

847 Tilbake til historisk smoltproduksjon i Kvina

NINA Rapport

En utredning av mulighetene

Torbjørn Forseth, Grethe Robertsen, Sven Erik Gabrielsen, Håkon Sundt, Bjørnar Skår & Ola Ugedal



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en 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.

Tilbake til historisk smoltproduksjon i Kvina

En utredning av mulighetene

Torbjørn Forseth, Grethe Robertsen, Sven Erik Gabrielsen, Håkon Sundt,
Bjørnar Skår & Ola Ugedal

Forseth, T., Robertsen, G., Gabrielsen, S.E., Sundt, H., Skår, B. & Ugedal, O. 2012. Tilbake til historisk smoltproduksjon i Kvina. En utredning av mulighetene - NINA Rapport 847. 60 s.

Trondheim, juni 2012

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2442-0

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Torbjørn Forseth & Grethe Robertsen

KVALITETSSIKRET AV

Gunnbjørn Bremset

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Kjetil Hindar (sign.)

OPPDRAGSGIVER

Sira-Kvina kraftselskap

KONTAKTPERSON HOS OPPDRAGSGIVER

Per Øyvind Grimsby

FORSIDEBILDE

Nedre del av Rafossen i Kvina. Foto: Per Øyvind Grimsby

NØKKELOORD

- Kvinavassdraget, Kvinesdal, Vest-Agder
- Laks
- Regulert vassdrag
- Fiskeforsterkende tiltak

KEY WORDS

- River Kvina, southern Norway
- Atlantic salmon
- Regulated river
- Compensatory measures

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

Postboks 5685 Sluppen
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

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

NINA Lillehammer

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

Sammendrag

Forseth, T., Robertsen, G., Gabrielsen, S.E., Sundt, H., Skår, B. & Ugedal, O. 2012. Tilbake til historisk smoltproduksjon i Kvina. En utredning av mulighetene - NINA Rapport 847. 60 s.

På tross av at mer enn 15 år har gått siden kalking av Kvinavassdraget ble satt i gang, er ikke fiskefangstene i nærheten av de størrelsene de var på slutten av 1800-tallet. Flere faktorer kan ha bidratt til dette, men reduksjon i smoltproduksjon som følge av vannkraftproduksjon har antakeligvis vært av avgjørende betydning. Tilsiget fra store deler av Kvinavassdraget har blitt ført bort for kraftproduksjon i Tonstad kraftverk av Sira-Kvina kraftselskap (SKk). Middelvannføringen ble med dette redusert fra 63 til 19 m³/s. Kraftverket ved Trælandsfossen utnytter også inntil 40 % av restvannføringen i vassdraget. Per dags dato foreligger en søknad fra SKk om å overføre ytterligere vann fra Kvinavassdraget slik at den totale fraføringen øker fra 69,5 til 74 %. Det foreligger også en søknad fra SKk om å bygge et nytt kraftverk ved Rafossen (dagens øvre grense for vandring av anadrom fisk), men da med forpliktelser om å gjennomføre tiltak for å kompensere for tapt smoltproduksjon som følge av eksisterende, og planlagt regulering.

Under dagens vassdragsreguleringsregime har årlig tap i smoltproduksjon av laks (*Salmo salar*) blitt estimert til rundt 20 000 individer. I denne rapporten gjennomgår vi tiltak som har potensial for å kunne bøte på dette tapet. Blant annet foreslår vi at det i forbindelse med bygging av et nytt kraftverk i Rafossen lages vandringsveier som tillater at området mellom Rafossen og Sagja kan tas i bruk for smoltproduksjon. Med dagens tapsfaktorer (beregnet til 40 % på grunn av lav vintervannføring) vil den realiserste smoltproduksjonen på denne strekningen kunne ligge mellom 12 000 og 17 000. Basert på fordelingen av gyte- og oppveksthabitat i hele vassdraget opp til terskelen ved Sagja, har vi også laget en plan for tiltak som kan føre til bedre habitatforhold slik at det blir økt lakseproduksjon. Planen inkluderer å legge ut grus eller stein for å forbedre gyte- og oppvekstforholdene, samt å fjerne/senke terskler. Dersom det blir lagt til rette for vandring av laks forbi Rafossen anbefaler vi at det etableres et øvre sikkert vandringshinder ved terskelen ved Sagja for å unngå gyting i områder hvor vannkvaliteten ikke er tilfredsstillende (pga. surt vann).

Etablering av en vannbank som kan brukes til å redusere de viktigste flaskehalsene for fiskeproduksjon har også blitt vurdert å kunne ha positive effekter på smoltproduksjonen nedenfor Rafossen. Økt minstevannføringen om vinteren (fra 1,3 m³/s til 5 eller 6 m³/s) synes å være det viktigste elementet i en husholdning av vannmengdene i vannbanken. Selv om vintervannføringen sannsynligvis representerer en flaskehals for smoltproduksjon, er det godt mulig at sommervannføring vil kunne bli en begrensende faktor når minstevannføring om vinteren økes. Vi foreslår derfor at minstevannføring om sommeren økes fra dagens 3,7 til 5 eller 6 m³/s.

Samlet sett vil de ulike tiltakene (bruk av områdene ovenfor Rafossen, bruk av vannbanken til å redusere flaskehalser knyttet til vannføring, bortfall av tap i Trælandsfoss kraftverk og habitattiltak ved Stadion og i området Svindland-Åmot) kunne gi en gevinst i form av økt smoltproduksjon på 19 000-27 000 eller 22 000-31 000 individer, avhengig av hvilket alternativ for bruk av slipp fra vannbanken som velges. Dermed skulle det ut fra våre estimater være mulig å kompensere for tap i smoltproduksjonen som følge av eksisterende og planlagt regulering.

For at dette skal være realistisk forutsettes det at det blir etablert vandringsløsninger som tillater vandring av gytefisk i hele elvestrekningen opp til terskelen ved Sagja, og at smolt og utgytt laks kan passere uskadet gjennom det planlagte kraftverket i Rafossen og det eksisterende kraftverket i Trælandsfossen.

Torbjørn Forseth: Norsk institutt for naturforskning, Fakkeldgården, 2624 Lillehammer, torbjorn.forseth@nina.no

Grethe Robertsen & Ola Ugedal: Norsk Institutt for Naturforskning, 7485 Trondheim.

Sven Erik Gabrielsen & Bjørnar Skår: LFI, Uni Miljø, 5006 Bergen

Håkon Sundt: SINTEF Energi AS, 7465 Trondheim

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	4
Forord	5
1 Innledning	6
2 Områdebeskrivelse og datagrunnlag	8
3 Habitatplan og produksjonspotensial	10
3.1 Gyteområder og skjul for ungfisk.....	10
3.1.1 Fordeling av gyteområder.....	10
3.1.2 Skjul for laks- og ørretunger	11
3.2 Teoretisk produksjonskapasitet på strekningen Rafossen - Sagja.....	12
3.3 Habitatplan.....	13
4 Vannbank	15
4.1 Vann tilgjengelig for vannbanken	15
4.2 Effekter av fraføring på vannføringsregimet	16
4.3 Vannføringsavhengige flaskehalsar for smoltproduksjon	17
4.3.1 Gyting og vinteroverlevelse	19
4.3.2 Smoltutvandring (april og mai).....	22
4.3.3 Vedlikehold av habitatkvalitet	23
4.3.4 Tidlig overlevelse.....	24
4.3.5 Oppvekst og sommerhabitat (juni - august).....	24
4.3.6 Oppvandring av laks og utøvelse av fiske (juli og august).....	26
4.4 Vannbankens størrelse	27
4.5 Overordnet om bruk av vannbanken	29
5 Vandringsveier	30
5.1 Oppvandring	30
5.2 Utvandring.....	31
6 Erstatning av smolttap	33
6.1 Produksjon i nye arealer oppstrøms Rafossen	33
6.2 Økt produksjon nedstrøms Rafossen	34
6.3 Habitatrestaurering.....	34
6.4 Sommervannføring.....	35
6.5 Samlet smoltgevinst.....	36
7 Konklusjon	37
8 Referanser	38
Vedlegg	40

Forord

Denne rapporten er utarbeidet av Norsk institutt for naturforskning, SINTEF Energi AS og LFI, Uni Miljø på oppdrag fra Sira-Kvina kraftselskap (SKk), og bygger på det tverrfaglige samarbeidet og kunnskapen som ble bygd opp gjennom prosjektet EnviDORR, som er en del av forskningssenteret CEDREN. Prosjektet representerer et første forsøk på å anvende konseptet «miljødesign av regulerte vassdrag» og resultatene fra EnviDORR-prosjektet, sammen med eksisterende kunnskap, i et konkret og nytt prosjekt. Vi takker SKk for dette utfordrende oppdraget.

