21 000 laksesmolt. Det finnes også et mindre potensial for lakseproduksjon lengre opp, men utnyttelse av dette vil kreve ytterligere tiltak både i forhold til kalking og fiskepassasjer. Store deler av området består av terskelbasseng med mye fint substrat. Bruk av området oppstrøms Rafoss til fiskeproduksjon forutsetter imidlertid en vesentlig endring i kjørestrategi ved Trælandsfoss kraftverk i perioden for smoltutvandring. På dagens lakseførende strekning er det mest effektive fiskeforsterkende tiltak å bedre oppvekstvilkårene for laks i terskelbassengene. Slike tiltak kan øke lakseproduksjonen med anslagsvis 5 500-8 300 laksesmolt.

Gunnbjørn Bremset, Torbjørn Forseth, Ola Ugedal & Laila Saksgård, Norsk institutt for naturforskning, 7485 Trondheim, Lars Jakob Gjemlestad, Universitetet for miljø- og biovitenskap, 1432 Ås, Gunnbjorn.Bremset@nina.no

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	4
Forord	5
1 Innledning	6
2 Områdebeskrivelse	7
3 Produksjonsevne og smolttap i Kvina	9
3.1 Dagens teoretiske produksjonsevne på lakseførende strekning	9
3.2 Produksjonstap som følge av vassdragsregulering.....	12
3.2.1 Endringer i vannføringsregime.....	12
3.2.2 Endringer i lavvannføring om sommeren.....	13
3.2.3 Endringer i lavvannføring om vinteren	15
3.2.4 Endret vanntemperatur.....	17
3.2.5 Habitatdegradering.....	18
3.2.6 Minstevannføringsstrekning.....	19
3.2.7 Smolttap i Trælandsfoss kraftverk	19
3.2.8 Andre reguleringseffekter som ikke kan tallfestes	22
3.2.9 Samlet smolttap på grunn av reguleringer	23
3.3 Sammenheng mellom smoltproduksjon og elvefangst av laks.....	24
4 Produksjonsevne ovenfor lakseførende strekning	26
4.1 Elvestrekningen mellom Rafossen og Nyland	26
4.2 Elvestrekningen mellom Nyland og Kvitingen	27
5 Kompensasjonstiltak	28
5.1 Tilrettelagt lakseproduksjon i øvre deler av Kvina	28
5.2 Valg av kultiveringsstrategi ovenfor Rafossen	29
5.3 Modifisering av terskler og terskelbasseng	30
5.4 Utlegging av grovt bunns substrat.....	30
6 Konklusjoner	32
7 Referanser	33

Forord

På oppdrag fra Fagråd for fisk Kvinesdal vurderer vi i denne rapporten hvor stort tapet av lakse-smolt er etter regulering av Kvina, og om det er mulig å kompensere for tapet ved å ta i bruk nye områder ovenfor dagens vandringshinder og ved habitattiltak på eksisterende lakseførende strekning. Prosjektet ble samkjørt med en masteroppgave gjennomført av Lars Jakob Gjemlestad ved Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB). Professor John Brittain ved UMB og prosjektleder Torbjørn Forseth har vært veiledere. Lars Jakob Gjemlestad har som en del av masteroppgaven gjennomført skjulmålinger, elektrisk fiske og klassifisert substrat i eksisterende lakseførende strekning.

I tillegg til overnevnte undersøkelser har Gjemlestad gjennomført en studie av spredning av årsyngel fra gytegroppene, men disse resultatene vil ikke bli omhandlet i denne rapporten. Gjemlestad har analysert data fra habitatstudiene samt gjennomført alle nye arealberegninger som inngår i denne rapporten. Fordi resultatene fra disse undersøkelsene skal publiseres i en masteroppgave, vil bare enkelte viktige hovedfunn av spesiell relevans for målsettingene bli presentert her. For mer detaljerte resultater og vurderinger viser vi til masteroppgaven til Lars Jakob Gjemlestad (ferdigstilt våren 2008).

Vi takker Randulf Øysæd for assistanse i forbindelse med feltarbeidet, og for å ha bidratt med viktig informasjon om vassdraget og reguleringene. Borregård Trælandsfoss har bidratt med data om turbiner og informasjon om kjøremønstre i Trælandsfoss kraftverk. Til slutt takkes Sira-Kvina kraftselskap, som er formell oppdragsgiver, for oppdraget.

Trondheim, januar 2008

Torbjørn Forseth
Prosjektleder

1 Innledning

Historisk sett har Kvina vært et godt laksevasdrag, med rapporterte årsfangster av laks på over fem tonn i perioden 1870-1890. Deretter avtok de rapporterte fangstene utover 1900-tallet (Johnsen med flere 1999). Vassdraget har vært kraftig påvirket av forsuring, og den opprinnelige bestanden av laks er betraktet som utdødd i Kvina (Sivertsen 1989). I nyere tid har reguleringen av Sira og Kvina medført en bortføring av to tredjedeler av vannføringen fra Kvinavassdraget. I tillegg er det bygd flere terskler på lakseførende strekning, og konsekvensene for gyte- og oppvekstområdene i vassdraget har vært betydelige. Etter at det ble satt i gang kalking på midten av 1990-tallet, er vassdraget igjen på vei til å bli en viktig elv for sportsfiske etter laks og sjøaure.

Ungfiskbestandene av laks og aure ble i perioden 1995-2005 undersøkt på 10 stasjoner i Kvina (Larsen med flere 2006). Gjennomsnittlig tetthet av laksyngel lå i perioden 1995-1998 mellom 3 og 8 individer pr. 100 m². I perioden 1999-2004 økte tettheten til 20-30 årsyngel pr. 100 m², og i 2005 ble det registrert mer enn 40 årsyngel pr. 100 m². I perioden 2002-2005 ble det funnet laksyngel på alle stasjonene i Kvina, mens det før 1999 ikke ble påvist laksunger ovenfor Trælandsfossen (Larsen med flere 2004). Etter starten av kalkingen kom de første årsklassene av egenprodusert gytelaks tilbake i 1998. At tettheten av laksyngel gikk noe ned i 2000 og 2001 kan henge sammen med noe lavere antall gytefisk høstene 1999 og 2000 (Ugedal med flere 2004).

Første året etter kalking (1995) ble det ikke funnet eldre laksunger i noen del av elva, og dette indikerer at det ikke var laksyngel i Kvina før kalkingen startet (Larsen med flere 2004). Utbredelsen økte til 90 % av stasjonene allerede i 2000, men var noe lavere igjen i perioden 2001-2003. Tettheten av eldre laksunger var i 2002 og 2003 i snitt 7 individer pr. 100 m². Tettheten av eldre laksunger har variert noe i perioden 1995-2005, men det har likevel vært en positiv utvikling i løpet av undersøkelsesperioden (Larsen med flere 2006).

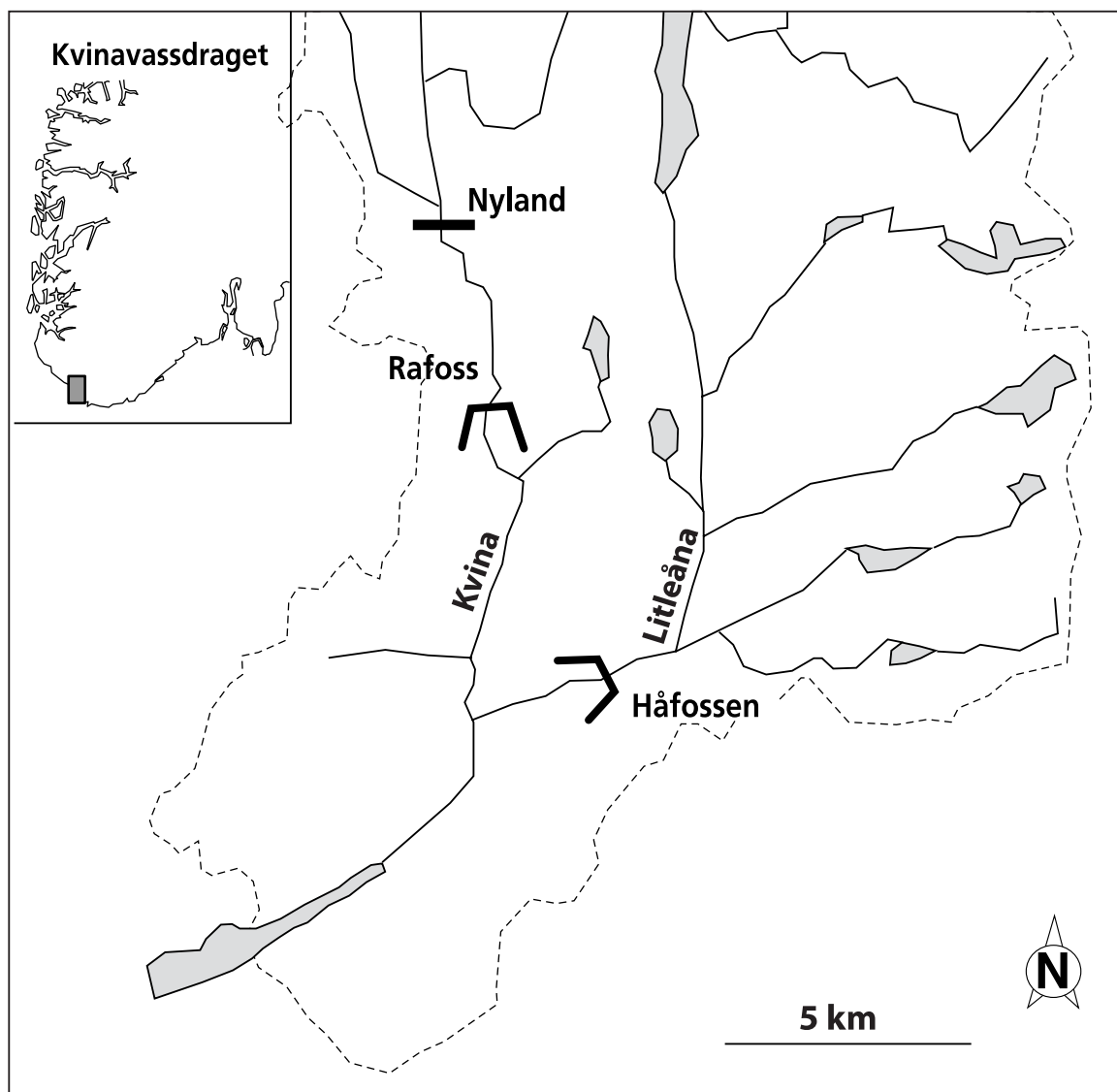
Før kalking var det svært lave tettheter av aure i den lakseførende delen av Kvina (Ousdal og Haraldstad 1986), og det var en klar økning i antall årsyngel av aure på midten av 1990-tallet. I 1995 var det nærmere 30 årsyngel pr. 100 m². Etter 1995 har det imidlertid vært en gjennomgående negativ tendens, og tettheten av årsyngel har avtatt på lakseførende del av Kvina. Reduksjonen i tetthet har vært størst ved Rafossen og på strekningen fra Liknes til utløpet i fjorden (Larsen med flere 2004). Nedgangen i tetthet av aureunger skyldes sannsynligvis konkurranse fra en voksende laksebestand.

Ugedal med flere (2004) har tidligere anslått at smoltproduksjonen i Kvina i dagens situasjon er om lag 20 000 laksesmolt, men dette estimatet var basert på en ekstrapolering av en reetableringssituasjon (etter kalking) og tapet etter regulering er ikke beregnet. Dette prosjektet har som overordnet mål å anslå hvor mye reguleringen av vassdraget har påvirket produksjonsevnen for laksefisk, og å vurdere om tapet kan kompenseres ved å ta i bruk områder ovenfor dagens lakseførende strekning. Dette oppnås gjennom følgende delmål:

1. Estimering av tapt produksjonsevne for laks i lakseførende deler av Kvina.
2. Vurdering av produksjonspotensialet ovenfor lakseførende strekning.
3. Vurdering av overlevelsen hos smolt som passerer Trælandsfoss kraftverk.
4. Vurdering av behov for og effekter av tiltak på nåværende lakseførende strekning.

2 Områdebeskrivelse

Kvinavassdraget ligger i Kvinesdal kommune i Vest-Agder fylke. Vassdraget består av to hovedgreiner, Kvina og Litlåna. Kvina ble regulert for kraftproduksjon første gang i 1909 ved bygging av Trælandsfoss kraftverk som utnytter fallet i Trælandsfossen, halvannen kilometer nedstrøms Rafossen der laksen stopper. Fra 1909 kunne kraftverket ta ut inntil $10 \text{ m}^3/\text{s}$ til kraftproduksjon, men uttaket ble økt til maksimalt $40 \text{ m}^3/\text{s}$ i ny tillatelse fra 1920. Denne reguleringen har skapt en 800 meter lang minstevannføringsstrekning. Kraftverket eies av Borregård Trælandsfoss (tidligere Trælandsfoss AS) og er konsesjonsfritt. Vassdraget ble ytterligere regulert av Sira-Kvina kraftselskap i 1968, ved at øvre deler av nedbørsfeltet (800 km^2) ble overført til Siravassdraget. Grensen for reguleringen går om lag ved Homstølmagasinet nordøst for Tonstad i Sirdal. Totalt nedbørsfelt for Kvinas hovedvassdrag er $1\,150 \text{ km}^2$, slik at gjenværende, uregulert del er om lag 340 km^2 . Nedbørsfeltet til Litlåna (227 km^2) er uberørt av kraftutbygging (Hindar 1992). Laks og sjøaure kan i Kvina gå opp til Rafossen (om lag 13 km), og i Litlåna opp til Håfossen ved Åmot (om lag 2 km). Samlet anadrom strekning er følgelig cirka 15 km (se figur 1).



Figur 1. Kart over lakseførende deler av Kvinavassdraget. Vandringshindrene i Kvina og Litlåna er inntegnet. Undersøkellesområdet er fra Nyland og ned til utløpet i Fedafjorden.

Reguleringen av Kvina har ført til sterkt redusert vannføring i hovedvassdraget. Før regulering var middelvannføringen om lag $66 \text{ m}^3/\text{s}$ ved Rafossen, mens middelvannføring etter regulering er anslått til å være i overkant av $20 \text{ m}^3/\text{s}$ (Hindar 1992). Normal vannføring ut fra Homstølmagasinet er mindre enn $3 \text{ m}^3/\text{s}$, men i flomperioder kan vannføringen ut fra magasinet være betydelig (Hindar 1992). Regulanten Sira-Kvina kraftselskap er pålagt minstevannføringer på $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$ i vinterperioden (oktober-april) og $3,7 \text{ m}^3/\text{s}$ i sommerperioden (mai-september). Minstevannføringene måles på Stegemoen vannmerke ved Rafossen. I og med at Litlåna er uregulert er vannføringen nedstrøms samløpet sjelden lavere enn $2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Det er bygd tre terskler på strekningen fra Fedafjorden og opp til Rafossen. Ved utløpet av Rafossbassenget er det en terskel av sprengt stein. Like nedenfor terskelbassenget er det en steindam som sperrer elveleiet. Mellom disse tersklene er inntaket til Trælandsfoss kraftstasjon. Det er bygd avsatser (laksetrapp) som skal hjelpe vandrende fisk å passere steindemningen. Det er bygd en relativt høy terskel ved Svindland, samt en terskel ved stadion nedstrøms Kvinesdal sentrum. I 1993 ble det bygd en kulpetrapp i denne terskelen for å lette oppgangen for vandrende fisk. Tersklene på strekningen er først og fremst etablert for å opprettholde vannspeilet. I 2006 ble terskelen ved Svindland senket slik at dette terskelbassenget ble redusert i størrelse.

3 Produksjonsevne og smolttap i Kvina

Det er svært vanskelig å anslå produksjonsevnen for laks og smolttapet på grunn av vassdragsregulering i Kvina. Hovedårsaken til dette er at vi mangler data om fiskebestandene før regulering, at bestandene har vært tapt i mange år på grunn av forsuring og at vi ikke vet sikkert om bestandene ennå er fullt ut reetablert etter kalking (Ugedal med flere 2004, Larsen med flere 2004, 2005, 2006). Fangststatistikken er den eneste dataserien vi har som kan presentere en før situasjon upåvirket av forsuring og vassdragsregulering. Denne viser imidlertid et markant fall i de rapporterte fangstene allerede i 1887 (se kapittel 3.3). Det er svært stor usikkerhet forbundet med å bruke så gammel fangststatistikk, fordi vi ikke vet hvor god rapporteringen var og heller ikke hvor høyt fangsttrykket var.

Med så lite kunnskap om bestandene før regulering kan vi ikke gjøre en tradisjonell før-etter vurdering, og har valgt følgende tilnærming for å anslå smolttapet etter vassdragsregulering:

1. Vi anslår dagens produksjonsevne for fisk ut fra registreringer av dagens habitatforhold.
2. Vi anslår tapet som skyldes endringer i miljøforhold som følge av endringer i vannføringsregime ut fra kunnskap fra andre vassdrag og undersøkelser.
3. Vi vurderer hvordan reguleringene har påvirket habitatforholdene.

Denne tilnærmingen innebærer altså at vi regner oss tilbake til den opprinnelige smoltproduksjonen, som er den eneste størrelsen vi kan sammenligne med før-data (fangststatistikk). Anslag for dagens smoltproduksjon kan videre sammenlignes med dagens fangster. Vi gjør oppmerksom på at den valgte tilnærmingen har stor usikkerhet, men er en tilnærming man tyr til i mangel av gode før-data fra vassdraget (jf. tilsvarende eksempel fra Åbjøravassdraget i Forseth med flere 2007b).

I tillegg til vassdragsregulering og forsuring har vassdraget vært påvirket av annen menneskelig aktivitet som kan ha påvirket vassdragets produksjonsevne for laksefisk. En svært viktig faktor i denne sammenheng er gruve drift ved Knaben, hvor det i perioden 1885 til 1973 ble utvunnet molybden (komponent i stålproduksjon). Dette har gitt store deponier av sand som inneholder både molybden og kobber, som er tilført vassdraget i betydelige mengder (www.ntnu.no/gemini/1993-04/7a.html, Langedal 1997). Vi har innenfor rammene av dette prosjektet ikke hatt mulighet til å vurdere hvor stor betydning denne aktiviteten, og annen menneskelig aktivitet i og rundt vassdraget (grusuttak, land- og skogbruk, veibygging osv), har hatt for vassdragets produksjonskapasitet for laksefisk. Det er imidlertid liten tvil om at både økt tilførsel av sand fra gruvevirksomheten, og generelt økt tilførsel av finpartikulært materiale fra nedbørsfeltet, har bidratt til endringene i habitatforhold i Kvina.

3.1 Dagens teoretiske produksjonsevne på lakseførende strekning

Med begrepet dagens teoretiske produksjonsevne mener vi den produksjonen som vi tror det er mulig å oppnå ut fra dagens substratforhold, uten at vi tar hensyn til vannføringsregime og hvordan dette påvirker fiskeproduksjonen. Den akkumulerte effekten av sedimentering av finmasser i terskelbassenger og generell habitatdegradering er derimot inkludert (se kapittel 3.2.5), fordi våre skjul- og substratregistreringer antas å ha (i alle fall delvis) fanget opp slike forhold. Det ble klart tidlig i prosjektet, basert på målinger av bredden på elva på to vannføringer og informasjon fra lokalkjente, at vanddekt areal trolig har endret seg lite etter regulering og varierer lite med vannføring. Årsakene til dette er at det er bygd terskler i de flate områdene, at vannet er spredt over store areal, samt at de brattere områdene har en trauform som gjør at vanddyppet øker når vannføringen øker, samtidig som bredden på elva endrer seg lite. Dette gjør at vi først kan anslå produksjonsevnen på arealbasis uten å vurdere betydningen av vannføringen.

Lakseførende strekning av Kvina er klassifisert i forhold til elveklasser (foss; dypstryk; glattstrøm; kulp; grunnområder) og bunnssubstrat (silt, sand og fin grus; grov grus og småstein; stein; storstein og blokk), og arealene av de ulike klassene er beregnet (Ugedal med flere 2004). Etter at denne klassifiseringen ble gjennomført er det utviklet metoder for direkte måling av skjul for lakseparr (Finstad med flere 2007), og klassifiseringen til elveklasser er videreutviklet (Borsányi med flere 2004). Skjulmålingene blir gjennomført ved å måle hvor langt en 13 mm tykk plastikkslange kan stikkes inn i hulrom i substratet innenfor en 0,25 m² stor ramme som legges ut på elvebunnen. Størrelsen av hvert skjul kategoriseres til 1 (2-5 cm), 2 (5-10 cm) og 3 (>10 cm), og antallet skjul i de tre kategoriene registreres. Metoden er utviklet for å kunne måle mengden skjul for eldre laksunger. Ved å gjennomføre flere slike målinger i tilfeldig valgte ruter, innenfor et område som vurderes som relativt uniformt i forhold til substrat, kan man få et uttrykk for områdets skjulkapasitet.

Som en del av dette prosjektet og masteroppgaven til Lars Jakob Gjemlestad, ble det sommeren 2007 gjennomført fem til 10 skjulmålinger på tilfeldig valgte punkt innenfor hver av delstrekningene (totalt over 200 målinger), definert ut fra substratklassifiseringen. Skjulkapasiteten ble beregnet som gjennomsnittlig vektet skjul innenfor hvert delområde. Vektet skjul S_v ble beregnet som:

$$S_v = S_1 + S_2 \cdot 2 + S_3 \cdot 3,$$

Hvor S_1 til S_3 er antall skjul av kategori 1 til 3. I tillegg til skjulmålingene ble substratet vurdert ut fra hvilke partikkelstørrelser som dominerte (dominerende substrat) eller var vanlig (subdominerende) i elvebunnen, både i kvadratene og i strekningene vurdert samlet.

Inndelingen i substratklasser var som følger (partikkelstørrelse i parentes):

- Silt, sand og fin grus (<2 cm),
- Grov grus og småstein (2-15 cm),
- Stein (16-35 cm),
- Blokk (>35 cm),
- Fast fjell.

Til slutt ble også delstrekningene klassifisert ut fra et nytt og mer objektivt klassifiseringssystem (Mesohabitatsystemet; Borsányi med flere 2004), ut fra grenseverdier for strømningshastigheter, overflatebølger, gradient og vanddybder. Strekningene ble klassifisert til en av følgende elveklasser:

- Kulp (stilleflytende og dypt område),
- Grunnområde (stilleflytende og grunt område),
- Glattstrøm (raskflytende område med glatt overflate),
- Stryk (raskflytende område med overflatebølger),
- Dypstryk (relativt bratt, dypt og raskflytende område),
- Foss (svært bratt og raskflytende område).

I noen tilfeller ble det foretatt justeringer av habitatvurderingene sammenlignet med den opprinnelige klassifiseringen i Ugedal med flere (2004). Det ble også tatt hensyn til at terskelen på Svindland er senket, og at dette har påvirket habitatforholdene i oppstrøms ende av terskelbassenget.

Skjulmålingene og vurderingene av substratforhold og elveklasser danner grunnlag for å anslå den teoretiske produksjonsevnen for laks i de ulike delene av elva, samt for hele den lakseførende strekning. Dette grunnlaget benyttes også i tapsvurderingene (se kapittel 3.2). For å skaffe kunnskap om hvordan fisken fordeler seg i forhold til disse habitatforholdene, ble det i tillegg gjennomført (som en del av masteroppgaven til Lars Jakob Gjemlestad) elektrofiske på 1-2 stasjoner innenfor hver strekning (totalt 32 stasjoner). Stasjonene ble overfisket én gang, og all fisk ble lengdemålt og sluppet ut igjen. Relativ fisketetthet ble beregnet som antall fisk

fanget pr 100 m², sortert etter art og fiskestørrelse (årsyngel, all fisk eldre enn årsyngel og presmolt [laksunger større enn 10 cm, som sannsynligvis skal vandre ut som smolt våren 2008]).

Analysen av et tilsvarende materiale fra Nausta i Sogn og Fjordane viser at forholdet mellom forekomsten av årsyngel og eldre laksunger kan brukes som et mål for hvor godt et område er for produksjon av eldre laksunger og laksesmolt (Finstad med flere manuskript). I Kvina er det funnet en signifikant positiv sammenheng i forholdet N_E/N_{0+} , det vil si relativ tetthet av eldre laksunger (N_E) og årsyngel (N_{0+}), og skjulkapasiteten i området der elektrofiskestasjonene lå ($R^2=0,26$, $p=0,044$). Stasjoner hvor skjulmålingene i lite grad representerer skjulkapasiteten i elfiskeområdet ble tatt ut.

Den etablerte relasjonen viser at områder med mye skjul har mer eldre laksunger enn årsyngel (forholdet er høyere enn 1). Den mest nærliggende forklaringen for dette fenomenet er at eldre laksunger trekker inn til slike områder fra omkringliggende områder med mindre skjul. Områder med lite skjul i Kvina har mindre eldre laksunger enn årsyngel, og flere av disse områdene har lave forholdstall (under 0,5). Slike lave forholdstall indikerer at det er en overdødelighet i disse områdene, eller at de eldre fiskene vandrer bort fra slike områder til områder med mer skjul (se ovenfor). Disse analysene viser, sammen med tidligere publiserte og upubliserte studier fra andre systemer (Finstad med flere 2007), at de gjennomførte skjulmålingene fanger opp viktige egenskaper ved habitatet, og kan brukes som et grunnlag for å anslå produksjonskapasiteten for eldre laksunger og laksesmolt i ulike deler av elva.

Vektet skjul (S_v) ble ut fra den observerte fordelingen delt i klassene lite skjul (<5), middels skjul (5-10) og mye skjul (>10). Disse klassene ble deretter tilordnet ulike tetthetsnivåer av smolt som et grunnlag for å anslå områdenes produksjonsevne. Tetthetsnivåene ble tilordnet ut fra relativ tetthet av presmolt på elektrofiskestasjoner innenfor skjulklassene sommeren 2007, og tidligere resultater fra elektrofiske i vassdraget (effektkontrollen for kalkingen; Larsen med flere 2004, 2005, 2006). De relative presmolttetthetene sommeren 2007 var i snitt om lag 75 % høyere i skjulklasse 2 enn 1 og om lag 25 % høyere i klasse 3 enn 2. Med en moderat fangsteffektivitet ved elektrofiske (0,5) blir gjennomsnittlig tetthet av presmolt på stasjoner i de tre skjulklassene om lag 3,5 fisk i klasse 1, 6 fisk i klasse 2 og 7,5 fisk i klasse 3. Disse tetthetene antyder nivåer av presmolttettheter. Disse kan likevel ikke brukes direkte til å anslå dagens teoretiske produksjonsevne, siden dagens faktiske produksjon er påvirket av blant annet vannføringsforholdene.

Ut fra normal dødelighet fra presmolt om sommeren til smolt våren etter (~30 %), variasjon i presmolttettheter mellom stasjoner innenfor skjulklasser, liknende vurderinger fra andre vassdrag (se Ugedal med flere 2006) og en skjønsmessig vurdering av usikkerhet, satte vi en nedre og øvre grense for smolttetthet i de tre skjulklassene, og brukte arealene av de ulike klassene for å anslå grenseverdier og middels teoretisk smoltproduksjonsevne i den lakseførende delen av Kvina (**tabell 1**). Selv områder som på en større skala er vurdert til å være uten skjul (sand og mudderområder) har enkeltstrukturer som kan gi skjul for fisk (steiner, vegetasjon, røtter og lignende). Vi tilordnet derfor lave smolttettheter også til områder uten registrert skjul i bunnsstrat (skjulklasse 0).

Dagens teoretiske produksjonsevne anslås til å være i størrelsesorden 20 000-38 000 laksesmolt, med en snittverdi på om lag 29 000 laksesmolt (**tabell 1**). Dette tilsvarer en produksjon på 3,4 laksesmolt pr. 100 m² elvebunn. I flere regulerte norske elver har smoltproduksjonen blitt estimert ved merking-gjenfangst. I Suldalslågen i Rogaland varierte produksjonen i perioden 1999-2002 mellom 2,1 og 3,3 laksesmolt pr. 100 m² (Saltveit og Bremnes 2003). I Eira i Møre og Romsdal har produksjonen i perioden 2001-2006 variert mellom 2,8 og 4,1 laksesmolt pr. 100 m² (Jensen med flere 2007). I Orkla i Sør-Trøndelag har produksjonen av laksesmolt i perioden 1983-2002 variert mellom 4,0 og 10,8 smolt pr. 100 m², med et gjennomsnitt på 6,5 (Hvidsten med flere 2004). I Orkla er det imidlertid sannsynliggjort at smoltproduksjonen har økt etter regulering, primært på grunn av økt minste vintervannføring. Vårt gjennomsnitt for teoretisk smoltproduksjon ut fra substratforhold (skjul) framstår således som rimelig.

Vi har ikke datagrunnlag for å vurdere produksjonen av sjøauresmolt, primært fordi tettheten av aureunger i Kvina ser ut til fortsatt å være i endring som følge av en økende bestand av lakseunger (Ugedal med flere 2004, Larsen med flere 2005, 2006).

Tabell 1. Beregnet teoretisk produksjonsevne for laksesmolt i Kvina ut fra substratforholdene. Usikkerheten i beregningene framgår av spennet i minimums- og maksimumsverdier for produksjonsoverslagene. Alle tall er av samme grunn avrundet til nærmeste hundre eller tusen.

Skjulverdi	Areal (m ²)	Tetthet (smolt / 100 m ²)	Estimert teoretisk smoltproduksjon		
			Minimum	Maksimum	Middel
0	371 000	0,1 – 0,5	400	1 900	1 100
1	240 500	2 - 4	4 800	9 600	7 200
2	118 500	5 - 9	5 900	10 700	8 300
3	125 000	7 - 13	8 800	16 300	12 500
Totalt	854 000	-	20 000	38 000	29 000

3.2 Produksjonstap som følge av vassdragsregulering

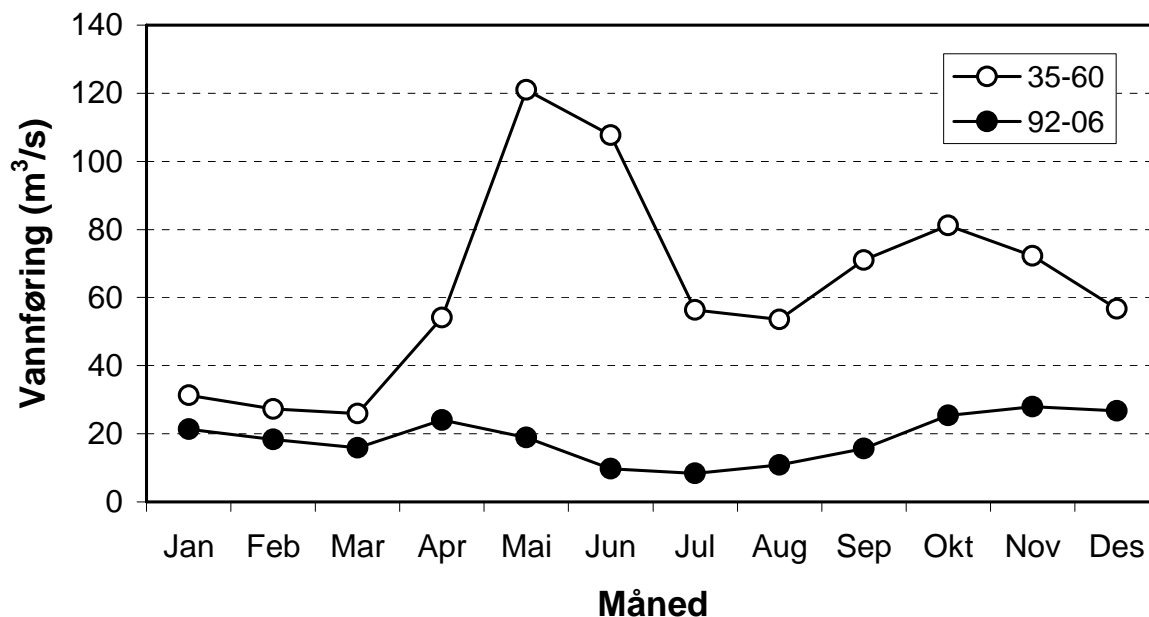
Produksjonstapet er definert som forskjellen mellom nåværende teoretiske produksjonsevne og produksjonsevnen vassdraget ville ha hatt uten reguleringsinngrep. I mangelen av gode data fra førsituasjonen, må produksjonstapet anslås med mer indirekte metoder. Sentralt i disse vurderingene er reguleringseffekter som tidligere er dokumentert å kunne påvirke produksjonen av laks og sjøaure:

1. Endringer i vannføringsregime. Reduksjon i vanddekt areal i vekstperioden og endret vintervannføring har vist seg å kunne ha store effekter på lakseproduksjon.
2. Endringer i vanntemperaturer i vekstsesongen. Temperaturendringer påvirker både fiskenes vekst og smoltalder, noe som igjen har betydning for samlet smoltproduksjon.
3. Overlevelse hos smolt som går gjennom turbiner. Overlevelsen er i stor grad avhengig av hvilken utforming turbinen har.

3.2.1 Endringer i vannføringsregime

Det foreligger vannføringsmålinger i Kvina fra perioden før Sira-Kvina utbyggingen. På NVE sin stasjon ved Rafossen er det gjennomført vannføringsmålinger i perioden 1934-1960. Etter regulering foreligger det vannføringsmålinger fra NVE sin stasjon ved Stegemoen (ved Rafossen) fra 1992 til dags dato. For å illustrere endringer i vannføring i elva som følge av Sira-Kvina utbyggingen, har vi sammenliknet noen vannføringsmål basert på disse måleseriene. Vi har ikke vurdert hvordan eventuelle endringer i klima, i form av redusert eller økt tilsig, har påvirket vannføringen i disse periodene.