19. juni 2012

Torbjørn Forseth (prosjektleder)

1 Innledning

På 1800-tallet var Kvina en god lakseelv med årlige rapporterte fangster på over 5 tonn i perioden 1870-1890. Fangstene ble sterkt redusert utover 1900-tallet og i 1989 var den opprinnelige laksebestanden antatt utdødd (Sivertsen 1989; Johnsen mfl. 1999). Sur nedbør var den viktigste årsaken til bestandssammenbruddet, og etter at kalking ble satt i gang i 1994 har en laksebestand blitt reetablert og vassdraget har utviklet seg til å bli en viktig elv for sportsfiske etter både laks (*Salmo salar*) og ørret (*Salmo trutta*) (Larsen mfl. 2005; Saltveit mfl. 2009). På tross av at det har gått mer enn 15 år med kalking er fangstene likevel ikke i nærheten av de tidligere størrelsene. Årsaken er mest sannsynlig at vassdraget har blitt utsatt for ytterligere menneskelig påvirkning i forbindelse med reguleringer for vannkraftproduksjon. Trælandsfoss kraftverk (Borregaard Trælandsfoss AS) utnytter fallet i Trælandsfossen, noe som har medført en 800 m lang minstevannføringsstrekning i lakseførende del. Gjennom reguleringen av Sira og Kvina (Sira-Kvina kraftselskap, SKk) har to tredjedeler av den opprinnelige vannføringen i Kvina blitt overført til Siravassdraget. I tillegg har det blitt bygd en rekke terskler i den lakseførende strekningen. Totalt sett har dette ført til redusert kvalitet av gyte- og oppvekstområder for laks og ørret, med dertil redusert rekruttering. Med dagens situasjon og med en antatt historisk smoltproduksjon per år på ~36 000 smolt, har årlig tapt smoltproduksjon som følge av reguleringen blitt anslått til om lag 20 000 smolt (Bremset mfl. 2008).

Det foreligger planer for å regulere vassdraget ytterligere og SKk har levert melding om overføring av Knabeåna og Sollisåna til Homstølvatn slik at den totale fraføringen av vann øker fra dagens 69,5 til 74 %. De har også søkt om konsesjon for å bygge et kraftverk ved Rafossen (dagens øvre grense for anadrom strekning). Samtidig er det et ønske om å øke fiskeproduksjonen i vassdraget, og SKk har uttrykt et mål om å gjenopprette historisk produksjon av smolt. Målet med denne rapporten er å utrede mulighetene for å gjennomføre tiltak som kan kompensere eller redusere tapet i smoltproduksjon som følge av eksisterende så vel som av planlagt regulering. Dette blir gjort ved å vurdere utbyggingsplanene i sin helhet og skissere tiltak som samlet sett kan ha potensial til å bringe smoltproduksjonen og fisket (fiskereguleringer tatt i betraktning) tilbake på historiske nivåer.

Det er krevende å erstatte et årlig tap på 20 000 laksesmolt i et så sterkt regulert vassdrag som Kvina, og flere virkemidler må tas i bruk. Utgangspunktet for utredningen er imidlertid at det kan etableres en "vannbank" som skal kunne brukes (via slipp av vann fra magasin) til å redusere flaskehalsen for fiskeproduksjon og fiske, at lakseførende strekning kan økes fra 13 til 19 km ved å bygge vandringsveier forbi det planlagte kraftverket ved Rafossen, og at det i den grad det er nødvendig kan gjennomføres fysiske tiltak for å bedre gyte- og oppvekstforholdene. I prosjektutformingen ble det konkludert at følgende elementer må på plass om det skal være mulig å nå målene:

- 1) Det må etableres en samlet plan og gjennomføres tiltak for å bedre gyte- og oppvekstforholdene i hele vassdraget opp til terskelen ved Sagja. Dette skal så godt som mulig kompensere for smolttap knyttet til habitatdegradering.
- 2) Det må utvikles en vannbank og strategier for bruk av denne som reduserer de viktigste flaskehalsene for fiskeproduksjon (og eventuelt fiske) knyttet til vannføring og vanntemperatur etter realisering av de framlagte utbyggingsplanene for kraftproduksjon. Dette skal bidra til at den teoretiske produksjonskapasiteten (basert på produksjonsareal) utnyttes så godt som mulig.
- 3) Gytefisk må fritt kunne vandre hele elvestrekningen opp til terskelen ved Sagja, og smolt og utgytt fisk må kunne passere det planlagte kraftverket i Rafossen og det eksisterende kraftverket i Trælandsfossen uskadet.

I denne rapporten utarbeider vi forslag til tiltak i samsvar med punkt 1 (habitatplan) og 2 (vannbank) ovenfor og vurderer foreslåtte vandringsløsninger (fra SKk) forbi Rafossen. Borregård

Trøelandsfoss AS fikk i 2009 en konsesjon som inneholder bestemmelser som skal sikre oppvandring og utvandring av laks, og har startet arbeidet med å finne tekniske løsninger. I denne rapporten forutsetter vi derfor at gytefisk skal kunne passere Trøelandsfoss kraftverk på vei opp, og at smolt og utgytt fisk skal kunne passere kraftverket uskadd på vei til sjøen. Rapporten avslutter med en samlet vurdering av om tiltakene er tilstrekkelige til å nå målet om å bringe smoltproduksjonen og fisket tilbake til historisk nivå.

2 Områdebeskrivelse og datagrunnlag

Kvinavassdraget (vassdragsnr. 025) ligger i Kvinesdal kommune i Vest-Agder fylke og består av to hovedgreiner, Kvina og Litleåna. Per dags dato går lakseførende strekning opp til Rafossen i Kvina (13 km) og opp til Håfossen ved Åmot i Litleåna (2 km).

Fram til kalkingstiltak ble satt i gang i 1994 var Kvinavassdraget sterkt forsuret og vannkvaliteten for dårlig til at laks og sjørret kunne leve og reproducere her (Hindar 1992; Larsen mfl. 2005). Etter kalkingen kom i gang økte tettheten av laksunger betydelig i perioden 1995-2001, og tetthetene har etter dette fluktuert en del fram til 2010 (Larsen mfl. 2004; Saltveit mfl. 2011). Det er plassert kalkdoserere ved Lindeland bru i Kvina, ved Nyland i nedre del av Kvina og ved Mygland i Litleåna. Enkelte innsjøer i nedbørsfeltet blir også kalket. På tross av at den øverste kalkdosereren er plassert ved Lindeland bru er ikke vannkvaliteten ovenfor dosereren ved Nyland tilstrekkelig god for oppvekst av laksunger.

Kvina er i tillegg et sterkt regulert vassdrag. Det begynte i 1909 da Trælandsfoss kraftverk ble bygget for å utnytte fallet i Trælandsfossen (1,5 km nedstrøms Rafossen), noe som har medført en 800 m lang minstevannføringsstrekning. Borregård Trælandsfoss eier dette, fram til nylig, konsesjonsfrie kraftverket som fra 1920 har kunnet ta ut maksimalt 40 m³/s til kraftproduksjon. I 1968 ble 800 km² av nedbørsfeltet til hovedvassdraget i Kvina overført av Sira-Kvina kraftselskap (SKk) til Siravassdraget for kraftproduksjon i Tonstad kraftverk. Denne reguleringen medførte at vannføringen i Kvina ble betraktelig redusert. Før reguleringen var middelvannføringen ~66 m³/s ved Rafossen mens den etter ble anslått til å være ~20 m³/s (Hindar 1992). SKk er pålagt minstevannføringer (målt ved Stegemoen vannmerke ved Rafossen) på 1,3 m³/s om vinteren (oktober – april) og 3,7 m³/s om sommeren (mai – september).

For å etablere og opprettholde vannspeilet etter reguleringsinngrep har en rekke terskler blitt bygget i lakseførende strekning i Kvina. Disse tersklene kan også ha negative effekter på smoltproduksjonen. På strekningen mellom Fedafjorden og Rafossen er det tre terskler. En ligger ved utløpet av Rafossbassenget og like nedenfor denne terskelen sperrer en steindemning elveleiet. Det er bygd en laksetrapp for å hjelpe vandrende fisk å passere denne steindemningen. Ved Svindland er det en relativt høy terskel som ble redusert i størrelse da den ble senket i 2006, og det er også en terskel ved stadion nedstrøms Kvinesdal sentrum. For å lette oppgangen for vandrende fisk forbi denne nederste terskelen ble det i 1993 bygget en kulpetrapp. Ovenfor anadrom strekning er det også terskler. Den 16 km lange elvestrekningen mellom kalkdosererne på Nyland og Lindeland består stort sett av stilleflytende elv og terskelbasseng, og er derfor ikke godt egnet som oppveksthabitat. Dersom det tilrettelegges for oppgang av vandrende fisk forbi Rafossen i forbindelse med utbygging av Rafoss kraftverk, vil anadrom fisk i teorien kunne vandre helt opp til Oksefossen (men vannkvaliteten er ikke tilstrekkelig god for lakseproduksjon lenger opp enn til Sagja).