Vannføringen i Kvina er sterkt redusert som følge av kraftutbyggingen (**figur 2**). Før regulering var middelvannføringen 63,2 m³/s (variasjonsbredde 42-90 m³/s). Etter regulering er middelvannføringen redusert til 18,6 m³/s (variasjonsbredde 12-29 m³/s). Dette innebærer en reduksjon i middelvannføring på 70 %. De største reduksjonene i vannføring har skjedd om våren og sommeren (mai-august) med reduksjoner i middelvannføring på 80-90 %. Reduksjonen i middelvannføring er mindre om vinteren (januar-mars) med en reduksjon på 30-40 %.



Figur 2. Gjennomsnittlig månedsvannføring i Kvina før regulering (1935-1960) og etter regulering (1992-2006). Data fra NVE.

Disse vannføringsendringene kan påvirke fiskeproduksjonen på flere måter. Lave vannføringer om sommeren kan begrense både størrelse og kvalitet av fiskenes leveområde, mens lave vintervannføringer kan påvirke vinteroverlevelsen (Chadwick 1982, Gibson og Myers 1988, Cunnjak med flere 1998, Hvidsten med flere 2004, Næsje med flere 2005). Det ser ut til at spesielt lavvannsperioder er viktige om vinteren (Hvidsten med flere 2004, Næsje med flere 2005).

Redusert vannføring endrer også vanntemperaturforholdene, spesielt om sommeren, når samme innstråling virker på en redusert vannmengde og gir høyere temperaturer. Slike endringer kan både påvirke fiskens vekst og risiko for sykdom (se eksempel i Forseth med flere 2007b). Fordi de dimensjonerende flommene som tidligere inntraff om våren og høsten er betydelig redusert, påvirkes også de mer langsiktige fluviale prosesser (som meandering og dannelse av nye elveløp) og sedimenttransport i vassdraget (Clifford 1993, Fergus og Bogen 2006). Dette kan påvirke kvaliteten og mengden av egnete leveområder for laksunger.

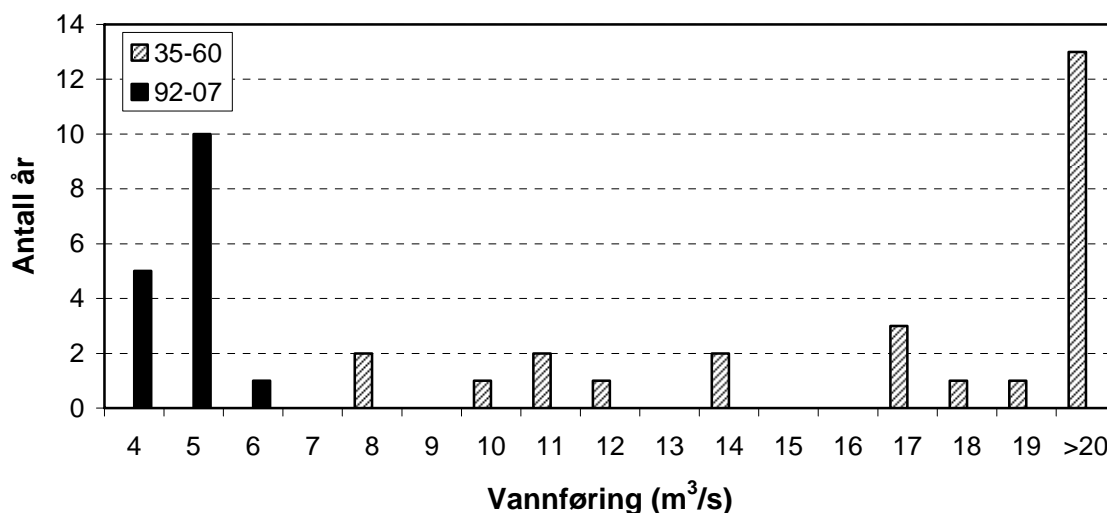
I tillegg er det også en 800 meter lang minstevannføringsstrekning ved Trælandsfossen, som i lange perioder av året bare får lekkasjevann fra kraftverkets tilførselskanal. Om sommeren går det vann i laksetrappa ved inntaksdammen til kraftverket. Dette området har sterkt redusert produksjonspotensial for laksefisk.

3.2.2 Endringer i lavvannføring om sommeren

Når en vassdragsregulering medfører reduserte vannføringer, kan også det potensielle produksjonsarealet for laksefisk reduseres. Med produksjon mener vi her vekst og overlevelse i løpet av sommeren. Kvalitet og mengde av sommerhabitat er viktig for bærekapasitet og fiske tetthet i laksebestander (Gibson 1993, Heggnes med flere 1999, Armstrong med flere 2003). Vi vet imidlertid ikke om det er gjennomsnittlig sommervannføring eller lavvannsperioder som er mest begrensende for produksjonen. I Kvina har det skjedd en betydelig reduksjon av vannføringen i sommerhalvåret (**figur 2**). Gjennomsnittlig månedlig vannføring i perioden juni-august, som er den perioden hvor mesteparten av laksungenes vekst foregår i Kvina, er redusert med fra 94 % i juni til 85 % i august (sammenlikning av vannføringer i perioden 1935-1960, med perioden 1992-2006).

For å vurdere hvor stor reduksjonen er i vannføring i lavvannsperioder, har vi beregnet laveste ukemiddel om sommeren (juni-august) før og etter regulering (**figur 3**). Denne verdien refereres heretter som ukeminimum. Før regulering (1935-1960) var det laveste ukeminimum 7,6 m³/s, men i de aller fleste åra var ukeminimum høyere enn 10 m³/s (23 av 26 år). Median ukeminimum (median er mindre sensitiv til avvikende verdier enn aritmetisk gjennomsnitt) var 19,4 m³/s før regulering. Regulanten Sira-Kvina kraftselskap er pålagt minstevannføring på 3,7 m³/s i sommerperioden (mai-september). Etter regulering (1992-2006) har ukeminimum vært ned mot pålagt minstevannføring i fem av 16 år, og medianverdien er redusert til 4,7 m³/s. Høyeste ukeminimum etter regulering har vært 5,6 m³/s. Basert på medianverdier har ukeminimum i Kvina blitt redusert med 76 % (fra 19,4 til 4,7 m³/s) etter regulering.

Reduksjonen av sommervannføring har altså vært betydelig i Kvina etter regulering. Denne reduserte sommervannføringen kan tenkes å påvirke fiskeproduksjonen negativt på flere måter. En opplagt årsak til redusert produksjon ved redusert sommervannføring er redusert vanndekt areal. Vi har ikke etablert noen sammenheng mellom vannføring og vanndekt areal, men det er gjennomført noen målinger av bredde av vanndekt område på utvalgte punkter ved vannføringer på ca 5 og 17 m³/s. Disse viste minimal forskjell. Sett sammen med informasjon fra lokalkjente tyder dette på at vanndekt areal om sommeren ikke nødvendigvis har endret seg mye etter regulering. I deler av Kvina er det bygd terskler som bidrar til at elvesenga er fylt opp med vann selv om vannføringen blir lav, og i de brattere områdene har elvesenga en trauform som gjør at vanddypet øker når vannføringen øker, mens bredden på elva endrer seg lite.



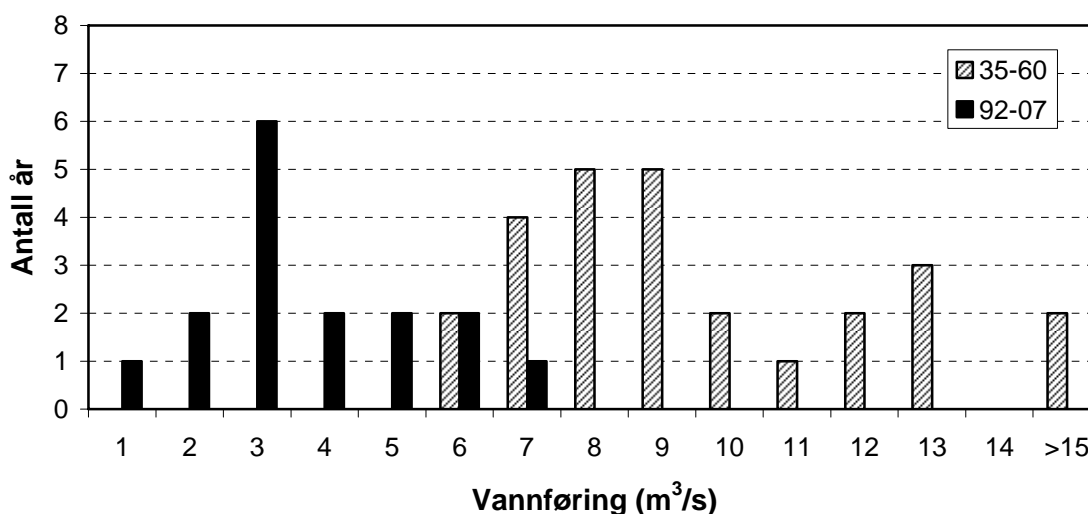
Figur 3. Frekvensfordeling av laveste ukemiddelvannføring om sommeren (juni-august) før (1935-1960) og etter (1992-2007) regulering av Kvina. Vannføringen er inndelt i intervaller på 1 m³/s, (det vil si 5 m³/s = 4,50-5,49 m³/s).

Selv om det ikke er større endringer i vanndekt areal vil redusert vannføring medføre et redusert vannvolum i elvestrengen. Dette vil føre til at laksunger i lavvannsperioder trenges sammen i mindre områder, som kan forsterke tetthetsregulerende mekanismer (konkurransen om egnet habitat) samt øke risikoen for stress og sykdom. Effektene av lavvannsperioder må antas å avhenge av periodens lengde og hvor lav vannføringen er. Lav sommervannføring gir også økte vanntemperaturer (se kapittel 3.2.4), som i kombinasjon med sammentrenging av fisken kan gi økt dødelighet. Det er således sannsynlig at store reduksjoner i vannføring om sommeren bidrar til å redusere produksjonen av laksefisk i Kvina. Vi har imidlertid verken datagrunnlag eller kunnskap til å kvantifisere denne effekten. Vi vurderer dessuten at lave vinter- og vårvannføringer i langt større grad enn lave sommervannføringer er en flaskehals for fiskeproduksjon i Kvina (se kapittel 3.2.3).

3.2.3 Endringer i lavvannføring om vinteren

Dokumentasjonen for at lav vintervannføring kan redusere vinteroverlevelse til laksunger er nå relativt god (Chadwick 1982, Gibson og Myers 1988, Cunjak med flere 1998), og i Altaelva (Næsje med flere 2005) og Orkla (Hvidsten med flere 2004) er det etablert korrelative relasjoner mellom minste ukemiddel eller døgnmiddel vintervannføring og henholdsvis ungfisktetthet og smoltproduksjon.

I Kvina var laveste ukeminimum (basert på kalenderuker) vintervannføring om lag $6 \text{ m}^3/\text{s}$ før regulering (1935-1960), og median ukeminimum var $8,8 \text{ m}^3/\text{s}$ (**figur 4**). Regulanten Sira-Kvina kraftselskap er pålagt minstevannføring på $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$ i vinterperioden (oktober-april). Etter reguleringen (1992-2006) har laveste ukeminimum vært nede på minstevannføring i ett år, vanligste ukeminimum er om lag $3 \text{ m}^3/\text{s}$ og median er $3,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Basert på medianverdier, har ukeminimum i Kvina blitt redusert med 62 % (fra $8,8$ til $3,3 \text{ m}^3/\text{s}$) etter regulering.

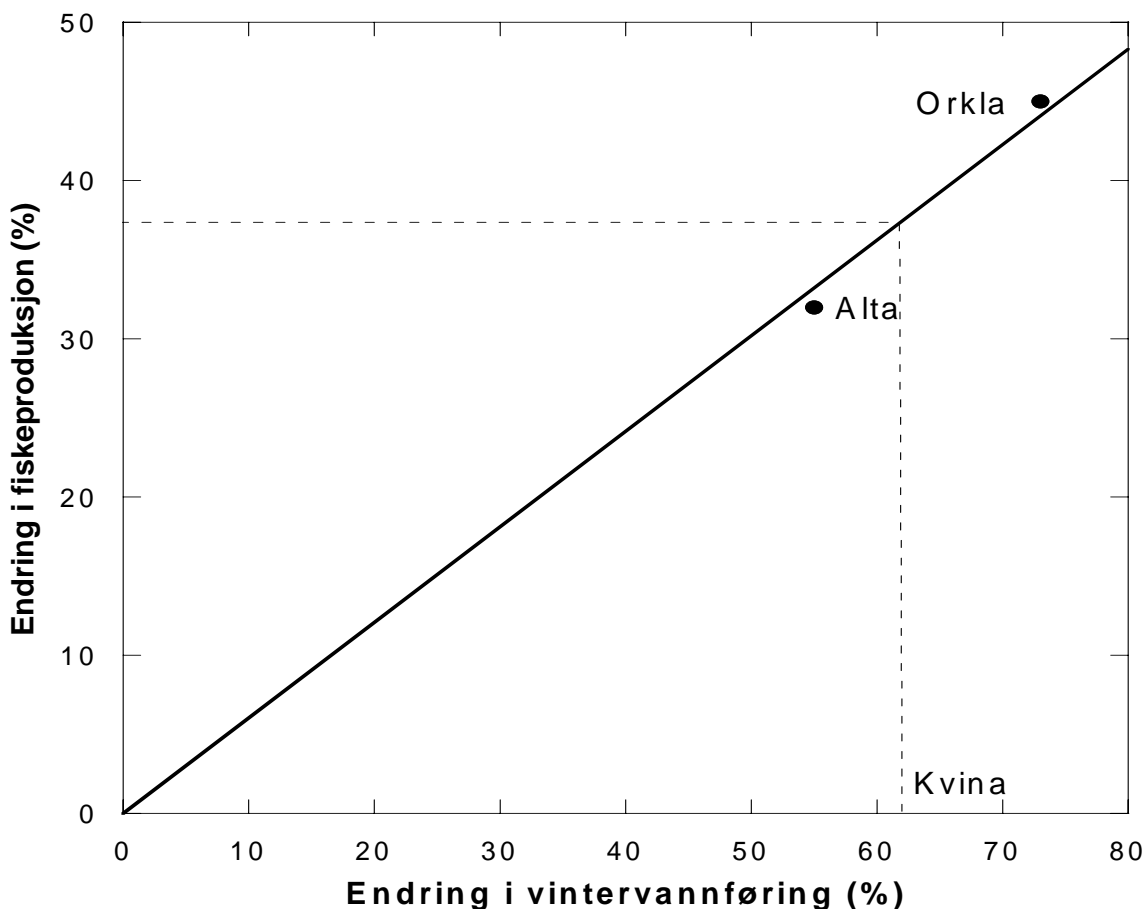


Figur 4. Frekvensfordeling av laveste ukemiddelvannføring om vinteren (desember-april) før (1935-1960) og etter (1992-2007) regulering av Kvina. Vannføringen er inndelt i intervaller på $1 \text{ m}^3/\text{s}$, (det vil si $5 \text{ m}^3/\text{s} = 4,50 - 5,49 \text{ m}^3/\text{s}$).

I forbindelse med beregning av smolttap etter regulering i Åbjøravassdraget, ble det basert på studier fra Altaelva og Orkla (Næsje med flere 2005, Hvidsten med flere 2004) utviklet en enkel modell for sammenhengen mellom endring i laveste ukemiddel vintervannføring (ukeminimum) og endring i fiskeproduksjon (Forseth med flere 2007b). En reduksjon i ukeminimum på 62 % i Kvina fører ifølge denne modellen til et tap i smoltproduksjon på 37 % (**figur 5**). Bruk av en slik sammenheng i Kvina er selvsagt usikker, og har to viktige antakelser. For det første at redusert vintervannføring som gir redusert vinteroverlevelse er et generelt fenomen i laksebestander. Publiserte studier fra åtte vassdrag tyder på at denne antakelsen kan være riktig, men det er et problem at vi ikke kjenner årsakssammenhengene for observasjonene. Den andre forutsetningen er at sammenhengen er lineær eller kan beskrives tilfredsstillende med en lineær sammenheng, i alle fall innenfor de relevante vannføringsnivåene.

Rent teoretisk er det ikke grunn til å anta at en sammenheng mellom minste vintervannføring og fiskeproduksjon er lineær for alle vannføringer. Når vintervannføringen blir veldig stor i forhold til elvestrengens størrelse, er det rimelig å anta at den positive effekten avtar, og før eller siden snur grunnet for høye vannhastigheter for laksunger. På de laveste vannføringene vil det skje store endringer i vanddekt areal, i sammensetning av elveklasser og i vanddyp, og det er rimelig å anta at den negative effekten på overlevelse og produksjon kan øke. Endringen i vintervannføring i Kvina etter regulering er imidlertid i samme størrelsesorden som endringene i

Altaelva og Orkla (**figur 5**), noe som gjør at problemet med ekstrapolering av relasjoner blir mindre enn det var i Åbjøra (Forseth med flere 2007b).