En rekke undersøkelser som har blitt gjennomført i Kvinavassdraget har frembragt kunnskap som er av avgjørende betydning for å komme med gode forslag til tiltak som kan øke smoltproduksjonen. Blant annet har strekningen Klosterøyna – Rafossen blitt kartlagt med hensyn på fallgradient, vanndybde, vannhastighet og bunnsubstrat, noe som gir en oversikt over hvor store arealer som er tilgjengelig for gyting og oppvekst av årsyngel og eldre laksunger (Ugedal mfl. 2004). Skjultilgang, mesohabitat og substrat har også blitt kartlagt (på strekningen Fedafjorden – Rafossen), og fordelingen av ulike aldersklasser av laks i forhold til ulike habitatkarakteristika har blitt undersøkt ved elektrofisking (Gjemlestad 2008). Fordeling av gyteområder i denne elvestrekningen har også blitt registrert og omfanget av tørrlegging ved lav vannføring undersøkt (Ugedal mfl. 2004). I tillegg har spredningen av ungfisk fra et kjent gytefelt blitt registrert (Gjemlestad 2008).

Basert på tetthet av årsyngel, elvas sammensetning av habitatklasser og fangst av voksen laks har det blitt anslått at dagens smoltproduksjon i Kvina er om lag 16 000 smolt (Ugedal mfl. 2004; Bremset mfl. 2008). Historisk smoltproduksjon i elva kan anslås til om lag 36 000 smolt

(Bremset mfl. 2008). Tapet av smolt som følge av vannkraftreguleringer i elva ansees i hovedsak å skyldes lav vintervannføring, endrede habitatforhold som følge av reguleringen og dødelighet av smolt som vandrer gjennom Trøelandsfoss kraftverk (Ugedal mfl. 2004; Bremset mfl. 2008).

Tidligere undersøkelser har også vurdert tiltak for å kompensere for tapt smoltproduksjon som følge av reguleringen og det er fastslått at biotopjusterende tiltak ikke kan kompensere tapet fullt ut (Ugedal mfl. 2004; Bremset mfl. 2008). Å gjøre strekningen ovenfor Rafossen tilgjengelig for anadrom laks har imidlertid blitt foreslått å kunne gi en økning i produksjon av laksesmolt på om lag 16 000 (Bremset mfl. 2008).

For å utarbeide sikrere estimater for potensialet for smoltproduksjon i områdene ovenfor Rafossen og å kunne vurdere habitatrestaurerende tiltak i dette området, har vi gjennomført en kartlegging av fordeling av gyteområder og oppveksthabitat. Gyteområdene nedenfor Rafossen har også blitt grundigere kartlagt enn tidligere. På dette grunnlaget har vi vurdert fordelingen av gyting relatert til allerede kjent fordeling av oppveksthabitat, for å bestemme hvor det kan være hensiktsmessig å legge ut egnet gytesubstrat (Gjemlestad 2008). Mer komplett informasjon om gyte- og oppveksthabitat gjorde det også mulig å vurdere en eventuell gevinst av å fjerne terskler bedre.

3 Habitatplan og produksjonspotensial

For å kunne utarbeide en plan for habitattiltak og for å bedre det faglige grunnlaget for å anslå den teoretiske produksjonskapasiteten i området oppstrøms Rafossen, ble det gjennomført en detaljert kartlegging av potensielle og realiserte gyteområder på hele strekningen. I tillegg ble skjultilgangen på strekningen oppstrøms Rafossen kartlagt. Vi bruker i samsvar med Bremset mfl. (2008) begrepet «teoretisk produksjonskapasitet», som en beskrivelse av hvor stor vi tror smoltproduksjonen kan bli ut fra habitatforholdene alene. Den realiserte produksjonen vil være avhengig av hvordan særlig vannføringsforholdene (men også temperaturen) påvirker fiskens overlevelse og vekst, og i utgangspunktet må vi anta en lavere realisert produksjon (for eksempel gir lav vintervannføring sannsynligvis ekstra dødelighet om vinteren). Vannbanken skal brukes slik at disse effektene reduseres. Forholdet mellom teoretisk og realisert produksjonskapasitet tas opp i **kapittel 6**.

På grunn av både habitatforholdene (store terskelområder med lite egnet substrat, Bremset mfl. 2008) og vannkjemiske forhold (vassdraget er ikke tilstrekkelig kalket oppstrøms Sagja) ble undersøkelsene og vurderingene begrenset til strekningen nedstrøms terskelen ved Sagja. Vi anbefaler at det etableres et øvre sikkert vandringshinder ved denne terskelen (se Gjemlestad & Forseth 2009) for å unngå at fisk gyter i områder hvor vannkvaliteten ikke er tilfredsstillende.

3.1 Gyteområder og skjul for ungfisk

Gyteområder og skjulplasser for laks- og ørretunger ble registrert ved snorkling. Skjultilgangen ble kartlagt ved å måle antall hulrom i substratet og dybden på disse i 0,25 m² store ruter (se Bremset mfl. 2008 for detaljer). En landmann gjorde fortløpende notater og merket av gyteområder og skjulregistreringer med en håndholdt GPS. Alle temakartene ble laget i ArcGis versjon 9.3.1.

Tilgjengelighet og areal (m²) av gyteområder ble kartlagt i hele hovedstrengen av Kvina fra Sagja til flopåvirket område ved utløpet. Siden tilgang av skul for laks- og ørretunger i dagens lakseførende strekning allerede var kartlagt (Gjemlestad 2008), ble denne kun beskrevet for strekningen Sagja – Rafossen.

3.1.1 Fordeling av gyteområder

Sagja - Rafossen

På strekningen fra terskelen ved Sagja og ned til Rafossen ble det påvist 31 områder som er egnet for gyting av laks og ørret. De viktigste gyteområdene ble funnet i den midtre delen av strekningen fra Tjørnholm og ned til Røynestad, spesielt ved Storekvina (gyteområde 4-31, se **Kartvedlegg 1**). I størrelse varierte det enkelte gyteområde fra ca. 15 m² til hele 5 500 m² (**Vedleggstabell 1**). Det totale arealet av de 31 gyteområdene ble anslått å utgjøre ca. 16 700 m². Vannføringen ved kartleggingen var lav, ca. 6 m³/s. Omtrent halvparten av gyteområdene (8 600 m²) ble vurdert å ligge for grunt og var ikke egnet for gyting på undersøkelsestidspunktet. Ved høyere vannføring vil disse gyteområdene også bli tatt i bruk av laks og ørret. Mellom Røynestad og Rafossen ble det ikke funnet områder egnet for gyting. Tilgjengelig gyteareal utgjør dermed nesten 3 % av det totale vanndeekte arealet på 567 000 m². Ved lav vannføring vil tilgjengelig gyteareal være langt lavere og utgjøre ca. 1,4 % av totalt vanndeckt areal. I tillegg til de større gyteområdene, ble det registrert små gytearealer som var flekkvis fordelt i elva. Disse vil normalt være 1-5 m² store. På strekningen fra terskelen ved Sagja og ned til Rafossen ble det registrert en god del flekkvise gytearealer i øvre del, men også noen på midtre strekning. Vi har anslått disse gytearealene til å utgjøre ca. 500 m², og dette må således tas med i beregningen av det totale tilgjengelige gytearealet på strekningen.

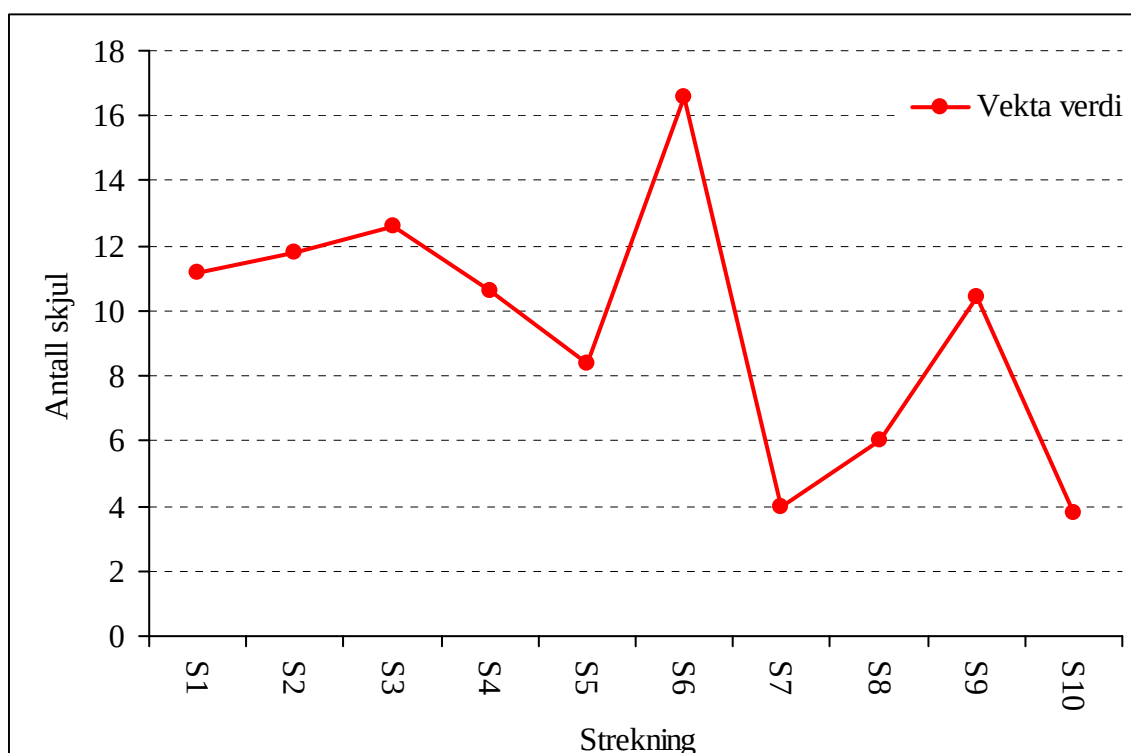
Rafossen – flomål i Kvina (Klosterøyna)

På strekningen fra Rafossen og ned til flomålet i Kvina ble det totalt påvist 26 ulike områder som er egnet for gyting av laks og ørret. De viktigste gyteområdene ble funnet rett nedstrøms vandringshinderet ved Rafossen (gyteområde 33), nedstrøms Trælansfossen (gyteområde 38) og i sentrum, ved Liknes (gyteområde 43, se **Kartvedlegg 2**). I størrelse varierte gyteområdene fra ca. 5 kvadratmeter til hele 7 500 m² (**Vedleggstabell 2**). Det totale arealet av de 26 gyteområdene ble anslått til å utgjøre ca. 22 000 m². Noen av gyteområdene (5 100 m²) ble vurdert til å ligge for grunt og var ikke egnet for gyting ved undersøkelsestidspunktet. Ved høyere vannføring kan også disse gyteområdene bli tatt i bruk av laks og ørret. Tilgjengelig beregnet gyteareal utgjør nesten 3 % av det totale vanndekte arealet på 804 000 m². Ved lav vannføring vil tilgjengelig gyteareal være noe lavere og utgjøre ca. 2 % av vanndekt areal. I tillegg til de større gyteområdene, ble det registrert små flekkvise gytearealer. På strekningen fra Rafossen og ned til flomålet i Kvina (Klosterøyna), ble det registrert en god del flekkvise gytearealer i øvre del. Vi har anslått disse til å være på ca. 100 m² totalt, og dette arealet må således tas med i beregningen av det totale tilgjengelige gytearealet på strekningen.

3.1.2 Skjul for laks- og ørretunger

Sagja - Rafossen

Generelt var det mye tilgjengelig skjul for laks- og ørretunger i store deler av strekningen fra terskelen ved Sagja og ned til Rafossen. Mengde skjul var imidlertid lavere i nedre del, rett oppstrøms Rafossen, hvor det er en stor terskeldam som strekker seg nesten helt opp til Storkvina (**Figur 1, Vedleggskart 3**).



Figur 1. Forekomst av skjul i ulike strekninger fra terskelen ved Sagja og ned til Rafossen. Se kart 3 for lokalisering av områder for de ulike målingene av skjul. Skjul er uttrykt som gjennomsnittlig veid (etter hulrommenes størrelse) skjulmengde.

Det var en god del store steiner og blokker i elvebunnen på strekningen mellom Sagja og Rafossen (**Figur 2**). Dette danner normalt hulrom og gode skjulmuligheter for ungfisk av laks og ørret. På noen områder, spesielt i tilknytning til egnede gyteområder, besto elvebunnen av grov grus og små steiner (**Figur 2**) som gir mindre hulrom og dårligere skjulmuligheter for fisk eldre enn årsyngel.



Figur 2. Typiske substratforhold i strekningen mellom Sagja og Rafossen. Foto: Sven Erik Gabrielsen.

3.2 Teoretisk produksjonskapasitet på strekningen Rafossen - Sagja

For å beregne teoretisk produksjonsevne ovenfor lakseførende strekning mellom Rafossen og Sagja ble vanndekt areal beregnet ved bruk av ArcGIS og N50 kartverk. Basert på kartleggingen av gyte- og oppvekstområder ble arealet vurdert til å være enten egnet eller uegnet for fiskeproduksjon. Uegnede arealer er arealer med finkornet substrat eller berg, der det ikke er skjul eller gytemuligheter. Arealet som ble vurdert å være egnet ble deretter plassert i tre kategorier basert på en samlet vurdering av skjulmålinger og tidligere boniteringer (Bremset mfl. 2008):

- 1: Dårlig egnethet (få eller ingen gyteområder, lite skjul).
- 2: Middels egnethet (moderat store gyteområder og moderat skjultilgang relativt nær gyteområdene).
- 3: God egnethet (gode gytemuligheter og gode skjulmuligheter i umiddelbar nærhet).

Vi brukte arealene som falt inn under disse kategoriene og de samme smolttetthetene som i Bremset mfl. (2008) for skjulverdi 1, 2 og 3 (se Bremset mfl. 2008 for det faglige grunnlaget). Det kan også være noe smoltproduksjon i områder klassifisert som uegnet, men produksjonskapasiteten her er uansett så liten (se estimater i Bremset mfl. 2008) at vi har valgt å se bort fra den.

Beregnet vanndekt areal på strekningen mellom Sagja og Rafossen var 566 800 m². Dette arealet kan avvike noe fra reelt vanndekt areal siden det baserer seg på N50 kartverk. Mye av dette arealet er helt stillestående og dypt, og er trolig uegnet som leveområder for ungfisk. Basert på vår kartlegging av det totale arealet har vi beregnet dette uegnete arealet til å være 191 000 m². Dermed har strekningen et areal på 375 800 m² som er mer eller mindre egnet som oppvekstområde for ungfisk (**tabell 1**). Fordelingen av disse arealene er vist i **Vedleggskart 4**.

Totalt areal som er vurdert til å være middels til godt egnet oppvekstareal er 302 000 m². Til sammenligning oppgir Bremset mfl. (2008) middels til gode oppvekstareal å være ca. 218 800 m² på strekningen mellom Rafossen og kalkingsstasjonen ved Nyland som ligger 6 km oppstrøms Rafossen. Denne strekningen er to km kortere enn strekningen i vår kartlegging, og arealene er like om man sammenlikner den samme strekningen. Bremset mfl. (2008) anslo, basert på skjulverdier tilordnet fra en habitatklassifisering, det teoretiske produksjonspotensialet av smolt til å være fra 18 000 til 35 000 smolt. Våre vurderinger, basert på skjulmålinger, gir lignende estimater for produksjonskapasitet (**tabell 1**).

Tabell 1. Teoretisk produksjonskapasitet for laksesmolt på strekningen mellom Rafossen og terskeldammen ved Sagja basert på ulike tettheter av smolt (pr 100 m²) gitt som intervaller. Estimaten fra Bremset mfl. (2008) for det noe mindre området opp til kalkingsdosereren ved Nyland er gitt for sammenligning. Tallene er avrundet.

Klassifisering	Areal	Tetthet	Minimum	Maksimum	Middel
Dårlig egnet	73 700	2-4	1500	3000	2200
Middels egnet	136 000	5-9	6800	12 200	9500
Godet egnet	166 000	7-13	11 600	21 600	16 600
Totalt	375 700		20 000	37 000	28 000
Bremset mfl.			18 000	35 000	26 000

Tatt i betraktning at det potensielle produksjonsarealet på strekningen er nesten 376 000 m², at store deler av dette arealet har godt egnet oppveksthabitat (skjulmålinger) og at fordelingen av potensielle gyteområder er relativt god, så vurderer vi at et *forsiktig* estimat (basert på minimum til middel) for den teoretiske produksjonskapasiteten på strekningen mellom Rafossen og terskeldammen ved Sagja er mellom 20 000 og 28 000 smolt. Dette tilsier at det kan være mulig å erstatte en tapt smoltproduksjon på 20 000 smolt ved å ta i bruk området mellom Rafoss og Sagja til lakseproduksjon. Dette forutsetter imidlertid at miljøforholdene skapt av reguleringen i liten grad gir ekstra dødelighet, slik at den realiserte produksjonen blir lik eller nær den teoretiske produksjonskapasiteten (for teoretisk kapasitet på henholdsvis 20 000 og 28 000 smolt). Med dagens tapsfaktorer (40 % på grunn av lav vintervannføring; Bremset mfl. 2008) vil den realiserte smoltproduksjonen på strekningen ligge mellom 12 000 og 17 000 smolt. En kompliserende faktor er at de to øverste kilometerne ligger oppstrøms kalkingsstasjonen ved Nyland (som sikrer fullkalking til tilfredsstillende vannkjemi for laks), og surere vann oppstrøms kan redusere overlevelsen og dermed produksjonen av smolt. På den annen side kan en justering av terskelen ved Storekvina øke gytemulighetene betraktelig, og i tillegg øke egnetheten til leveområdene for ungfishen (se **kapittel 3.3**). Dette vil øke den teoretiske produksjonskapasiteten på strekningen.