Figur 5. Endring i vintervannføring (laveste ukemiddel) plottet mot endring i fiskeproduksjon i Orkla (smoltproduksjon) og Altaelva (ungfisktetthet) og en trendlinje tvunget gjennom origo. Median endring i minste ukemiddel vintervannføring i Kvina og tilhørende endring i fiskeproduksjon (tap) er også inntegnet.

Tapsanslaget ovenfor er basert på endring i median minste ukemiddel vintervannføring. I gjennomsnitt tilbringer laksungene i Kvina minst tre vintre i elva før smoltutvandring, om vi regner med den første vinteren når fisken er på rognstadiet. Det finnes flere eksempler på rognødelighet (frysing og/eller tørking) i elver med lave vintervannføringer (Barlaup med flere 1994, 2005). Ved en befaring i Kvina i februar 2004 ble det observert at relativt store gytearealer var utsatt for uttørring/innfrysing ved en vannføring på 3,2 m³/s (Ugedal med flere 2004), altså en vannføring som har forekommet i halvparten av vintrene etter regulering. Lav vintervannføring i Kvina forekommer i perioder med lite avrenning fra restfeltet. Hvis lav vintervannføring sammenfaller med kaldt vintervær, vil sannsynligheten øke for at tørrlagte områder kan fryse, og dette øker sjansene for at egg og yngel fryser inne og dør.

Det ble vinteren og sommeren 2005 gjennomført temperaturmålinger på fem stasjoner i området nedenfor terskelen ved Stadion (egne upubliserte resultater). Temperaturloggere ble gravd ned i substratet, og mens en av loggerne ble lagt i et område som sikkert ikke ble tørrlagt, ble de andre lagt i områder som Ugedal med flere (2004) vurderte som utsatt for frysing. Når man tar hensyn til loggernes nøyaktighet og systematiske måleforskjeller (opp til 0,4 °C) mellom loggerne, er det lite sannsynlig at det var rognødelighet på grunn av frost i området denne

vinteren. Dette betyr imidlertid ikke at innfrysing og dødelighet av rogn kan utelukkes i andre gyteområder eller i andre år.

Lav vintervannføring påvirker også overlevelsen til eldre laksunger, uten at økt dødelighet nødvendigvis skyldes innfrysing. Cunjak med flere (1998) fant sammenhenger mellom årlige overlevelser og vintervannføring fra egg til 0+, fra 0+ til 1+ og fra 1+ til 2+. Dette indikerer at lave vintervannføringer kan gi redusert produksjon for de fleste aldersklassene. I Kvina ble det under en befaring i februar 2004 registrert at oppvekstområder ble tørrlagt ved lav vannføring (Ugedal med flere 2004). Det er derfor ikke usannsynlig at lave vintervannføringer kan ha en effekt på overlevelse hos eldre laksunger i Kvina, i tillegg til den negative effekten på overlevelse hos egg og årsyngel.

I løpet av ungfiskperioden kan en årsklasse av laks utsettes for lavere vintervannføring enn det medianverdiene tilsier. Når vi bruker medianverdi for vannføring vil halvparten av årene ha minste ukemiddel lavere enn vår medianverdi ($3,3 \text{ m}^3/\text{s}$), og medianverdien for disse åtte årene var $2,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Tilsvarende tall for de 13 laveste ukemiddelverdiene før regulering (1935-1960) er $7,6 \text{ m}^3/\text{s}$, og endringen blir på 64 % (fra førsituasjon til ettersituasjon). Forskjellen i tapsanslag med ulike tilnærminger til lav vintervannføring er derfor små. Fordi slike vannføringer oppstår i halvparten av årene og hver enkelt laksesmolt har tilbrakt minst tre vintre i elva, vil i praksis alle årsklasser av laks rammes av så lave vintervannføringer i løpet av ungfiskperioden.

En usikkerhet med vurderingen i Kvina er at de fysiske forholdene på lakseførende strekning er modifisert ved bygging av terskler. Tersklene utgjør 29 % av arealet på lakseførende strekning. Tersklene bidrar til å opprettholde et vanddekt areal selv om vannføringen blir liten. Dette kan motvirke negative effekter av redusert vannføring i de deler av elva hvor det er bygd terskler. Store deler av terskelbassengene er imidlertid dominert av finkornet substrat som ikke gir skjul til laksunger. I vinterhalvåret synes skjulplasser i substratet å være spesielt viktig for hvor laksunger velger å oppholde seg (Cunjak med flere 1998, Bremset 2000) og deres energiforbruk (Finstad med flere 2007). Det er derfor sannsynlig at en stor andel av de større laksungene oppholder seg utenfor terskelbassengene i vinterhalvåret.

For å oppsummere anser vi at redusert vintervannføring vil være en viktig begrensende faktor (flaskehals) for produksjonen av ungfisk og smolt i Kvina. Effektene av lav vintervannføring vil variere mellom år, men i gjennomsnitt anslår vi at lav vintervannføring har gitt en reduksjon i produksjon på i størrelsesorden 37 %.

3.2.4 Endret vanntemperatur

Vekst hos laksunger øker med økende vanntemperatur til et maksimumsnivå (optimaltemperatur for vekst) omkring 16 til 19 °C, for deretter å avta relativt raskt til en øvre grense for positiv vekst på om lag 24 °C (Jonsson med flere 2001). Øker temperaturen ut over 24 °C nærmer man seg raskt kritiske temperaturer for overlevelse (om lag 28-29 °C; jf. Elliott 1991, Grande og Andersen 1991). Dette betyr at temperaturøkninger som følge av regulering opp til 16-19 °C vil kunne gi bedre vekst, mens veksten vil avta igjen om temperaturen passerer optimalområdet. I elver på Sørlandet kan vanntemperatur ofte overstige 20 °C. Dette gjør at lavvannsperioder som sammenfaller med stor solinnstråling kan gi vanntemperaturer som er for høye til god vekst, og som nærmer seg kritisk grense for laksefisk. Temperaturregistreringer fra området ved Stadion sommeren 2005 (se kapittel 3.2.3 for beskrivelse av målingene) viser at temperaturer over 18 °C forekom ofte denne sommeren. I perioden mellom 1. april og 1. september var omtrent 30 % av målingene høyere enn 18 °C, og maksimaltemperaturene kom over 23 °C (noen få registreringer). Det ligger utenfor rammene til denne rapporten å vurdere hvor vanlig slike temperaturforhold er, men registreringene fra sommeren 2005 viser i alle fall at vanntemperaturene i Kvina kan bli ugunstig høye om sommeren.

De største problemene knyttet til lavvannsperioder er imidlertid kombinasjonene av sammenhenging av fisk, høye temperaturer som gir høy forbrenning hos fisken samtidig som oksygeninnholdet i vannet blir lavt på grunn av lav løselighet av oksygen og høy biologisk aktivitet hos andre organismer. Under slike forhold vil kritiske temperaturforhold for overlevelse inntreffe tidligere enn det som er observert i laboratoriestudier. Risikoen for sykdomsutbrudd øker også, både fordi flere sykdomsfremkallende agenser (virus, bakterier og parasitter) og fiskens immunrespons er temperaturavhengig (f. eks. Le Morvan med flere 1998, Tops med flere 2006). I Åbjøravassdraget er det vist at fraføring av vann til kraftregulering har skapt grunnlag (reduert vannføring og økt vanntemperatur) for nyresykdommen PKD, som har store bestandseffekter for laks og aure (Forseth med flere 2007a, Sterud med flere 2007).

Vi har ikke data fra Kvina for temperaturendringer etter regulering, og den potensielle effekten (positiv, nøytral eller negativ) kan ikke anslås eller sannsynliggjøres uten analyser som ligger utenfor rammene for denne rapporten. Dette trenger imidlertid ikke være et problem for vårt tapsanslag dersom det er riktig at redusert vintervannføring er viktigste flaskehals for fiskeproduksjon i Kvina.

3.2.5 Habitatdegradering

Habitatdegradering vil i denne forbindelse bety at elveområder som følge av fysiske endringer blir dårligere egnet som leveområder for fisk, og at de fysiske endringene har en negativ effekt på fiskenes vekst og overlevelse. Vanligvis er habitatdegradering en følge av menneskelige inngrep, men kan i enkelte tilfeller være en følge av naturlige prosesser som jordras og ekstremflommer.

I et regulert vassdrag som Kvina vil redusert vannføring endre både transport og avsetning av sedimenter. Det er bygd flere terskler på lakseførende strekning av Kvina. Hovedhensikten med disse tersklene er å opprettholde et vannspeil etter fraføring av vann. Terskelbygging har vært et veldig vanlig kompensasjonstiltak i regulerte vassdrag, og det har vært storstilte terskelprosjekt i laksevassdrag som Ekso i Hordaland (Eie med flere 1989), Toåa i Møre og Romsdal (Bremset 2007) og Skjoma i Troms (Heggberget 1982). En utilsiktet effekt er at tersklene ofte fungerer som sedimentfeller, ved at det avsettes store mengder finstoffer som silt og sand. Slike områder er ugunstig både som gyte- og oppvekstområder for laks. Gyting i områder med finsand og silt gir sterkt redusert klekking (Levasseur med flere 2006), og mangel på skjul er ugunstig for både laksyngel og eldre laksunger.

En annen vanlig reguleringseffekt er at variasjonen i elvemorfologi avtar. Dette skyldes at naturlige fluviale prosesser som meandring og dannelse av nye elveløp bremses opp, og den naturlige variasjonen og vekslingen mellom habitattyper som kulp og stryk reduseres (Clifford 1993). Over tid vil dypere elveområder som dannes og opprettholdes ved dimensjonerende flommer (Brussock med flere 1985), gradvis sedimenteres med finere substratklasser som småstein, sand og silt (Lisle og Hilton 1999). Dypområder med grovere bunnsstrat kan ofte ha svært høy biomasse med ungfisk av laks og aure (Bremset og Berg 1997), og dypområder kan også være et refugium for laksefisk i spesielt kritiske perioder av året (Peterson 1982).

Habitatdegradering er ikke bare knyttet til terskelbassenger og dypområder, men kan også skje i mer rasktflytende elveområder. I Eira i Møre og Romsdal har det etter regulering skjedd en tydelig endring av elvebunnen i store deler av elva, ved at det er avsatt sand og småstein som har tettset igjen mange av hulrommene (Jensen med flere 2007). Tilsvarende observasjoner er gjort i Suldalslågen i Rogaland (Saltveit og Bremnes 2003) og Surna i Møre og Romsdal (Lund med flere 2005).

Ungfisk av laks og aure er avhengig av tilgang på skjul for å overleve (Orpwood med flere 2003). Habitatdegradering som reduserer skjultilgangen i Kvina vil derfor ha negativ effekt på lakseproduksjonen. Ut fra dette må vi anta at habitatdegradering knyttet til regulering, terskelbygging og sanddeponering fra gruvevirksomhet i Knaben har redusert elvas evne til å produsere laksunger. Uten kunnskap om hvordan habitatforholdene var i Kvina før regulering, er det

knyttet en god del usikkerhet til omfanget av dette tapet. I dag framstår de store terskelbassengene som dominert av finere substratklasser. Det totale arealet av de tre store terskelbassengene er beregnet til 248 700 m². De to mest finkornete substratkategoriene utgjør 69 % av dette arealet, med silt, sand og fin grus som klart dominerende (65 %). I våre anslag over produksjonskapasiteten i Kvina i dag er disse arealene tilordnet skjulkategori 0. Dette innebærer at dagens produksjonskapasitet for smolt i disse områdene er anslått til om lag 500 smolt (200-800).

Vi kan med rimelig sikkerhet anta at habitatforholdene på disse elvestrekningene var vesentlig bedre før regulering, og at en stor del av de områdene som i dag har lite eller intet skjul hadde vesentlig større skjulkapasitet tidligere. Hvis produksjonskapasiteten i de arealene som i dag er tilordnet skjulkategori 0 heves til skjulkategori 1 (det vil si 2-4 smolt per 100 m²), hadde disse områdene en tidligere produksjonskapasitet på om lag 5 100 smolt (3 400-6 900). Tapet i smoltproduksjon som følge av degraderte habitatforhold i terskelbassengene blir med dette regnestykket altså 4 600 smolt.

Vi må imidlertid anta at endringer i sedimentering av finmateriale som følge av sterkt redusert vannføring også kan ha påvirket habitatforholdene for laksunger negativt i andre deler av elva. Vi har imidlertid ingen mulighet til å anslå hvor mye dette har påvirket produksjonskapasiteten i elva. Vårt tapsanslag over redusert smoltproduksjon som følge av habitatdegradering må derfor ansees å være konservativt, det vil si at det heller undervurderer enn overvurderer tapet.

Som nevnt i innledningen til kapittel 3 er det også sannsynlig at økt tilførsel av finpartikulært materiale fra gruvedriften i Knaben og annen menneskelig aktivitet i nedbørsfeltet har bidratt til habitatdegraderingen. Mens denne aktiviteten har økt tilførselen av finere masser har reguleringen redusert elvas evne til å transportere finmaterialet ut av vassdraget.

3.2.6 Minstevannføringsstrekning

Utbyggingen av Trølandsfoss kraftverk førte til at elvestrekningen mellom inntaket til kraftverket og utløpet av kraftverket (Revhølen) fikk redusert vannføring. Med Sira-Kvina utbyggingen ble vannføringen på denne elvestrekningen ytterligere redusert og store deler av året renner det nå svært lite vann her. I vår vurdering av dagens produksjonskapasitet i vassdraget har vi antatt at produksjonen her er ubetydelig. Arealet av denne elvestrekning er beregnet til om lag 39 000 m² (Ugedal med flere 2004), hvorav om lag 6 000 m² er fast fjell. Resten av arealet består av stein, storstein og blokk og har skjulmuligheter for eldre laksunger. Hvis vi antar at skjulkapasiteten i dette området var i kategori 2 (det vil si 5-9 smolt per 100 m²), ble det tidligere produsert omtrent 2 300 laksesmolt (1 600-3 000) i dette vassdragsavsnittet. Vi antar at det meste av denne produksjonen er tapt (om lag 2 000 laksesmolt).

3.2.7 Smolttap i Trølandsfoss kraftverk

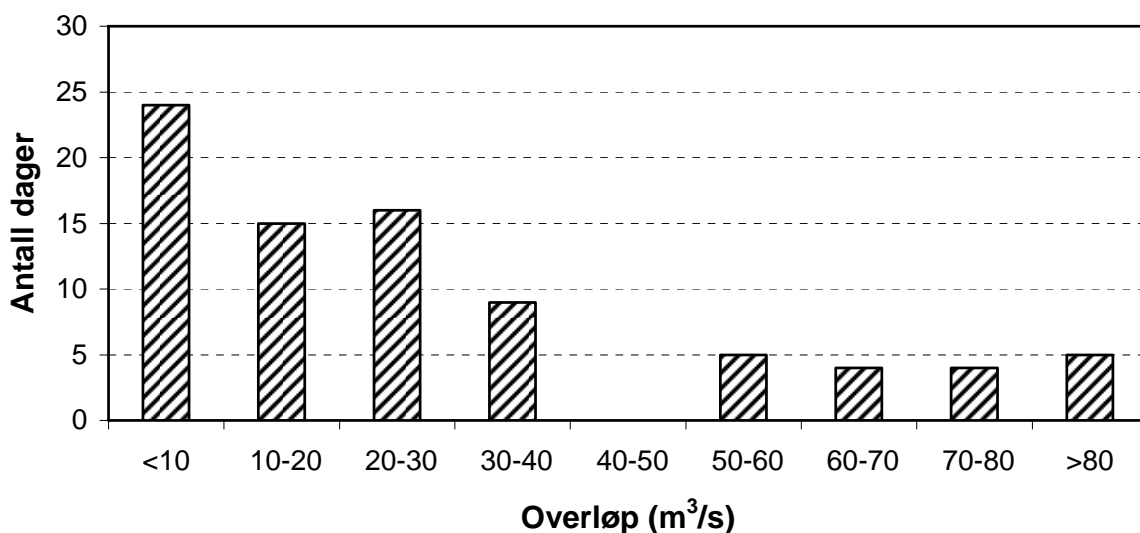
Trølandsfoss kraftverk er eid av Borregård, og ligger i øvre del av lakseførende strekning i Kvina, om lag halvannen kilometer nedstrøms absolutt vandringshinder i Rafossen. Vannet til kraftverket tas inn i en inntaksdam som ligger rett nedstrøms det store terskelbassenget nedenfor Rafossen, og føres først i åpen kanal og deretter i rørgate til kraftverket. I perioder når tilsiget er lavere enn maksimalt tillatt driftsvannføring i kraftverket (40 m³/s), vil det på den 800 meter lange strekningen mellom inntaksdammen og kraftverksutløpet bare være lekkasjevann fra øvre del av vannveien og vann som går i laksetrappa (om sommeren). Først ved vannføringer over 40 m³/s blir det overløp på inntaksdammen, og vannføringen blir høyere på denne strekningen.