3.3 Habitatplan

Basert på kartleggingen av potensielle og realiserte gyteområder (**Vedleggskart 1 og 2**) og skjultilgang (**Vedleggskart 3**) i hele vassdraget opp til terskelen ved Sagja, foreslår vi en samlet plan over tiltak for å forbedre habitatforholdene for gyting og oppvekst. I denne planen inngår utlegging av grus for å etablere gyteområder og bedre oppvekstforholdene, samt fjerning/senkning av terskler. Uavhengig av denne rapporten har noen slike tiltak alt blitt gjennomført eller er under planlegging:

- Høsten 2011 ble det utført tiltak for å lette oppvandringen av voksenfisk ved terskelen ved Stadion (konsentrering av vann), etablere gytemuligheter rett oppstrøms terskelen og gi flere skjulplasser for fisk (i buner og steinrygger) over en strekning på 100-150 m nedstrøms terskelen.

- Førstkommende sommer (2012) foreligger det planer om å etablere et oppvekstområde for laks i området rundt Klosterøyna hvor skjul per dags dato er nærmest fraværende. Dette skal gjøres ved å legge ut grupper med egnet substrat. Mulighetene for å øke gytekapasiteten er også til vurdering.

Ytterligere områder hvor habitatrestaurerende tiltak vil kunne medføre høyere produksjon av laksesmolt er:

- I strekningen mellom Åmot rett oppstrøms Liknes og terskelen på Svindland er det mye skjul for ungfisk men ingen gyteområder (se **Vedleggskart 1, 2 og 3**; Bremset mfl. 2008; Gjemlestad 2008). For å stimulere til gyting som kan bidra til å bedre rekrutteringen i dette området slik at den uutnyttede skjulkapasiteten tas i bruk foreslår vi utlegging av gytegrus i fire områder (**Vedleggskart 5**), som til sammen vil utgjøre 700 m². Disse områdene regnes som egnet for utlegging av gytegrus da vi tror de vil være stabile og at det er lav sannsynlighet for at grusen raskt vil spyles ut (**Vedleggskart 5**).
- Lenger oppstrøms, i området mellom Storekvina og terskelbassenget ved Rafossen, er det store potensielle gyteområder som antakeligvis ikke kommer til å bli tatt i bruk under rådende miljøforhold i terskelbassenget ved Storekvina. Det er også relativt lite skjul i området mellom Storekvina og ned mot Rafoss terskelbasseng. En senkning av Storekvinaterskelen og etablering av steinrygger i dette området vil derfor kunne føre til bedre forhold for både rekruttering og oppvekst. Vi forslår at det etableres flere skjulplasser ved å opprette buner langs land og langsgående steinrygger i dypere områder. Detaljer for størrelse og plassering av disse tiltakene er ikke utformet. Et forslag til utforming av Storekvinaterskelen og hvilke biotopjusteringer som eventuelt bør gjøres i terskelområdet er under utarbeidelse av LFI, Uni Miljø (på oppdrag fra SKK), og vil foreligge i form av en rapport forsommeren 2012.

I strekningen ovenfor terskelbassenget ved Storekvina og opp til Sagja er det godt med potensielle gyte- og oppvekstområder og vi anbefaler derfor ingen habitatrestaurerende tiltak her.

4 Vannbank

4.1 Vann tilgjengelig for vannbanken

Total mengde ekstra vann tilgjengelig i Homstølvann ved en eventuell overføring av vann fra sidevassdragene Knabeåna og Sollisåna ble beregnet ut fra gjennomsnittlig månedlig overføring. Verdier for månedlige overføringer ble tatt fra SKks melding «Overføring av Knabeåna og Sollisåna til Homstølvatn» sendt til NVE i 2010. Vann tilgjengelig i en vannbank for sesongslipp av vann til Kvina fra Homstølvann tar utgangspunkt i total mengde ekstra vann overført til Homstølvann per år.

Ved en eventuell overføring vil beregnet gjennomsnittlig vannmengde som månedlig blir overført til Homstølvatn fra Knabeåna (**tabell 2**) og Sollisåna (basert på målestasjonen i Langevatn, **tabell 3**) være på hhv. 2,21 og 1,37 m³/s. Dette gir en betydelig reduksjon i vannføring i sidevassdragene (**tabell 2** og **3**). Basert på disse utregningene vil det etter overføringen være ca. 100 Mm³ ekstra vann i Homstølvatn tilgjengelig for kraftproduksjon i Tonstad kraftstasjon i et gjennomsnittlig år (**tabell 4**). Dette er vann som, dersom overføringen ikke blir gjennomført, vil renne ned i Kvina. Denne vannmengden danner derfor basis for den øvre størrelsen på en vannbank som kan brukes for å bedre forholdene for produksjon av laks og ørret i Kvina. Denne årlige summen er benyttet som grunnlag for beregninger av «vanntap» i Homstølvatn forårsaket av potensielle sesongmessige vannslipp til Kvina gjennom vannbanken. Et slikt vanntap vil komme i tillegg til dagens slipp av minstevannføring i Kvina.

Tabell 2. Estimert gjennomsnittlig vannføring (m³/s) rett nedstrøms inntaket i Knabeåna før og etter overføring av vann til Homstølvatn, samt estimert vannføring som blir overført og andelen av den opprinnelige vannføringen gjenværende i Knabeåna etter overføringen (%).

Måned	Før	Etter	Overført vann (m ³ /s)	Andel av dagens vannføring (%)
Januar	2,08	0,28	1,80	13
Februar	1,81	0,31	1,50	17
Mars	1,43	0,22	1,21	15
April	3,13	0,21	2,92	7
Mai	3,98	0,21	3,77	5
Juni	1,74	0,17	1,57	10
Juli	0,96	0,17	0,79	17
August	1,09	0,2	0,89	18
September	1,69	0,2	1,49	12
Oktober	3,09	0,31	2,78	10
November	3,01	0,22	2,79	7
Desember	2,55	0,48	2,07	19
Middel	2,21	0,25	1,97	11

Tabell 3. Estimert gjennomsnittlig vannføring (m^3/s) rett nedstrøms tersklene i Langevatn før og etter overføring av vann til Homstølvatn. Beregnet vannføring overført (m^3/s) og andelen av den opprinnelige vannføringen som vil være igjen i Sollisåna etter overføringen er også oppgitt (%).

Måned	Før	Etter	Overført vann (m^3/s)	Andel av dagens vannføring (%)
Januar	1,25	0,16	1,09	13
Februar	1,12	0,18	0,94	16
Mars	0,88	0,13	0,75	14
April	1,93	0,14	1,79	7
Mai	2,46	0,15	2,31	6
Juni	1,07	0,1	0,97	9
Juli	0,59	0,1	0,49	16
August	0,67	0,11	0,56	17
September	1,04	0,13	0,91	12
Oktober	1,91	0,22	1,69	11
November	1,86	0,2	1,66	11
Desember	1,57	0,38	1,19	24
Middel	1,37	0,17	1,20	12

Tabell 4. Gjennomsnittlig vannføring (m^3/s) og vannvolum (Mm^3) overført til Homstølvatn fra Knabeåna og Sollisåna per måned (basert på tall fra et gjennomsnittlig år, SKk rapport).

Måned	Overført vann (m^3/s)	Overført vannmengde (Mm^3)
Januar	2,89	7,7
Februar	2,44	5,9
Mars	1,96	5,2
April	4,71	12,2
Mai	6,08	16,3
Juni	2,54	6,6
Juli	1,28	3,4
August	1,45	3,9
September	2,40	6,2
Oktober	4,47	12,0
November	4,45	11,5
Desember	3,26	8,7
Sum		99,7

4.2 Effekter av fraføring på vannføringsregimet

Historiske vannføringsserier for målestasjonen ved Stegemoen ble benyttet til å gjøre hydrologiske analyser av endret vannføringsregime i Kvina. Det ble gjennomført to IHA-analyser (Indicators of Hydrologic Alteration, Mathews & Richter 2007) på døgnvannføring i årene 1994 til og med 2008, en med og en uten overføring av sidevassdragene Knabeåna og Sollisåna. Sammenligninger av de to vannføringsregimene (med og uten fraføring av sidevassdrag) ble utført basert på IHA-analysene, og resultatene viser graden av endring i vannføringen i Kvina som funksjon av fraføring av vann fra sidevassdragene. Dette er gjort for både gjennomsnittlig vannføring per måned og minste gjennomsnittlige vannføring gjennom en uke (gjennomsnitt av syv dagers minimum).

En fraføring av sidevassdragene vil føre til en situasjon hvor vannføringene i Kvina generelt sett vil gå ned sammenliknet med dagens nivå. Gjennomsnittlig vil den månedlige vannføringen i Kvina etter fraføringen bli mellom 79 og 92 % av dagens vannføring (**tabell 5**). Videre vil minste middel ukevannføring for hver måned være på mellom 63 og 93 % av det den er i dag

(tabell 6). Dette kan i seg selv ha ytterligere negative effekter for smoltproduksjonen dersom det ikke kompenseres med å tilføre vann fra vannbanken i perioder som er kritiske.

Tabell 5. Beregnet middelvannføring (m^3/s) ved Stegemoen før og etter overføring av vann fra Knabeåna og Sollisåna til Homstølvatn. Rest beskriver prosentvis andel av opprinnelig vannføring som vil være igjen etter overføringen. Beregningen baserer seg på minstevannføringslapp på $1,3 m^3/s$ vinter og $3,7 m^3/s$ sommer.

Måned	Vannføring før overføring	Vannføring etter overføring	Rest (%)
Januar	23,35	20,88	89
Februar	18,26	16,30	89
Mars	15,93	14,58	92
April	23,95	20,81	87
Mai	20,56	16,16	79
Juni	10,37	8,64	83
Juli	9,60	8,63	90
August	9,74	8,62	89
September	15,72	13,99	89
Oktober	26,66	23,23	87
November	29,04	25,85	89
Desember	24,75	21,75	88

Tabell 6. Beregnet minste ukevannføring (middel, m^3/s) for hver måned ved Stegemoen. Rest beskriver prosentvis andel av opprinnelig vannføring som vil være igjen etter overføringen. Beregningen baserer seg på minstevannføringslapp på $1,3 m^3/s$ vinter og $3,7 m^3/s$ sommer.

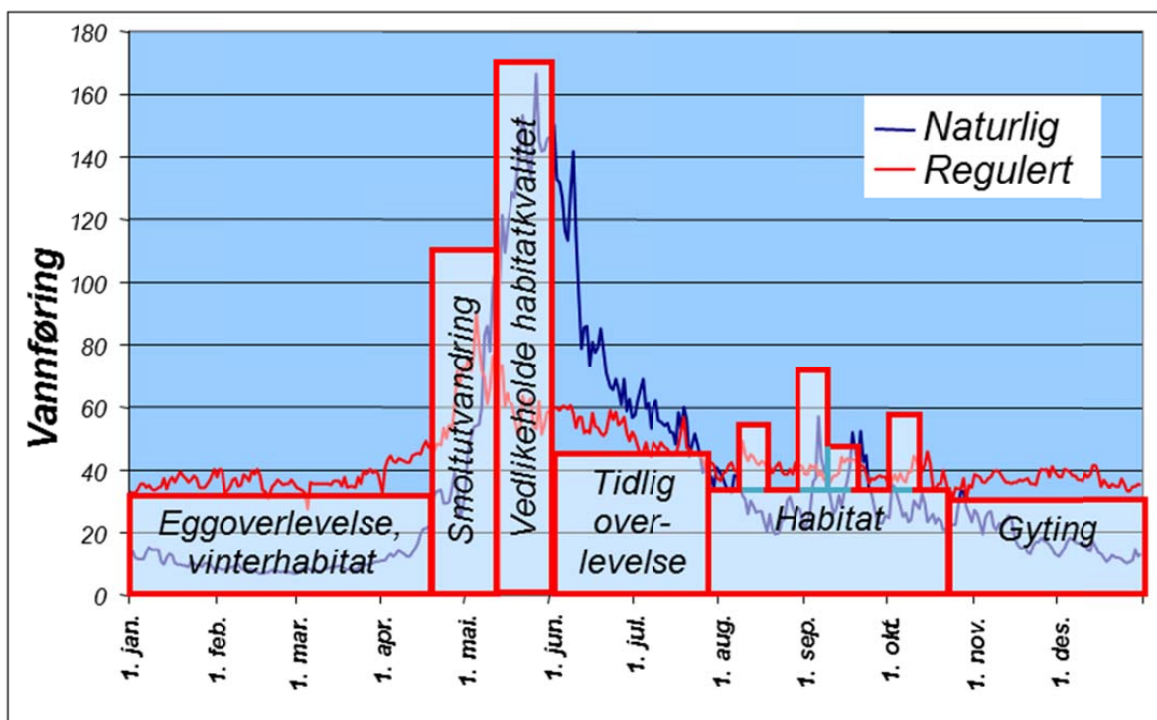
Måned	Vannføring før overføring	Vannføring etter overføring	Rest (%)
Januar	4,07	3,57	88
Februar	4,24	3,64	86
Mars	3,66	3,42	93
April	7,26	6,17	85
Mai	7,05	4,43	63
Juni	4,78	3,97	83
Juli	4,68	4,30	92
August	4,54	4,15	91
September	4,83	4,24	88
Oktober	4,60	3,59	78
November	5,61	4,46	79
Desember	4,22	2,97	71

4.3 Vannføringsavhengige flaskehalser for smoltproduksjon

En tilnærming for å vurdere hvordan man kan skape vannføringsforhold som er gunstige for laks er byggeklossmetoden (Building Block Methodology, Tharme & King 1998), hvor man kan definere gunstige vannføringsforhold ut fra laksens miljøkrav i ulike livsstadier (klossene) til ulike tider av året (se **Figur 3** for en illustrasjon). Mer generelt er metoden en tilnærming for optimal bruk av vannressurser til ulike interesser (kraft, fisk, vanning osv.), og blir i økende

grad anvendt internasjonalt (se <http://www.sintef.no/SINTEF-Energi-AS/Energisystemer--Vannressurser1/>). Byggekløssmetoden brukt på laks skiller seg fra tradisjonelle tilnærminger basert på ulike former for nedskaleringer av naturlige forhold og skranker ved at den tar hensyn til og prøver å tilfredsstille laksens spesifikke krav i ulike faser. Nedenfor presenterer vi en gjennomgang av «klossene» slik de er gitt i **Figur 3** (starter med gyting), gir en hydrologisk beskrivelse av miljøforholdene i Kvina i dag og etter eventuell ytterligere bortføring av vann i de ulike periodene, samt at vi tar stilling til betydningen av «klossene» og identifiserer de viktigste flaskehalsene basert på gjennomgangen i Bremset mfl. (2008) og egne vurderinger. Vi beregner også hvor store slipp som må gjennomføres for å opprettholde ulike tiltaksnivå (for eksempel økt minstevannføring om vinteren). Størrelsen på disse vannslippene ble beregnet med bakgrunn i vannføringsdata for årene 1994-2008. Vi vil understreke at alle vannføringene som presenteres refererer til Stegemoen.

Gjennomgangen bygger på akkumulert kunnskap om reguleringseffekter på laks i Norge og internasjonalt slik den blant annet er oppsummert i en nylig publisert rapport på norsk (Johnsen mfl. 2010) og i et bokkapittel (Johnsen mfl. 2011) i den internasjonale boka *Atlantic Salmon Ecology* (Aas mfl. 2011). I tillegg benyttes kunnskap framskaffet gjennom forskningsprosjektet EnviDORR (www.cedren.no) som avsluttes i 2012. Mye av den grunnleggende kunnskapen fra dette prosjektet er samlet i to doktorgradsavhandlinger (Teichert 2011; Skoglund 2011) som inkluderer internasjonale publikasjoner og manuskripter, men vi bruker også resultater fra andre arbeid i prosjektet hvor det utvikles kriteriesett for miljødesign av regulerte vassdrag. I kriteriesettet beskrives både tiltak knyttet til vannføring og vanntemperatur, samt fysiske tiltak i vassdragene som kan bedre forholdene for laks (oppvandring, gyting, oppvekst og utvandring). Disse er av direkte relevans for problemstillingene i Kvina.



Figur 3. En illustrasjon av hvordan man kan bruke byggeklosser til å vurdere eller fastsette vannføringsforhold som tar hensyn til miljøkrav hos laks i ulike livsfaser. Høyden og bredden på klossene er ment som illustrasjoner på tilnærmingen. Vannføringskurvene er også kun ment som illustrasjoner.