Smolt som under utvandring skal passere dette kraftverket kan overleve på to måter; ved å gå utenom kraftverket i restvannføring i elva, eller ved å passere uskadd gjennom turbinene. Hvor mye av smolten som går utenom kraftverksinntaket er avhengig av plassering av inntaket og andelen av totalvannføringen som går utenom kraftverket (Hvidsten og Johnsen 1997, Uglem med flere 2005). Inntakskanalen til kraftverket starter like ved damkrona, noe som vurderes som gunstig i forhold til at smolten kan velge å gå utenom kraftverket når det er overløp. På

den andre side starter inntaket med en åpen kanal, noe som vurderes som ugunstig (Arnekleiv med flere 2007).

For å vurdere sannsynlighetene for at smolt passerer Trælandsfoss kraftverk i live, har vi sett på forholdet mellom kraftverkets slukeevne og totalvannføringen i utvandningsperioden. Dette gir grunnlag for å vurdere sannsynligheten for at smolt går utenom kraftverket. I tillegg har vi gjort vurderinger av smoltens mulighet til å overleve gjennom turbinene. Overlevelsen ved turbinpasseringer ble anslått ut fra tekniske spesifikasjoner fra turbinene og forenklede anslag fra Montèn (1985). Denne beregningen er basert på sannsynligheten for at smolten treffes av turbinens skovler (Skåre med flere 2006).

Etter våre opplysninger har Trælandsfoss kraftverk tillatelse til å ta ut 40 m³/s til kraftproduksjon. Basert på data fra nærliggende vassdrag (Uglem med flere 2005, Thorstad med flere 2006), antar vi at smoltutvandringen foregår i løpet av perioden 15. april til 1. juni. Basert på døgnmiddelvannføring i denne perioden for årene mellom 1992 og 2007, og med antakelsen om at kraftverket alltid tar ut så mye vann de kan, er det bare 82 av totalt 768 dager (knappe 11 %) med overløp i inntaksdammen. Overløpet disse dagene varierer mellom 0,87 og 133 m³/s, med en median på om lag 20 m³/s. Nesten halvparten (47,5 %) av dagene med overløp var overløpet mindre enn 20 m³/s (figur 6) og nesten 30 % av dagene var overløpet mindre enn 10 m³/s. Dette betyr at det trolig bare er unntaksvis at ikke all smolt produsert ovenfor kraftverksinntaket går gjennom turbinene.



Figur 6. Frekvensfordeling av antall dager med overløp av ulik størrelse forbi Trælandsfoss kraftverk i smoltutvandningsperioden (15. april-1. juni) i perioden 1992-2007 (i 686 av de 768 aktuelle dagene var det ikke overløp). Data er basert på døgnmiddelveier fra NVE sitt vannmerke ved Stegemoen.

I kraftverket er det fem turbiner: en relativt ny vertikal Kaplan, to doble Francis og to enkle Francis (tabell 2). Den minste av Francis-turbinene (slukeevne 2 m³/s) brukes nesten ikke. Fra regulanten har vi fått opplyst en rekkefølge for innkobling av turbinene ved økende vannføringer, og vi har ut fra disse opplysningene utledet følgende hovedkjøremønster: For vannføringer opp til 15 m³/s kjøres Kaplan-turbinen, mens de to små Francis-turbinene (begge med slukeevne på 7 m³/s) kobles inn ved høyere vannføringer (mellom 15 og 29 m³/s). Den største Francis-turbinen (slukeevne 30 m³/s) kobles inn når vannføringen overstiger 30 m³/s, og da stanses en eller begge av de to andre Francis-turbinene. Dette betyr at Kaplan-turbinen normalt går kontinuerlig.

Tabell 2. Data fra de fem turbinene i Trælandsfoss kraftverk. Turbin 3 er normalt ikke i drift.

	Francis (1)	Francis (2)	Francis (3)	Francis (4)	Kaplan (5)
	Dobbel	Dobbel	Enkel	Enkel	Enkel
Rotasjonshastighet	250	428	500	214	428
Aksiell hastighet	250	428	500	214	428
Løpehjulsdiameter	1700	980		1497	1450
Antall ledeskovler	20	14	16	20	20
Antall løpehjulskovler	20	14	16	20	4
Slukeevne (m ³ /s)	30	7	2	7	15

Det er primært skovlpasseringene som avgjør om fisk kommer seg levende gjennom turbiner, eller om den blir drept/skadd (Skåre med flere 2006). Jo større avstand det er mellom skovlene og jo lavere omløpshastighet turbinen har, desto større sannsynlighet er det for at fisken kommer uskadd gjennom turbinen. Radiell avstand (uttrykt i smoltlengdeenheter) mellom løpehjulsskovlene (RA_s) i Trælandsfoss ble beregnet fra løpehjulsdiameteren og antall løpehjulskovler. Smoltlengden ble satt til 12 cm. For de tre Francis-turbinene er avstanden mellom skovlene om lag dobbel så stor som smoltlengden, mens avstanden er nesten 10 ganger så stor som smoltlengden i Kaplan-turbinen.

Det finnes ikke presise metoder for å beregne om en fisk vil overleve en turbinpassering, og vi har derfor basert oss på å beregne treffsannsynlighet. For å kunne benytte beregninger av treffsannsynlighet må man gjøre noen antakelser. Vi antar at fisken følger passivt med strømmen, slik at den har strømningsretning med samme vinkler og hastighet som vannet. Dette betyr altså at fisken ikke makter å posisjonere seg aktivt i vannmassene. Ut fra anbefalinger i Montèn (1985) antar man at fisken kan defineres som truffet dersom den er nærmere enn 4 smoltlengder når den kommer framfor skovlen, eller dersom fisken er nærmere enn 2 smoltlengder når skovlen har passert. Med en smoltlengde på 12 cm får vi derfor en risikoavstand på 72 cm (6 x 12), og en relativ risikoavstand (R_s , uttrykt i smoltlengder) på 6.

I henhold til Montèn (1985) kan man ut fra målene definert ovenfor gi et anslag for treffsannsynlighet (S):

$$S \approx \frac{R_s}{RA_s}$$

Treffsannsynligheten anslås altså ut fra forholdet mellom risikoavstanden og den radielle avstanden mellom løpehjulskovlene, begge uttrykt i smoltlengdeenheter. I Skåre med flere (2006) sammenlignes slike forenklede anslag med resultater fra en simuleringsmodell (for rørturbiner i Skottfoss kraftverk), og resultatene var svært like. I de tre Francis-turbinene er treffsannsynligheten total (S fra 270 til 330 %). Dette framkommer også av det faktum at skovlavstanden er bare omtrent 2 ganger så stor som smoltlengden i disse turbinene. Dette betyr at vi vurderer det som svært lite sannsynlig at utvandrende smolt kan passere disse turbinene i live. På grunn av færre skovler (fire) og relativt stor løpehjulsdiameter i Kaplan-turbinen, blir treffsannsynligheten anslått til 63 %. Avrundet betyr dette at om lag fire av ti fisk kan passere denne turbinen i live, og totaldødeligheten i kraftverket vil primært være avhengig av hvor mye av smolten som går gjennom Kaplan-turbinen.

Det er ikke mulig å anslå med sikkerhet hvor mye av smolten som går i Kaplan-turbinen, men det er mulig å gjøre noen betraktninger. Ut fra døgnmiddel vannføring i smoltutvandringsperioden for årene 1992 til 2007, og det antatte kjøremønsteret for turbinene (se ovenfor), kan man anslå andelen av dagene da Kaplan-turbinen ble kjørt alene, sammen med en eller to av de

små Francis-turbinene og sammen med den store Francis-turbinen. Antar vi at smolten går i de ulike turbinene i direkte proporsjon til vannmengdene, og setter 40 % overlevelse for smolt som passerer Kaplan-turbinen og ingen overlevelse i Francis-turbinene, får vi en 34 % overlevelse for all smolt som har passert kraftverket i disse 16 årene. Dette anslaget forutsetter at sannsynligheten for smoltutvandring er lik for alle dager og alle vannføringer. Denne antakelsen er neppe korrekt.

Det er vist i en rekke studier (jf. gjennomgang i Thorstad med flere 2006), også for relativt nærliggende vassdrag på Sørlandet (Uglem med flere 2005), at smoltutvandringen øker med økende vannføring. Dersom all smolten går på vannføringer mellom 30 og 40 m³/s, blir overlevelsesanslaget redusert til 24 %. I tillegg kan noe smolt overleve ved å gå i overløp. Som vist overfor er det sannsynlig at dette skjer sjeldent. I 4 av de 16 årene vi har analysert var det trolig ikke noen dager med overløp, og overløpet er oftest lite (mindre enn 33 % av totalvannføringen). Vi anslår derfor at i størrelsesorden 70 % av smolten som produseres ovenfor inntaket til Trælandsfoss kraftverk ikke overlever utvandringen.

I tillegg til smolt vil utgytt laks og aure fra oversiden passere Trælandsfoss på vei tilbake til havet. Disse er i alle tilfeller for store til å kunne passere turbinene i live. Slike flergangsgytere er en viktig del av sjøaurebestander, og kan også være viktig i laksebestander. I Kvina har andelen av flergangsgytere hos laks de siste årene vært mellom 6 og 14 % (www.kvinesdaliff.org).

3.2.8 Andre reguleringseffekter som ikke kan tallfestes

Ut over hovedfaktorene nevnt ovenfor er det flere reguleringseffekter som kan ha betydning for vekst og overlevelse hos laksunger. Selv om disse reguleringseffektene hver for seg eller samlet kan ha betydelig effekt på fiskebestander, er de produksjonsmessige effektene vanskelig å tallfeste. De mest sentrale av disse reguleringseffektene er:

- Tørrlegging av gyte- og oppvekstområder ved utfall,
- Reduksjon i vannhastighet og strømningsforhold,
- Endringer i tilgangen på næringsdyr (bunnfauna).

I regulerte laksevassdrag med kraftverksutløp på lakseførende strekning, er det en risiko for hurtig vannstandsreduksjon med påfølgende tørrlegging av potensielle gyte- og oppvekstområder for laks. Vannstandsreduksjonene er størst i forbindelse med såkalte utfallsepisoder, da vannføringen i løpet av sekunder kan gå fra full driftsvannføring til full stans. Større utfall har vist seg å ha medført omfattende tørrlegging og strandingsdødelighet hos laksunger i blant annet Jølstra i Sogn og Fjordane (Steine og Sættem 1994), Surna i Møre og Romsdal (Hvidsten og Johnsen 1992) og Altaelva i Finnmark (Ugedal med flere 2002). Sårbarheten for utfall er større i kraftverk med én maskin enn med flere som i Trælandsfoss kraftverk, men utfall kan likevel forekomme som følge av linjefeil. Stranding og fiskedød er også påvist i vassdrag med effektkjøring, slik som tilfellet har vært i Nidelva i Trondheim (Hvidsten 1985).

Effektene på fiskeproduksjon av unaturlig raske vannstandsreduksjoner er avhengig av blant annet elveprofil, tid på året og tid på døgnet. Generelt sett er det negative potensialet størst ved utfall på dagtid om vinteren (Halleraker med flere 2003). Dette skyldes at laksunger i all hovedsak er nattaktive om vinteren (Fraser og Metcalfe 1997, Bremset 2000). Tørrlegging på dagtid vil derfor skje når laksungene er inaktive og skjulsøkende, noe som fører til at de ikke kan respondere på redusert vannstand og bevege seg til dypere deler av elva. Effekten på fiskeproduksjon kan være betydelig: I forbindelse med én enkelt utfallsepisode i Jølstra i november 1989, er det vurdert at en betydelig andel av laksungene i hele vassdraget døde (Steine og Sættem 1994).

Laksunger ernærer seg av vannlevende insekter og andre virvelløse dyr, og eldre laksunger lever i stor grad av drivende insekter og annen drivfauna (Stradmeyer og Thorpe 1987). Tilgangen på drivfauna i form av såkalt drivrate er proporsjonal med vannhastighet (Hughes 1998), hvilket innebærer at antall drivende bunndyr per tidsenhet er en direkte funksjon av vannhastighet. Gitt samme biomasse av bunndyr i et vassdrag før og etter regulering, vil til-

gangen på næringsdyr for den enkelte laksunge avta dersom vannhastigheten avtar som følge av redusert vannføring. Det er imidlertid lite grunn til å anta at produksjonen av næringsdyr vil være uendret i et regulert vassdrag, i og med at bunnlevende insekter er sårbare for regulerings effekter som eksempelvis tørrlegging av elvebunn. Det er derfor grunn til å anta at både samlet biomasse og tilgang på næringsdyr kan avta som følge av vassdragsregulering.

3.2.9 Samlet smolttap på grunn av reguleringer

Når vi skal estimere tapet i produksjonen av laksesmolt som følge av vassdragsregulering, tar vi utgangspunkt i den teoretiske produksjonsevnen som vi har anslått ovenfor. Middelveidien for denne var på omtrent 29 000 smolt. Vi har ovenfor argumentert for at redusert vintervannføring er den viktigste flaskehalsen for smoltproduksjon i Kvina, og en reduksjon i minste ukemiddel vintervannføring i Kvina på 64 % gir ut fra våre beregninger et årlig smolttap på om lag 10 700 smolt (**tabell 3**). I tillegg kommer et tap knyttet til at ca 2500 smolt antas å gå tapt i turbinene i Trælandsfoss kraftverk. Differansen mellom den teoretiske produksjonsevnen og tapet, ca 13 000 smolt (minimum 9 000 og maksimum 17 500 smolt), representerer et anslag for dagens smoltproduksjon.

I dette tapsanslaget har vi ikke tatt hensyn til habitatdegradering. Det beste anslaget vi har for dette er knyttet til substratendringer i terskelbassengene, og gir et smolttap på om lag 4 600 smolt. Dette vurderer vi, som argumentert ovenfor, som et minimumsanslag. Vi gjør oppmerksom på at deler av dette tapet trolig kan tilskrives økt tilførsel av finpartikulært materiale fra gruvedrift og annen menneskelig aktivitet i nedbørsfeltet. Vi kan imidlertid ikke kvantifisere dette bidraget.

I tillegg kommer et tap på om lag 2 000 smolt på grunn av tapt produksjonsareal ved Trælandsfoss (800 meter lang strekning). Totaltapet på grunn av begge reguleringene av Kvina anslås derfor avrundet til 20 000 smolt.

Ut fra tapstallene kan vi anslå den historiske smoltproduksjonen (før reguleringene) til ca 36 000 smolt, med nedre grense på 27 000 og øvre grense på 45 000 smolt.

Tabell 3. Anslag over tap i produksjonen av laksesmolt som følge av kraftverksutbyggingen i Kvina. Tapet er beregnet med basis i et gjennomsnittlig anslag over produksjonskapasiteten i elva i dag, kombinert med anslag over tap av produksjonskapasitet som følge av kraftutbyggingen. Tallene for historisk smoltproduksjon og samlet tap er avrundet til nærmeste tusen.

	Middel	Minimum	Maksimum
Teoretisk produksjonsevne i dag	29 000	20 000	38 000
Tap grunnet redusert vintervannføring	10 700	7 400	14 100
Tap i turbinene i Trælandsfoss kraftverk	2 500	1 700	3 300
Dagens smoltproduksjon	15 800	10 900	20 600
Tap grunnet habitatdegradering i terskler	4 600	4 600	4 600
Tapt produksjonsareal ved Trælandsfoss	2 000	2 000	2 000
Historisk smoltproduksjon	36 000	27 000	45 000
Samlet tap	20 000	16 000	24 000

3.3 Sammenheng mellom smoltproduksjon og elvefangst av laks

Ovenfor har vi anslått at dagens smoltproduksjon i Kvina er om lag 15 800 smolt (10 900-20 600). I tillegg kommer produksjonen i Litlåna. Denne sideelva har et beregnet areal på 57 200 m² (Ugedal med flere 2004). Vi har ikke foretatt skjulmålinger i Litlåna, og vi kan derfor ikke bruke samme tilnærming som i Kvina for å anslå smoltproduksjonen. Av tidligere kartlegging fremgår imidlertid at omtrent halvparten av arealet i Litlåna er dominert av stein og storstein/blokk, altså områder med potensielt bra med skjul, mens 23 % av arealet består av grov grus og småstein. Hvis vi antar at disse arealene har henholdsvis skjulkategori 2 og 1 blir produksjonspotensialet i Litlåna på 2400 smolt (1700 - 3100).