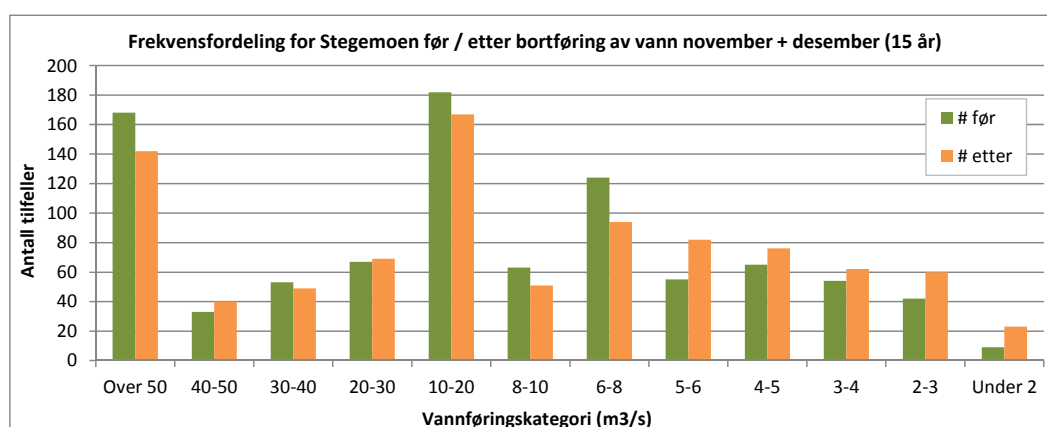
4.3.1 Gyting og vinteroverlevelse

Gyting (november og desember)

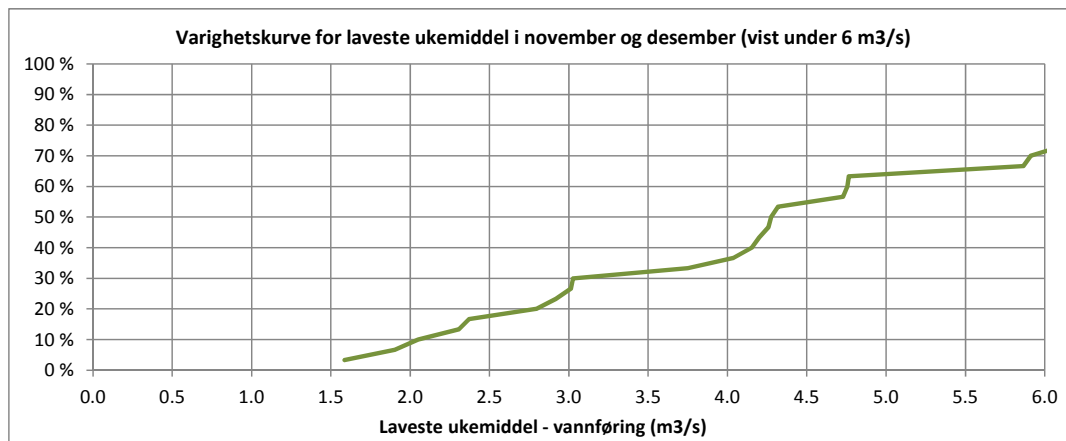
Suksessfull gyting og god overlevelse av rogn er avhengig av vannføringa både under gytinga og gjennom vinteren etter gyting. Dersom vannføringen blir for lav under gytinga kan noen gyteområder bli liggende for grunt eller ha så lave vannhastigheter at de ikke blir brukt. Dermed kan for lav vannføring gi redusert produksjon dersom gyteareal er en begrensende faktor. På den annen side kan høy vannføring under gyting medføre at mange fisk gyter på områder som tørrlegges ved lavere vannføringer senere på vinteren. Dette har vært identifisert som et problem i flere vassdrag. Kartleggingen av potensielle gyteområder i Kvina (se **kap 3.1**) viste at gytearealet var stort (3 % av totalarealet), men at mye av gytearealene ligger for grunt til at det er sannsynlig at de vil brukes på vannføringer lavere enn 6 m³/s. Oppstrøms Rafossen vil arealet reduseres fra 3 til 1,4 % av totalarealet ved vannføringer under 6 m³/s, mens nedstrøms, på dagens lakseførende strekning reduseres arealet fra 3 til 2 %. Da den romlige fordelingen av gytearealene er god og det finnes flere ganske store gyteområder på strekningen selv på en vannføring nær 6 m³/s har vi valgt å prioritere en høyere vintervannføring i vårt forslag til vannbank. Siden Kvina er et vassdrag hvor vann blir ført bort for kraftproduksjon er det i utgangspunktet ikke mulig å redusere vannføringen i gytetida for å unngå kombinasjonen høy vannføring under gyteperioden og påfølgende lav vintervannføring.

I henhold til frekvensanalysene for vannføring ved Stegemoen før og etter fraføring av sidevassdragene, vil vannføringa under gytetida oftere være lav etter bortføringen enn den var før (**Figur 4**). Mer spesifikt vil vannføringen oftere være under 6 m³/s etter enn den var før overføringen. Vannføringer på over 50 m³/s vil også forekomme sjeldnere, mens vannføringer mellom 40 og 50 m³/s vil opptre oftere etter overføringen enn før (**Figur 4**). På den ene siden vil den økte frekvensen av lave vannføringer kunne gjøre at ytterligere gytearealer ikke kan brukes. På den annen side kan redusert frekvens av høye vannføringer under gytetiden være positivt for å unngå at egg blir tørrlagt, og innebære at det kan slippes mindre vann gjennom vinteren for å sikre rognoverlevelse. Slipp av en høyere vintervannføring enn i dag (1,3 m³/s) framstår som den beste måten for å sikre god egg-overlevelse, og en slik vintervannføring vil også kunne bedre overlevelsen til laksungene (se nedenfor).

I årene 1994-2008 lå gjennomsnittlig ukevannføring under 6 m³/s i 70 % av alle ukene i november og desember, mens den lå under 3 m³/s i mindre enn 30 % av ukene (**Figur 5**). Av denne grunn vil det koste veldig mye mindre å opprettholde en minste vannføring på 3 enn 6 m³/s til Kvina.



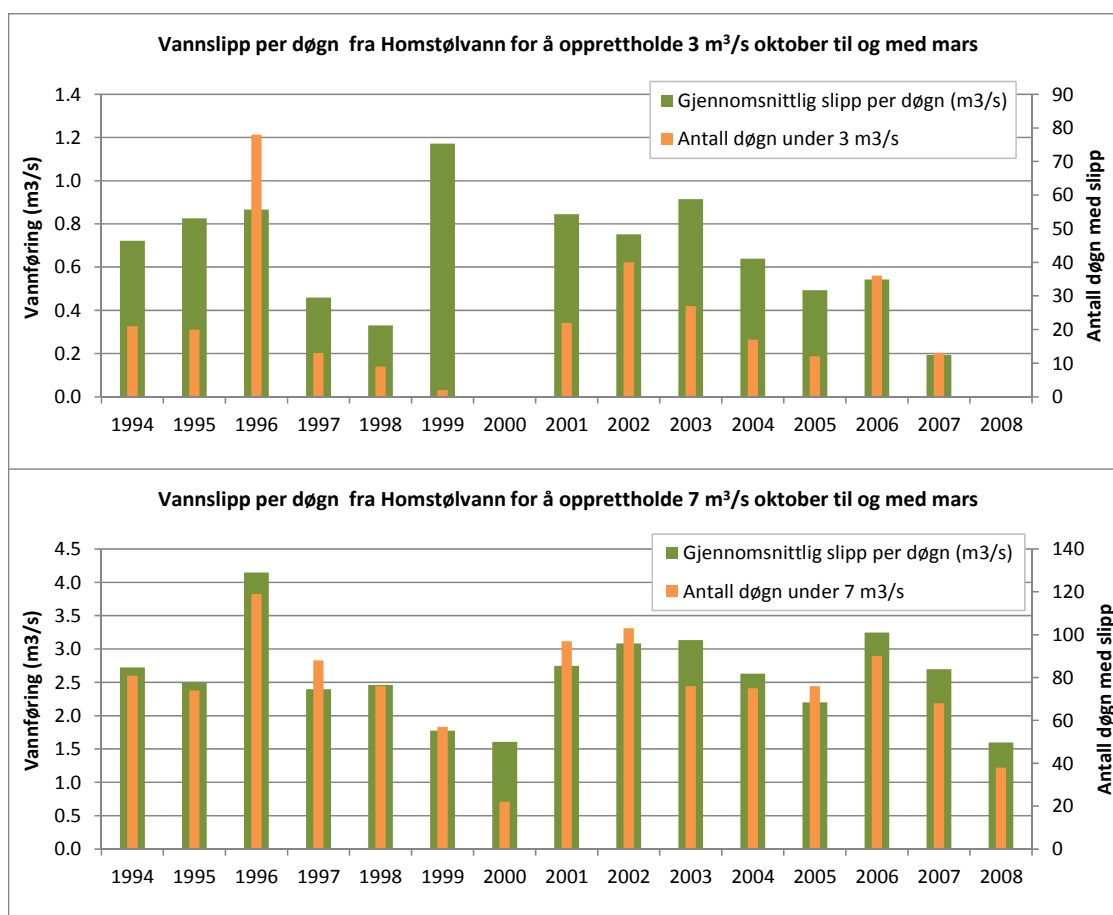
Figur 4. Vannføring (m³/s) ved Stegemoen under gytetiden (november og desember) før og etter overføring av vann til Homstølvatn.