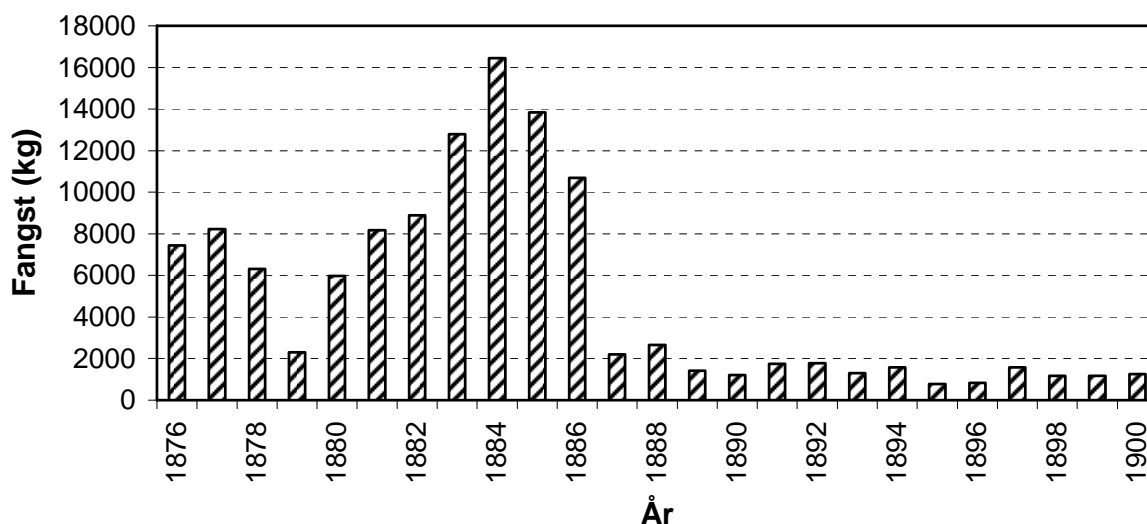
Med utgangspunkt i smoltproduksjonen kan forventet fangst av voksen laks beregnes ved å gjøre noen forutsetninger om sjøoverlevelse og beskatningsrater. Antar vi en sjøoverlevelse tilbake til kysten på 10 %, en total beskatningsrate på 50 %, fordeling av fangst sjø/elv på 25/75 % (jf. Larsen og Hesthagen 2004), og gjennomsnittlig vekt av voksen laks på 2,9 kg (gjennomsnittstall fra Kvina i perioden 2003-2006), vil en beregnet smoltproduksjon på 18 200 (12 600 - 23 700) gi en fangst av laks i Kvina på 680 (470 - 890) voksne laks, med et vektutbytte på 2000 (1400 - 2600) kg.

I perioden 2003-2006 ble det i gjennomsnitt rapportert fanget 650 (variasjonsbredde 471-794) laks i Kvina. I vekt utgjorde fangsten i gjennomsnitt 1892 (variasjonsbredde 1340-2492) kg. Gjennomsnittsfangsten av voksen laks i Kvina de fire siste årene kan ha vært produsert i elva med våre anslag for smoltproduksjon, slik at våre anslag synes rimelige. Den største fangsten, i 2006, ligger imidlertid nær vår øvre skranke for anslått fangst. Dette kan tyde på at våre anslag over dagens produksjonspotensial er noe lavt. Det faktum at laksebestanden i Kvina er under reetablering, slik bestanden kanskje enda ikke har nådd sitt produksjonspotensial støtter opp under denne antagelsen.

Beregninger av forventet fangst ut fra antall smolt produsert er imidlertid svært følsomme for variasjoner i laksens sjøoverlevelse, beskatningsratene i elv og sjø og andelen fremmed fisk som inngår i fangstene (se Ugedal med flere 2006 for en grundigere gjennomgang). I tillegg er det, basert på skjellanalyser i fangstene, en god del flergangsgytere i Kvina (mellom 6 og 14 % i de siste år). Dette vil selvsagt bidra til høyere fangster fra samme smoltproduksjon. Vårt anslag for dagens smoltproduksjon framstår derfor som rimelig.

I perioden 1876-1886 ble det innrapportert en gjennomsnittsfangst på 9200 kg laks og sjørørret i Kvina (**figur 7**). Rapportert fangst varierte i disse årene mellom 2300 kg i 1879 og 16 400 kg i 1884. Etter 1886 var de rapporterte fangstene i vassdraget mye lavere. I perioden 1887-1900 var gjennomsnittsfangsten om lag 1500 kg, og høyeste fangst i denne perioden var 2700 kg (i 1888). Hva denne store og raske nedgangen i fangst skyldes vet vi ikke. Vi kjenner ikke andelen sjørørret i de historiske fangstene. De siste årene har andelen sjørørret i sportsfiskefangster fra Kvina avtatt mye ettersom laksebestanden har økt, og i 2006 utgjorde sjørørreten 4 % av den totale fangsten i vekt. Dette kan tyde på at Kvina er et vassdrag hvor laksen dominerer.

Det er flere usikkerheter knyttet til det å bruke disse fangstallene for å si noe om Kvinas opprinnelige produksjonskapasitet for laks før effekter av forsurening, kraftutbygging og eventuelt andre inngrep av betydning for vassdragets produksjonsevne. For det første kjenner vi ikke kvaliteten til fangststatistikken på slutten av 1800-tallet, verken i elv eller sjø. Det er derfor vanskelig å vurdere i ettertid hvor store de urapporterte fangstene var. For det andre vet vi lite om beskatningsratene i denne perioden. Fisket i Kvina ble sannsynligvis, som i de andre elvene på Sørlandet, drevet med en rekke forskjellige redskaper i tillegg til sportsfiske (Haraldstad og Hesthagen 2003).



Figur 7. Rapportert fangst av laks og sjøaure i Kvina i perioden 1876-1900. Data er hentet fra det nasjonale lakseregisteret (www.laksereg.no).

I tillegg til elvefangstene ble det drevet et omfattende sjøfiske på Sørlandskysten i denne perioden, og ut fra fangststatistikk var sjøbeskatningen noe høyere enn elvebeskatningen (Dannevig 1930, Hesthagen og Hansen 1991). Den totale beskatningsraten kan derfor ha vært høyere på den tiden enn hva den er i dag. For det tredje har vi liten eller ingen kunnskap om laksens sjøoverlevelse i denne perioden. Beregninger av smoltproduksjon ut fra fangster av voksen laks er svært følsomme for variasjoner i sjøoverlevelse.

Korrigert for tapet i smoltproduksjon som følge av kraftutbyggingen, har vi anslått en opprinnelig smoltproduksjon i Kvina til å være mellom 26 900 - 44 900 smolt (**tabell 3**). I tillegg kommer en anslått produksjon i Litlåna på mellom 1700 og 3100 smolt. En smoltproduksjon på 28 600 - 48 000 vil med en beskatningsrate på 50 %, og en lik fordeling av fangst i elv og sjø (sannsynlig fordeling mellom sjøfiske og elvefiske på slutten av 1800-tallet), gjennomsnittlig vekt av voksen laks på 3,5 kg, og en sjøoverlevelse frem til fangst på 20 %, gi en forventet fangst av laks i Kvina på fra 5 til 8,5 tonn laks.

Regnestykket ovenfor tyder på at anslaget over smoltproduksjon i Kvina før kraftutbygging og andre produksjonsbegrensende inngrep er noe lavt sammenliknet med de offisielle fangsttallene fra 1870- og 1880-årene (**figur 7**). Dette gjelder selv om vi legger til grunn en høy sjøoverlevelse. Hvis den totale beskatningen var høyere, for eksempel 75 %, så kan den smoltproduksjonen vi har anslått ha gitt opphav til fangster i Kvina på mellom 7,5 tonn og 12 tonn laks, noe som stemmer bedre med de rapporterte fangsten fra rundt 1880. En total beskatning på 75 % kan synes høyt, men beskatningsrater på 80-90 % er rapportert fra flere norske laksebestander (Hansen 1988). Samlet sett framstår våre anslag for historisk smoltproduksjon ikke som urimelige.

4 Produksjonsevne ovenfor lakseførende strekning

I elvestrekningen ovenfor Rafossen er det etablert to automatiske kalkingsanlegg. Det ene kalkingsanlegget ligger ved Nyland, om lag 6 kilometer oppstrøms Rafossen. Det andre kalkingsanlegget ligger ved Lindeland bru, som er 16 kilometer oppstrøms Nyland. Fra Lindeland bru er det ca 8 km opp til det store fossefallet ved Kvitingen. I dag er det bare strekningen opp til Nyland som er kalket godt nok til at det kan produseres laks, og hovedfokus i denne rapporten er på dette området. Områdene oppstrøms Nyland kan imidlertid også tenkes tatt i bruk, og vi har derfor foretatt en enklere vurdering også av denne strekningen.

4.1 Elvestrekningen mellom Rafossen og Nyland

Den om lag 6 kilometer lange elvestrekningen mellom Rafossen og kalkingsstasjonen ved Nyland ble kartlagt i mai 2007. Elvestrekningen ble inndelt i elveklasser og substratklasser (jf. kapittel 3.1), som grunnlag for å vurdere hvor egnet de ulike avsnittene er for oppvekst av laksunger. Ut fra disse inndelingene ble det registrert til sammen 35 delområder som ble vurdert å ha forholdsvis homogene karakterer. Delområdene ble stedfestet ut fra posisjonering av nedre grense ved hjelp av en håndholdt GPS. I hvert av de 35 delområdene ble bredden på elvestrengen målt på det stedfestete punktet (se ovenfor). Disse målingene ble siden benyttet for å kalibrere kartbaserte arealberegninger. Dette er gjort fordi det økonomiske kartverket som er benyttet som kartgrunnlag er basert på en ukjent vannføring.

I Kvina nedenfor Rafossen er det etablert et forhold mellom dominerende/subdominerende substratklasse og tilgang på skjul. Ut fra skjulmålingene er det bare i områder med grov grus og småstein, stein og blokk at det forekommer hulrom som er egnet til skjul for eldre ungfisk, og mengden av egnete hulrom øker med økende substratstørrelse (ANOVA, $P=0,003$). Vi har lagt til grunn at det er et tilsvarende forhold på elvestrekningen mellom Rafossen og Nyland. Ut fra registreringene av elveklasser og substratklasser har vi tillagt de 35 kartlagte delområdene en skjulverdi, som et mål for hvor egnet disse områdene er for oppvekst av laksunger. På bakgrunn av skjulverdien kan man beregne en potensiell produksjonsevne for laksesmolt, gitt at området hadde vært tilgjengelig for sjøvandrende laksefisk.

Substratregistreringene viser at elvebunnen i området mellom Rafossen og Nyland gjennomgående består av grovere substratklasser. I 85 % av arealet er stein den dominerende substratklassen, mens blokk er dominerende substratklasse i 13 % av arealet. Delområdene har likevel ikke homogene, grove bunnsstrat, og enkelte områder har større innslag av finere substrat som sand som ligger mellom steinene og blokkene. Dette finstoffet vil til en viss grad redusere hulromkapasiteten, noe det er tatt hensyn til i vår vurdering av delområdenes produksjonsevne for laks.

Vanndekt areal på tidspunktet for befaring, da vannføring registrert ved Stegemoen vannmerke var 5,9-6,1 m³/s, er beregnet til å være om lag 547 000 m² (**tabell 4**). Ut fra habitatkartlegging er om lag 40 % av elvestrekningen mellom Nyland og Rafossen middels godt eller godt egnet som oppvekstområde for laksunger. Det er imidlertid noen arealer (om lag 9 %) som vurderes som svært dårlig egnet for lakseproduksjon. Disse arealene ligger i hovedsak i tilknytning til det store terskelbassenget like oppstrøms Rafossen. Potensialet for smoltproduksjon vurderes samlet sett å være i størrelsesorden 18 000–35 000 laksesmolt (**tabell 4**).

Det må imidlertid tas i betraktning at det er en vesentlig fraføring av vann fra øvre deler av Kvina, og i samsvar med vurderingene ovenfor (kapittel 3.2) vil dette redusere produksjonspotensialet. Endringene i vintervannføring blir gradvis større oppover i vassdraget (det relative uregulerte restfeltet blir noe mindre) og det er derfor naturlig å legge til grunn en tapsfaktor på grunn av lave vintervannføringer (40 %) som er litt høyere enn for dagens lakseførende strekning. Det justerte overslaget for produksjonspotensialet i området mellom Rafossen og Nyland vil følgelig være i størrelsesorden 11 000-21 000 laksesmolt.

Tabell 4. Estimert produksjonspotensial for laksesmolt i området mellom Rafossen og Nyland ut fra arealmessig fordeling av områder med ulike skjulverdier. Redusert vannføring grunnet overføring av vann til Sira vil gi en redusert potensiell produksjonsevne.

Skjulverdi	Areal (m ²)	Tetthet (smolt / 100 m ²)	Potensial for produksjon av laksesmolt		
			Minimum	Maksimum	Middel
0	46 000	0,1 – 0,5	50	250	150
1	283 000	2 - 4	5 600	11 300	8 400
2	127 000	5 - 9	6 300	11 500	8 900
3	91 000	7 - 13	6 300	11 800	9 100
Totalt	547 000	-	18 000	35 000	26 000

4.2 Elvestrekningen mellom Nyland og Kvitingen

Denne strekningen ble grovt kartlagt fra bil med stopp på sentrale punkt, med unntak av strekningen mellom kalkdosereren på Nyland og terskelen ved Sagja som ble klassifisert med hensyn på substrat og mesohabitat. Vanddekt areal på den om lag 16 km lange elvestrekningen mellom kalkdosererne på Nyland og Lindeland bru er knappe 2 km². Etter det vi har fått opplyst er det mulig å oppgradere kalkingen ved Lindeland bru slik at strekningen blir levelig for laks. Strekningen er imidlertid dominert av lange partier med stilleflytende elv og terskelbasseng med fint bunns substrat. Mellom terskelbassengene er det korte strykparti som til sammen utgjør om lag 143 000 m². Det lengste strykpartiet er omtrent 1,4 km langt og strekker seg fra kalkingsstasjonen ved Nyland til terskelen ved Sagja. Denne terskelen er forholdsvis høy og konstruert i betong, og vil fungere som absolutt vandringshinder dersom det etableres en fiskepassasje i Rafossen.

I området mellom Sagja og Stakkeland er det et mer eller mindre sammenhengende terskelbasseng, kun avbrutt av et kortere strykparti i området ved stadion for motorsport (nedre Kvinlog). Ovenfor Stakkeland er det et 1 km langt stryk med relativt grovt bunns substrat (grov elvevør). I øvre kant av dette stryket ligger rester av en gammel terskel hvor elva er kanalisert opp til Rjunganfossen. Strekningen mellom Rjunganfossen og Lindeland bru (2 km) består av to terskelbasseng, som er delt midt på av en 3-4 meter høy terskel uten kulp under. Dersom kalkingen ved Lindeland bru oppgraderes er det således området opp til Sagja som framstår som aktuell som produksjonsområde for laks. Dette område kan trolig, ut fra en grov vurdering, produsere i størrelsesorden 4 000-5 000 smolt. Området videre oppover til Lindeland bru vil trolig ha en svært lav produksjonskapasitet.

Elvestrekningen fra Lindeland bru til Kvitingen er om lag 8 km, og har et samlet vanddekt areal på om lag 730 000 m². Strykområder utgjør om lag 165 000 m² av dette arealet. De to første kilometerne oppstrøms Lindeland bru er smal, og domineres av dype hølør og stryk med storstein og steinblokker. De siste 6 kilometerne består av fire terskelbasseng atskilt av korte strykpartier. For at denne strekningen skal kunne produsere laksesmolt i framtida, må vannkvaliteten bedres gjennom kalking og frie vandringsveier må sikres. Dette innebærer vesentlige modifiseringer av tersklene. Dersom disse forutsetningene oppfylles vil et betydelig vassdragsareal bli tilgjengelig for lakseproduksjon. Imidlertid tilsier de gjennomgående ugunstige bunns substratforholdene at produksjonsevnen per arealenhet er lav, og produksjonskapasiteten er trolig lavere enn 5 000 laksesmolt.

5 Kompensasjonstiltak

Det kan iverksettes tiltak både på naturlig lakseførende strekning og ovenfor vandringshinderet i Rafossen, for å kompensere for smolttapet som reguleringene i Kvinavassdraget medfører. De mest effektive og følgelig mest aktuelle tiltakene vurderes å være:

- Tilrettelegge for lakseproduksjon i øvre deler av Kvina,
- Justering av terskler på lakseførende strekning,
- Utlegging av grovt bunnsstrat i nedre deler av Kvina.

5.1 Tilrettelagt lakseproduksjon i øvre deler av Kvina

I Kvina ovenfor vandringshinderet i Rafossen er det identifisert et urealisert produksjonspotensial i størrelsesorden 11 000-21 000 laksesmolt, med en middelvei på om lag 16 000 (jf. kapittel 4). Dersom dette produksjonspotensialet realiseres, vil mesteparten av det reguleringstilknyttete smolttapet bli kompensert. Det finnes flere måter å tilrettelegge for naturlig lakseproduksjon i øvre deler av vassdraget. Dersom det etableres en effektiv fiskepassasje i Rafossen, vil området ovenfor bli tilgjengelig for oppvandrende laks. Over tid vil det kunne bygge seg opp en større gytebestand av laks i øvre del av vassdraget. Erfaringsmessig vil dette kunne ta forholdsvis lang tid, mest trolig flere laksegenerasjoner (i Kvina er en laksegenerasjon vanligvis fire-fem år).

En raskere måte er å legge ut lakserogn eller sette ut settefisk av laks. Ut fra gjeldende regelverk krever dette et klekkeri eller settefiskanlegg i kultiveringssonen som Kvinavassdraget tilhører. Utlegging av lakserogn er mindre kostnadskrevenne enn utsetting av settefisk, fordi inkubering av rogn er lite plasskrevenne og tidkrevenne sammenliknet med produksjon av settefisk. Et settefiskanlegg med produksjon av eldre laksunger krever på den andre side helårsdrift med kontinuerlig ettersyn, og forutsetter dessuten helt andre fasiliteter enn rogninkubering. Uavhengig av kultiveringsstrategi er det nødvendig å ha muligheter til å oppbevare stamfisk i kortere eller lengre tid. Dette kan skje i et stamfiskhus, i kar ved vassdraget, eller i mærer i sjøen.

Det kreves en betydelig mengde lakserogn for å kunne produsere 16 000 laksesmolt. Dette skyldes at det er en betydelig dødelighet i ferskvannsstadiet hos laks. Kanadiske studier har vist gjennomsnittlige overlevelser fra egg til smolt på om lag 1 % (Cunjak og Therrien 1998, Dempson med flere 2001). I Halselva i Finnmark er det funnet en overlevelse på om lag 2 % (Jensen 2005). Ut fra den lave smoltalderen hos laks i Kvina (Larsen med flere 2005), er det trolig en noe høyere overlevelse i dette vassdraget enn i Halselva og de kanadiske elvene. Dersom man legger til grunn en ferskvannsoverlevelse på 2-4 % i Kvina, vil det kreves i størrelsesorden 400 000-800 000 lakserogn for å kunne produsere 16 000 laksesmolt. Ut fra en middels fekunditet på 1 400 rognkorn pr. kg hunnlaks og en snittvekt på 4 kg, vil dette kreve i størrelsesorden 70-140 hunnlakser for å oppnå full smoltproduksjon i øvre deler av Kvina.

Det er imidlertid avgjørende at dagens kjøremønster i Trælandsfoss kraftverk og forbislipp (se kapittel 3.2.7) ikke er forenlig med effektiv lakseproduksjon i øvre deler av Kvina. Det er sannsynliggjort at så mye som 70 % av laksesmolten ikke vil overleve passasjen av Trælandsfoss. Det er derfor en forutsetning at framtidig kjøremønster blir mer skånsom for smoltbestandene, eksempelvis gjennom at bare Kaplan-turbinen er i drift i den mest sentrale utvandringsperioden for laksesmolt og/eller at forbislippet økes betraktelig. En dødelighet på 70 % av smolt produsert oppstrøms Trælandsfoss gjør at det neppe er økonomisk eller dyreetisk forsvarlig å ta i bruk nye områder til smoltproduksjon uten endringer ved Trælandsfoss. Med et tap på 70 % i Trælandsfoss vil et fullrekruttert område bare bidra med mellom 3 300 og 6 200 smolt.

5.2 Valg av kultiveringsstrategi ovenfor Rafossen

Et årlig uttak av inntil 800 000 lakserogn fra gytebestandene av laks i Kvina (jf. kapittel 5.1), vil ha en negativ effekt på produksjonen av laks på dagens lakseførende strekning. Etablering av fiskepassasje i Rafossen vil ha en vesentlig mindre effekt på naturlig laksegyting enn utlegging av lakserogn. Dette ut fra at det i en oppbyggingsperiode vil være forholdsvis få oppvandrende lakser som søker til Rafossen. Etter hvert som øvre deler av vassdraget blir tatt i bruk som gyte- og oppvekstområde for laks, vil en økende andel av tilbakevandrende laks til Kvina ha sitt opphav fra områdene oppstrøms Rafossen. Over tid vil derfor en eventuell lakseproduksjon ovenfor Rafossen komme i tillegg til og ikke på bekostning av produksjon nedstrøms Rafossen.

Under et seminar med skandinaviske forskere og forvaltere som ble arrangert i 2000, ble ulike sider av kultiveringsarbeid diskutert (Fleming 2001). En generell anbefaling fra fagfolkene var at utlegging av øyerogn var en foretrukket strategi i vassdrag med naturlig produksjonsevne, mens utsetting av laksesmolt var mest aktuelt i vassdragsområder med minimal produksjonsevne på grunn av menneskelige inngrep. Erfaringer med utsetting av laksesmolt i regulerte laksevassdrag som Eira (50 000 smolt, Jensen med flere 2007), Surna (35 000 smolt, Lund med flere 2005) og Suldalslågen (Saltveit 2006) tilsier at tilslaget på smoltutsettinger kan være forholdsvis variabelt og til dels svært dårlig. Det er derfor ingen garanti for at selv storstilte utsettinger av laksesmolt i Kvina vil kunne kompensere for effektene av tapsfaktorene.

Ut fra en samlet vurdering kan derfor etablering av en effektiv fiskepassasje i Rafossen synes å være den mest bærekraftige strategien. Selv om det også er knyttet noe usikkerhet til virkningsgrad av en fiskepassasje, tilsier erfaringer fra andre norske laksevassdrag (for eksempel Sanddøla i Nord-Trøndelag, Vefsna og Ranaelva i Nordland) at effektive fiskepassasjer kan øke lakseproduksjonen betraktelig. I Namsenvassdraget er det vurdert at funksjonelle fiskepassasjer i Sanddøla og øvre deler av Namsen er det enkelttiltak som har størst effekt på lakseproduksjonen i vassdraget (Bremset med flere 2007).

For å forsere oppbyggingen av en laksebestand ovenfor en eventuell fiskepassasje i Rafossen, kan det legges ut øyerogn av laks som er fanget lenger nede i Kvina. I den grad det ikke er ønskelig å ta ut laks fra gytebestandene, kan man benytte samme modell som benyttes i Naus-ta i Sogn og Fjordane: Enkelte laks som fanges under ordinært laksefiske blir tatt vare på, istedenfor at disse blir avlivet og benyttet til mat. Dette krever at man har mulighet til å oppbevare stamfisk i lengre tid.

En kultiveringsstrategi som innebærer en oppbygging av en gytebestand innebærer flere faser. De ulike fasene kan forslagsvis være:

Fase 1 – Etablering

I denne fasen må fiskepassasje utredes, prosjekteres og anlegges. Etablering av fiskepassasje krever tillatelse fra sentrale myndigheter. Så snart nødvendige tillatelser foreligger kan man starte opp med småskala utlegging av lakserogn på egnede områder. Årlige utsettinger kan være i størrelsesorden 50 000 – 100 000 lakserogn. Denne fasen vil trolig vare i 2-3 år.

Fase 2 – Oppbygging

Etter at effektiv fiskepassasje er etablert vil det i økende grad komme tilbake laks som har sitt opphav fra øvre deler av Kvina. Behovet for utlegging av lakserogn vil følgelig avta i forhold til etableringsfasen, og et tentativt behov vil være i størrelsesorden 25 000 – 50 000 lakserogn. Denne fasen vil trolig vare i 10-15 år (4-5 laksegenerasjoner).

Fase 3 – Full produksjon

Denne fasen inntreffer så snart mengden oppvandrende gytelaks er tilstrekkelig til å fylle opp tilgjengelige arealer med egg, årsyngel og eldre laksunger (helt fram til smoltstadiet). Det er ikke lenger noe behov for støtteutsettinger av lakserogn.

5.3 Modifisering av terskler og terskelbasseng

Det relative bidraget fra terskelbassengene til samlet smoltproduksjon er uforholdsmessig lavt i Kvina (se kapittel 3.2.5). Dette skyldes en kombinasjon av lav vannhastighet og gjennomgående finkornet bunnssubstrat. For å øke den lokale smoltproduksjonen innenfor dagens vannføringsregime, kan det være aktuelt å gjennomføre modifisering av terskler og terskelbasseng. Flate terskler uten nedsenket midtparti eller Syvde-utforming (vinkel mot strømrretningen) gir et ensartet strømbilde, og vil over tid også gi et svært ensartet bunnssubstrat. Strømkonsentrering ved nedsenket terskelkrone og/eller Syvde-utforming vil gjøre strømbildet mer variert, og en økning i såkalt hydraulisk variasjon (Harby og Arnekleiv 1994). En slik modifisering vil også bidra til at variasjonen i bunnssubstrat blir noe større.

Terskelbassengene fungerer i dag som sedimentfeller for finere masser fra ovenforliggende deler av vassdraget. Tidligere aktiviteter i Knaben-området har utvilsomt bidratt til dagens betydelige volum av finmasser i terskelbassengene. Gjennomføring av tiltak som øker sedimenttransporten ut fra terskelbassengene kan derfor virke negativt inn på produksjonsforholdene for laks nedstrøms bassengene. En slik utilsiktet og uønsket effekt inntreffer dersom hulrommene i elvebunnen tettes igjen med sand og andre finere substratklasser. Før det eventuelt iverksettes tiltak i tersklene bør derfor sedimentasjonsproblematikken utredes. Uavhengig av om det gjøres endringer i terskelkonstruksjonene (se ovenfor), bør det vurderes tiltak i selve terskelbassengene. Det mest virkningsfulle tiltaket er å øke hulromkapasiteten, noe som kan oppnås gjennom utlegging av grovt bunnssubstrat (se avsnitt 5.4).

5.4 Utlegging av grovt bunnssubstrat

Lakseproduksjonen i nedre del av lakseførende strekning i Kvina er i dagens situasjon i stor grad begrenset av tilgangen på skjul for laksunger. Kartlegging av hulromkapasitet (se kapittel 3.1 og kommende masteroppgave fra Lars Jakob Gjemlestad) viser at mengden skjul avtar betydelig nedover dagens lakseførende strekning. Arealberegninger viser at om lag 235 000 m² av elvebunnen i nedre deler er så godt som uten skjul, og 164 000 m² elvebunnen har lite skjul for eldre laksunger (vektet skjulverdi mindre enn 5). Ut fra våre beregninger innebærer dette at dagens produksjonspotensial er i størrelsesorden 3 500-7 700 laksesmolt. Dersom habitattiltak øker hulromkapasiteten med ett nivå i de ulike delene av dette vassdragsområdet, vil produksjonspotensialet kunne økes med 5 500-8 300 laksesmolt. Den faktiske produksjonsøkningen vil være mindre grunnet redusert vannføring (37 %), noe som gir en netto gevinst i størrelsesorden 3 500-5 200 laksesmolt.

Det er forsøkt utlegging av stein i flere norske vassdrag, for å øke hulromkapasiteten og dermed fiskeproduksjonen (Hvidsten og Johnsen 1992, Brittain med flere 1993, Bremset med flere 1993, Harby og Arnekleiv 1994, Berger med flere 2001). Fysiske tiltak som steinsettinger vil bidra til større variasjon i vannhastighet og hydraulisk variasjon (Harby og Arnekleiv 1994). Dersom man lykkes med å øke hydraulisk variasjon i en elv, vil gjerne tettheten av ungfisk av laks gå opp. Ofte er det også nødvendig å øke vannhastigheten noe for at tiltakene skal være stabile over tid, for eksempel for å hindre at hulrom mellom utlagte steiner tettes med finkornet materiale. For at tiltak skal ha en langvarig eller permanent karakter, må biotopiltakene gjennomføres på en slik måte at steinsettingene er mest mulig selvrensende.

Etablering av steinsettinger for å øke hulromkapasiteten er forsøkt i litt større skala i Søya i Møre og Romsdal, i Gaula i Sør-Trøndelag og i Dalåa i Nord-Trøndelag. På en kanalisert strekning i Søya ble det på 1980-tallet etablert ni steinsettinger. Tettheten av laksunger økte betraktelig, og det ble funnet mer enn 100 eldre laksunger per 100 m² på en av disse steinsettingene (Hvidsten og Johnsen 1992). I et grusgravingsområde i Gaula ble det på 1990-tallet prøvd ut ulike former for steinsettinger (Bremset med flere 1993). Tettheten av ungfisk ble i løpet av få uker 10-20 ganger høyere enn før tiltakene ble gjennomført. Spesielt gode resultater var det for eldre laksunger (to- og treåringer), som var så godt som fraværende i området før steinsettingene ble etablert. Selv om tettheten avtok en god del over tid som følge av gjenauring, ble den lokale ungfiskproduksjonen betydelig høyere også på lenger sikt.

I Kvina kan det være aktuelt med flere former for steinsettinger. Dette på grunn av at tiltakene i størst mulig grad bør skreddersys de lokale fysiske forhold som vann dybde, vannhastighet og strømningsforhold. Noen aktuelle utforminger av steinsettinger kan være som følger:

- Steinsettinger som blir etablert fra elvebredden og utover elveleiet i dypere elveområder,
- Steinsettinger som blir lagt i taksteinmønster i grunne, forholdsvis raskflytende elveområder,
- Steinsettinger som blir lagt som en bratt rygg i midtpartiet av dypere elveområder.

Steinsettinger som blir lagt ut fra land vil på mange måter være lik tradisjonelle elveforbygninger. Den store forskjellen er at steinsettingene skal ha som formål å gi skjulesteder for eldre laksunger, samt at steinsettingene er tenkt å gå vesentlig lenger ut i elva enn elveforbygninger bruker å gjøre. Det bør brukes grov og kantete stein, helst i størrelsen 20-40 cm. Steinene legges ut fra vannlinjen ved middels høy vannstand og 5-6 meter ut i elveleiet. Dersom det er dypt nær land i tiltaksområdet kan man avslutte steinsettingen der gradienten begynner å minke.

I grunne og raskflytende områder av elva vil steinsettinger med flat stein lagt i taksteinmønster trolig være mest egnet. Fordelen med taksteinmønsteret er at hulrommene under steinene ikke så lett blir tettet igjen av småstein, sand og andre finmasser. Dette ut fra at inngangen til hulrommene er på nedstrømssiden av steinene. I perioder med middels høy og høy vannføring vil finere elvemasser i stor grad bli spylt forbi steinsettingene. For å hindre at steinsettingene blir nedauret av finere sediment, må vannhastigheten i området ikke være for lav. Steinsettingene kan gjerne gå frå elvebredd til elvebredd. Alternativt kan steinsettingene legges til de mest strømssterke områdene, som i midtpartiet av rette elvestrekninger eller i ytterkanten av elvesvinger.

Dype og sentflytende elveområder er på mange måter en naturlig lagringsplass for finere elvemasser. Det vil bare være under flommer at det skjer en netto transport av finmasser ut fra disse områdene, og slike flommer er blitt sjeldne etter reguleringen av Kvina. I perioder med liten, middels og relativt stor vannføring vil det skje en netto opphoping av finmasser. En tradisjonell steinsetting vil i løpet av kort tid bli nedauret, og følgelig bare gi en forbigående positiv effekt for fiskeproduksjon. For å gi en mer langvarig effekt må en motvirke sedimenteringen. En måte å oppnå dette på er å etablere en ny strømprofil i dypområdet. Dette kan gjøres dersom man lager en bratt steinrygg i lengderetningen av elva. Prinsippet er at kombinasjonen av økt vannhastighet forbi steinsettingen og de bratte sidene skal hindre at finmasser tetter igjen hulrommene i steinsettingene.

6 Konklusjoner

- Smolttapet på grunn av vassdragsregulering i Kvina er anslått til om lag 20 000 laksesmolt.
- Hovedårsakene til smolttap er redusert vintervannføring, degradering av habitatforhold på grunn av reduksjon i flomfrekvens og størrelse, smoltdødelighet i turbinene i Trælandsfoss kraftverk og tapt produksjon i et mindre område ved Trælandsfossen.
- Noe av habitatdegraderingen er sannsynligvis forårsaket av økt sedimenttilførsel, spesielt som følge av gruvedriften ved Knaben, men vi kan ikke kvantifisere hvor mye dette har bidratt med i forhold til totaltapet av smolt.
- Smoltdødeligheten ved passering av Trælandfoss kraftverk er anslått til 70 % ut fra treffsannsynligheter i turbinene og sannsynlig utvandningsvei for smolten.
- Det ligger et betydelig ubenyttet potensial for lakseproduksjon i området ovenfor Rafossen (naturlig vandringshinder). Området mellom Rafossen og Nyland (nedre kalkingsstasjon) kan i full produksjon trolig produsere mellom 11 000 og 21 000 smolt. Området mellom Nyland og Kvitingen kan etter diverse tiltak i beste fall produsere ytterligere 10 000 laksesmolt.
- Det er neppe økonomisk eller dyreetisk forsvarlig å ta i bruk nye områder til smoltproduksjon uten endringer ved Trælandsfoss kraftverk. Med et tap på 70 % i Trælandsfoss kraftverk vil et fullrekruttert område mellom Rafossen og Nyland bare bidra med mellom 3 300 og 6 200 smolt.
- Restaurering av habitat i eksisterende lakseførende strekning kan trolig øke smoltproduksjonen med mellom 3 500 og 5 200 smolt.
- Med habitatforbedrende tiltak på dagens lakseførende strekning, fullrekruttering av strekningen ovenfor Rafossen (etablering av laksetrapp eller årlige rognutlegginger) samt tiltak ved Trælandsfossen som reduserer smolttapet i turbinene betydelig, er det mulig å kompensere for mesteparten av smolttapet etter regulering av Kvina uten smoltutsettinger.

7 Referanser

- Armstrong, J.D., Kemp, P.S., Kennedy, G.J.A., Ladle, M. og Milner, N.J. 2003. Habitat requirements of Atlantic salmon and brown trout in rivers and streams. *Fisheries Research* 62, 143-170.
- Arnekleiv, J.V., Kraabøl, M. og Museth, J. 2007. Efforts to aid downstream migrating brown trout (*Salmo trutta* L.) kelts and smolts passing a hydroelectric dam and a spillway. *Hydrobiologia* 582, 5-15.
- Barlaup, B.T., Lura, H., Sægrov, H. og Sundt, R.C. 1994. Inter-specific and intra-specific variability in female salmonid spawning behaviour. *Canadian Journal of Zoology* 72, 636-642.
- Barlaup, B.T., Kleiven, E., Christensen, H., Kile, N.B., Martinsen, B.O. og Vethe, A. 2005. Bleka i Byglandsfjorden – bestandsstatus og tiltak for økt naturlig rekruttering. DN-utredning 2005-3, 72 sider.
- Berger, H.M., Lamberg, A., Fleming, I., Hindar, K. og Fjeldstad, H.P. 2001. Etablering av gyteområder for sjøaure og laks i Gråelva i Stjørdal i Nord-Trøndelag 1999-2000. NINA Oppdragsmelding 678, 27 sider.
- Borsányi, P., Alfreksen, K., Harby, A., Ugedal, O. og Kraxner, C. 2004. A meso-scale habitat classification method for production modelling of Atlantic salmon in Norway. *Hydroécologie Applique* 14, 119-138.
- Bremset, G. 2000. Seasonal and diel changes in behaviour, microhabitat use and preferences by young pool-dwelling Atlantic salmon, *Salmo salar*, and brown trout, *Salmo trutta*. *Environmental Biology of Fishes* 59, 163-179.
- Bremset, G. 2007. Potensial for økt lakseproduksjon. Rapport utarbeidet av Sweco Grøner AS, Trondheim, 37 sider.
- Bremset, G., Hvidsten, N.A., Heggberget, T.G. og Johnsen, B.O. 1993. Forbedring av oppvekstområder for laksefisk i Gaula. NINA Forskningsrapport 41, 18 sider.
- Bremset, G. og Berg, O.K. 1997. Density, size-at-age and distribution of young Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) in deep river pools. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54, 2827-2836.
- Bremset, G., Thorstad, E.B., Fiske, P., Lund, R.A. og Heggberget, T.G. 2007. Mer storlaks i Namsenvassdraget. Vurdering av fiskeforsterkende tiltak. NINA Rapport 286, 57 sider.
- Brittain, J.E., Saltveit, S.J., Arnekleiv, J.V., Hvidsten, N.A. og Johnsen, B.O. 1993. Steinsetting i vassdrag, virkning på bunndyr og fisk. I Inngrep i vassdrag; konsekvenser og tiltak - en kunnskapsoppsummering (P.E. Faugli, A.H. Erlandsen og O. Eikenæs, red.), NVE publikasjon 13-1993, 511-533.
- Brussock, P.P., Brown A.V. og Dixon, J.C. 1985. Channel form and stream ecosystem models. *Water Research Bulletin* 21, 859-866.
- Chadwick, E.M.P. 1982. Stock-recruitment relationships for Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Newfoundland rivers. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 39, 1496-1501.
- Clifford, N.J. 1993. Differential bed sedimentology and the maintenance of riffle-pool sequences. *Catena* 20, 447-468.
- Cunjak, R.A. og Therrien, J. 1998. Inter-stage survival of wild juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Fisheries Management and Ecology* 5, 209-223.
- Cunjak, R.A., Prowse, T.D. og Parrish, D.L. 1998. Atlantic salmon (*Salmo salar*) in winter: the season of parr discontent? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55 (Supplement 1), 161-180.
- Dannevig, A. 1930. Laks. Vekslinger i fiske og bestand. Årsberetning vedkommende Norges fiskerier 1929 - Nr. IV, 44 sider.
- Dempson, J.B., Furey, G. og Bloom, M. 2001. Assessment of the status of the Atlantic salmon stock of Conne River, SFA 11, Newfoundland, 2000. Canadian Science Advisory Secretariat Research Document 2001/030, 45 sider.
- Eie, J.A. og Brittain, J.E. 1989. Eksingedalen, utbygging-forskning-forvaltning, fortid-nåtid-framtid. Seminar Voss, mai 1989. Informasjon nr. 31 fra Terskelprosjektet, 155 sider
- Elliott, J.M. 1991. Tolerance and resistance to thermal stress in juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Freshwater Biology* 25, 61-70.

- Finstad, A.G., Einum, S., Forseth, T. og Ugedal, O. 2007. Shelter availability affects size-dependent and mean growth of juvenile Atlantic salmon. *Freshwater Biology* 52, 1710-1718.
- Fleming, I.A. 2001. Proceedings of the Workshop on the release of salmonid fishes in Norway. June 5-7 200, Kongsvoll, Norway. *Nordic Journal of Freshwater Research* 75, 1-152.
- Forseth, T., Jørgensen, A. og Mo, T.A. 2007a. Pilotkartlegging av PKD i norske vassdrag. NINA Rapport 259, 12 sider.
- Forseth, T., Fjeldstad, H-P., Ugedal, O. og Sundt, H. 2007b. Effekter av vassdragsregulering på smoltproduksjonen i Åbjøravassdraget. NINA Rapport 233, 87 sider.
- Fraser, N.H.C. og Metcalfe, N.B. 1997. The costs of becoming nocturnal: feeding efficiency in relation to light intensity in juvenile Atlantic salmon. *Functional Ecology* 11, 385-391.
- Gibson, R.J. 1993. The Atlantic salmon in fresh water: spawning, rearing and production. *Reviews in Fish Biology and Fishes* 3, 39-73.
- Gibson, R.J. og Myers, R.A. 1988. Influence of seasonal river discharge on survival of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 45, 344-348.
- Grande, M. og Andersen, S. 1991. Critical thermal maxima for young salmonids. *Journal of Freshwater Ecology* 6, 275-279.
- Halleraker, J.H., Saltveit, S.J., Harby, A., Arnekleiv, J.V., Fjeldstad, H.-P., og 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.
- Hansen, L.P. 1988. Status of exploitation of Atlantic salmon in Norway. Sidene 143-161 i *Atlantic salmon: planning for the future* (D.H. Mills og D.J. Piggins, red.). Croom Helm, London.
- Haraldstad, Ø. og Hesthagen, T. 2003. Laksebestanden i Mandalselva - utvikling og historikk før kalking. Side 24-27 i Ø. Haraldstad og T. Hesthagen (red.). *Laksen er tilbake i kalkede Sørlandselver. Reetableringsprosjektet 1997-2002. DN-utredning 2003-5*, 110 sider.
- Harby, A. og Arnekleiv, J.V. 1994. Biotop improvement analysis in the river Dalåa with the river simulator. *Proceedings from the 1st International Symposium on Habitat Hydraulics, Trondheim*, 513-520.
- Heggberget, T.G. 1982. Oml laks og ørret i Skjoma etter regulering og terskelbygging. Informasjon nr. 19 fra Terskelprosjektet, 70 sider.
- Heggenes, J., Bagliniere, J.L. og Cunjak, R.A. 1999. Spatial niche variability for young Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*S. trutta*) in heterogeneous streams. *Ecology of Freshwater Fish* 8, 1-21.
- Hesthagen, T. og Hansen, L.P. 1991. Tap av laks i forsuredde lakseelver i Norge. NINA Oppdragsmelding 94, 12 sider.
- Hindar, A. 1992. Kalkingsplan for Kvinavassdraget og Litleåna. - NIVA-Rapport 0-92084, 34 sider.
- Hughes, N.F. 1998. A model of habitat selection by drift-feeding stream salmonids at different scales. *Ecology* 79, 281-294.
- Hvidsten, N.A. 1985. Mortality of pre-smolt Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and brown trout, *Salmo trutta* L., caused by fluctuating water levels in the regulated River Nidelva, central Norway. *Journal of Fish Biology* 27, 711-718.
- Hvidsten, N.A. og Johnsen, B.O. 1992. River bed construction: impact and habitat restoration for juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and brown trout, *Salmo trutta* L. *Aquaculture and Fisheries Management* 23, 489-498.
- Hvidsten, N.A. og Johnsen, B.O. 1997. Screening of descending Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts for a hydropower intake in the river Orkla, Norway. *Nordic Journal of Freshwater Research* 73, 44-49.
- Hvidsten, N.A., Johnsen, B.O., Jensen, A.J., Fiske, P., Ugedal, O., Thorstad, E. B., Jensås, J.G., Bakke, Ø. og Forseth, T. 2004. Orkla, et nasjonalt referansevassdrag for studier av bestandsregulerende faktorer hos laks. Samlerapport for perioden 1979-2002. NINA Fagrapport 79, 96 sider.
- Jensen, A.J. 2005. Geografisk variasjon og utviklingstrekk I norske laksebestander. NINA Fagrapport 80, 79 sider.

- Jensen, A.J., Finstad, B., Hvidsten, N.A., Jensås, J.G., Johnsen, B.O., Lund, E. og Solem, Ø. 2007. Fiskebiologiske undersøkelser i Auravassdraget. Rapport for prosjektperioden 2004-2006. NINA Rapport 241, 63 sider.
- Johnsen, B.O., Nøst, T., Møkkelgjerd, P.I. og Larsen, B.M. 1999. Rapport fra reetableringsprosjektet: Status for laksebestander i kalkede vassdrag. NINA Oppdragsmelding 582, 79 sider.
- Jonsson, B., Forseth, T., Jensen, A.J. og Næsje, T. F. 2001. Thermal performance of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Functional Ecology* 15, 701-711.
- Langedal, M. 1996. The influence of a large antropogenic sediment source on the fluvial geomorphology of the Knabensåna-Kvina rivers, Norway. *Geomorphology* 19, 117-132.
- Larsen, B.M. og Hesthagen, T. 2004. Laks i kalkede vassdrag i Norge: status og forventninger. NINA Fagrapport 81, 25 sider.
- Larsen, B.M., Berger, H.M., Hårsaker, K., Kleiven, E., Kvellestad, A. og Simonsen, J.H. 2004. Kvinavassdraget. Kalking i vann og vassdrag - Effektkontroll av større prosjekter 2003. DN-notat 2004-2.
- Larsen, B.M., Berger, H.M., Forseth, T. og Johnsen, B.O. 2005. Yngel- og ungfiskundersøkelser i nedre del av Kvina i 2004. NINA Rapport 5, 28 sider.
- Larsen, B.M., Berger, H.M., Hårsaker, K., Kleiven, E., Kvellestad, A. og Simonsen, J.H. 2006. Kvinavassdraget. Kalking i vann og vassdrag - Effektkontroll av større prosjekter 2005. DN-notat 2006-1.
- Le Morvan, C., Troutaud, D. og Deschaux, P. 1998. Differential effects of temperature on specific and nonspecific immune defences in fish. *Journal of Experimental Biology* 202, 165-168.
- Levasseur, M., Bergeron, N.E., Lapointe, M.F. og Bérubé, F. 2006. Effects of silt and very fine sand dynamics in Atlantic salmon (*Salmo salar*) redds on embryo hatching success. *Canadian Journal of Fish and Aquatic Sciences* 63, 1450-1459.
- Lisle, T.E. og Hilton, S. 1999. Fine bed material in pools of natural gravel bed channels. *Water Resources Research* 35, 1291-1304.
- Lund, R.A., Johnsen, B.O. og Fiske, P. 2005. Fiskebiologiske undersøkelser i Surna 2002-2004. NINA Rapport 54, 86 sider.
- Montén, E. 1985. Fisk og turbiner; om fiskars møyigheter att uskadda passera gjennom kraftverksturbiner. Rapport utarbeidet av Vattenfall, ISBN 01-7186-243-9, 114 sider.
- Næsje, T.F., Fiske, P., Forseth, T., Thorstad, E.B., Ugedal, O., Finstad, A.G., Hvidsten, N.A., Jensen, A.J. og Saksgård, L.M. 2005. Biologiske undersøkelser i Altaelva. Faglig oppsummering og kommentarer til forslag om varig manøvreringsreglement. NINA Rapport 80, 99 sider.
- Orpwood, J.E., Griffiths, S.W., og Armstrong, J.D. 2003. Effects of body size on sympatric shelter use in over-wintering juvenile salmonids. *Journal of Fish Biology* 63 (Supplement A), 166-173.
- Ousdal, J-O. og Haraldstad, Ø. 1986. Fiskeribiologiske undersøkelser på strekningen Homstølvann - Liknes i Kvina høsten 1985. Forslag til framtidige utsettinger. Fylkesmannen i Vest-Agder, Miljøvernavdelingen. Rapport 1986-1, 25 sider.
- Peterson, N.P. 1982. Immigration of juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) into riverine ponds. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 39, 1308-1310.
- Saltveit, S.J. 2006. The effects of stocking Atlantic salmon, *Salmo salar*, in a Norwegian regulated River. *Fisheries, Management and Ecology* 13, 197-205.
- Saltveit, S.J. og Bremnes, T. 2003. Suldalslågen. Fiskeribiologiske undersøkelser i forbindelse med nytt prøvereglement. årsrapport for 2002. I Årsrapporter 2002 - biologiske forhold (Anonym, red.). Suldalslågen - Miljørapport nr. 24.
- Saltveit, S.J., Brabrand, Å. Berger, H.M., Kleiven, E. og Pavels, H. 2007. Kvinavassdraget. Kalking i vann og vassdrag - Effektkontroll av større prosjekter 2006. DN-notat 2007-2.
- Sivertsen, A. 1989. Forsuringstruede anadrome laksefiskbestander og aktuelle mottiltak. NINA-Utredning 10, 28 sider.
- Skåre, P.E., Hvidsten, N.A., Forseth, T., og Fjeldstad, H-P. 2006. Smoltutvandring forbi Skotfoss kraftverk i Skiensvassdraget ved bygging av et nytt flomkraftverk. NINA Rapport 193, 19 sider.

- Sterud, E., Forseth, T., Ugedal, O., Poppe T.T., Jørgensen A., Bruheim, T., Fjeldstad, H-P. og Mo, T.A. 2007. Severe mortality in wild Atlantic salmon *Salmo salar* due to proliferative kidney disease (PKD) caused by *Tetracapsuloides bryosalmonae* (Myxozoa). *Diseases of Aquatic Organisms* 77, 191-198.
- Stradmeyer, L. and Thorpe, J. E. 1987. Feeding behaviour of wild Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr in mid- to late summer in a Scottish river. *Aquaculture and Fisheries Management* 18, 51-61.
- Steine, I. og Sættem, L.M. 1994. Fiskeribiologiske granskingar av tilhøva i Jølstra 1989-94. Rapport fra de fiskerisakkyndige i forbindelse med nye Brulandsfoss kraftverk, 104 sider.
- Thorstad, E.B., Arnekleiv, J.V., Forseth, T., Sandlund, O.T., Jensen, A.J. og Næsje, T.F. 2006. Fiskevandring og effekter av endringer i vannføring. Sidene 100-115 i Økologiske forhold i vassdrag - konsekvenser av vannføringsendringer (S.J. Saltveit, red.). Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo.
- Tops, S., Lockwood, W. og Okamura, B. 2006. Temperature-driven proliferation of *Tetracapsuloides bryosalmonae* in bryozoan hosts portend salmonid decline. *Dissertations on Aquatic Organisms* 70, 227-236
- Ugedal, O., Forseth, T., Jensen, A.J., Koksvik, J.I., Næsje, T.F., Reinertsen, H., Saksgård, L. og Thorstad, E.B. 2002. Effekter av kraftutbyggingen på laksebestanden i Altaelva: undersøkelser i perioden 1981-2001. Altaelva-rapport nr. 22. 166 sider.
- Ugedal, O., Berger, H.M., Larsen, B.M. og Hoem, S.A. 2004. En vurdering av produksjonspotensialet for anadrom fisk i Kvina. NINA Oppdragsmelding 822, 33 sider.
- Ugedal, O., Larsen, B.M., Forseth, T. og Johnsen, B.O. 2006. Produksjonspotensial for laks i Mandalselva og vurdering av tap som følge av kraftutbygging. NINA Rapport 146, 46 sider.
- Uglen, I., Økland, F., Forseth, T., Diserud, O., Fiske, P., Thorstad, E.B., Hvidsten, N.A. og Berger, H.M. 2005. Smoltutvandring forbi Laudal kraftverk i Mandalselva. NINA Rapport 13, 31 sider.

NINA Rapport 321

ISSN:1504-3312

ISBN: 978-82-426-1885-6



Norsk institutt for naturforskning

NINA hovedkontor

Postadresse: 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, 7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

Organisasjonsnummer: NO 950 037 687 MVA

www.nina.no