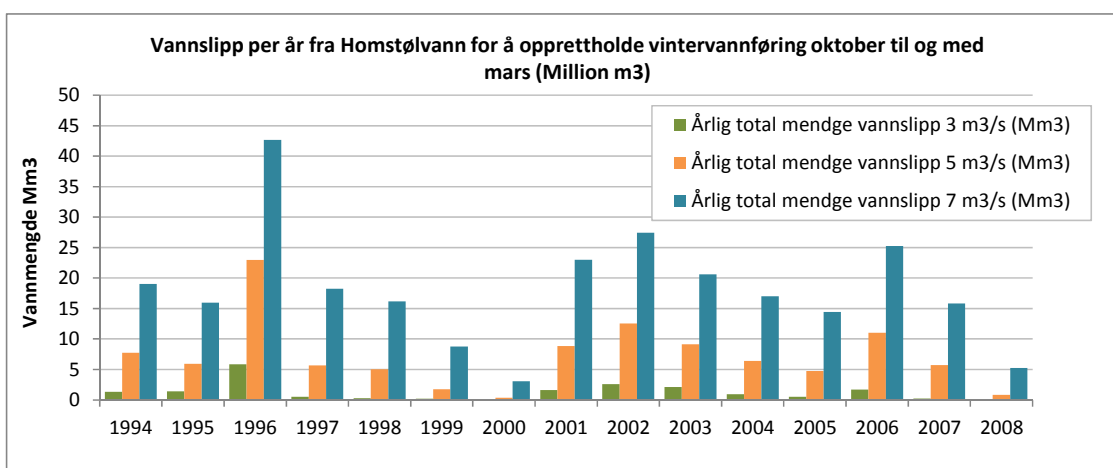
Figur 5. Varighetskurve for laveste ukemiddel av vannføring i november og desember basert på årene 1994 – 2008.

Vinteroverlevelse (oktober – mars)

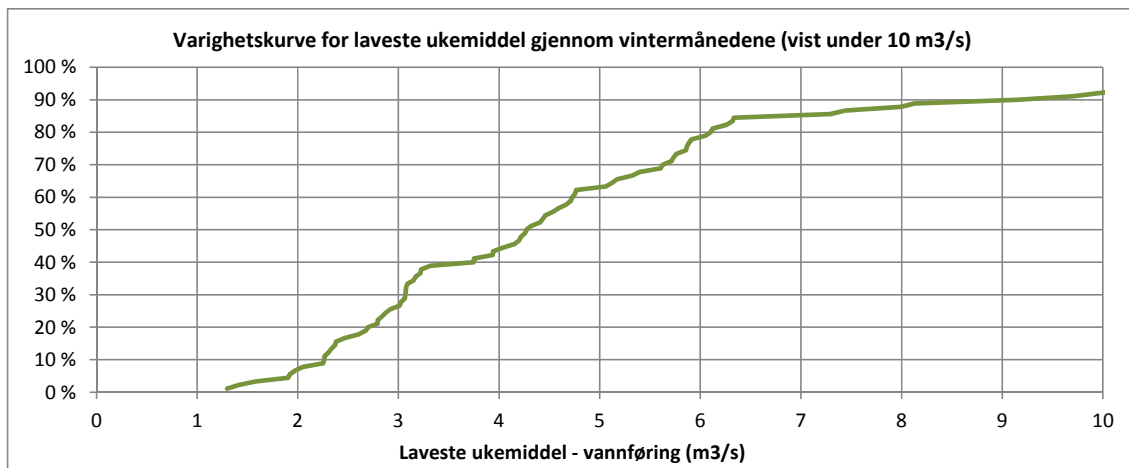
Dokumentasjonen for at lav vintervannføring kan redusere vinteroverlevelse til lakseunger er relativt god (Chadwick 1982; Gibson & Myers 1988; Cunjak mfl. 1998), og i Altaelva (Næsje mfl. 2005) og Orkla (Hvidsten mfl. 2004) er det funnet positive sammenhenger mellom høy minste ukemiddel eller døgnmiddel vintervannføring og henholdsvis ungfisktetthet og smoltproduksjon. Dette innebærer at høyere vintervannføring generelt kan virke positivt på overlevelse av lakseunger, noe som understøttes av at lav vintervannføring har blitt vurdert som den viktigste tapsfaktoren for lakseproduksjon i Kvina (Bremset mfl. 2008). Høyere vintervannføring er således det viktigste elementet for bruk av en vannbank. Vi har regnet på døgnlig slipp av vann for å opprettholde minste vannføringer på 3 og 7 m³/s (**Figur 6**), volum av totale årlige slipp nødvendig for å opprettholde minste vannføringer på 3, 5 og 7 m³/s (se **Figur 7**), samt varighetskurve for laveste ukemiddel for årene mellom 1994 og 2008 (se **Figur 8**).



Figur 6. Døgnlig vannslipp fra Homstølvann som er nødvendig for å opprettholde 3 m³/s (øverst) og 7 m³/s (nederst) ved Stegemoen gjennom vinteren (venstre y-akse). Antall døgn hvor slipp er nødvendig er også gitt (høyre y-akse). Merk forskjell i skala på y-aksene i øvre og nedre figur.



Figur 7. Totale årlige slipp av vann (million m³) fra Homstølvann til Kvina som er nødvendig for å opprettholde en minstevannføring på henholdsvis 3, 5 og 7 m³/s.



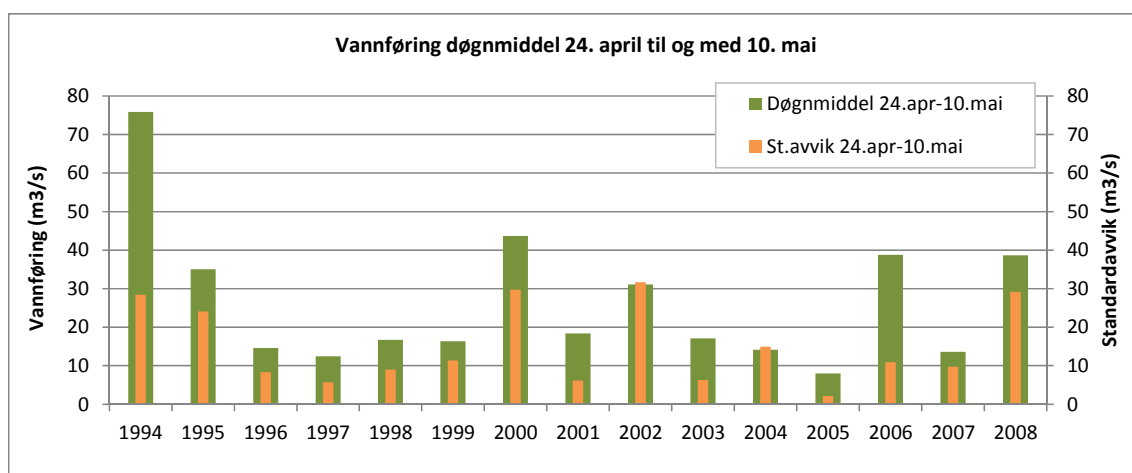
Figur 8. Varighetskurve for laveste ukemiddel (laveste gjennomsnitt i sju dager) av vannføring fra oktober til og med mars for årene 1994 til og med 2008.

4.3.2 Smoltutvandring (april og mai)

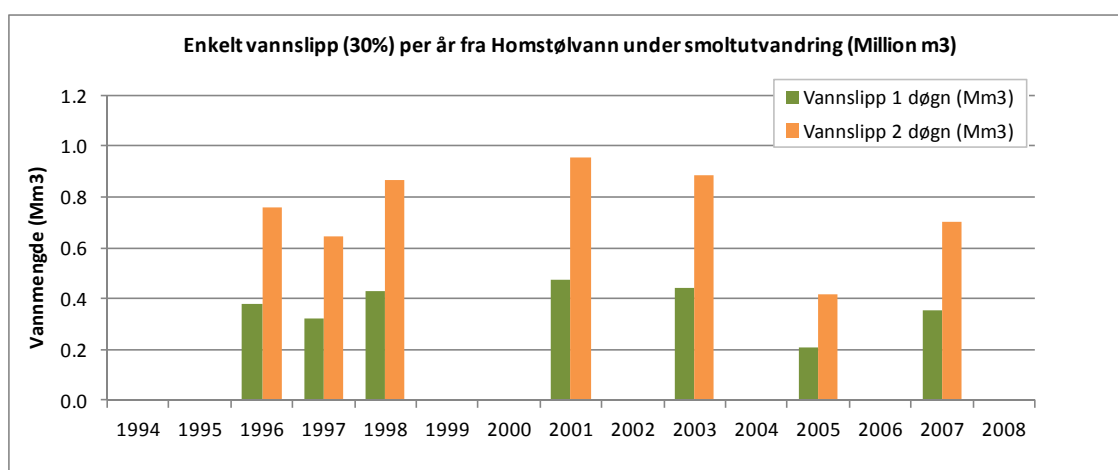
Vannføring under smoltutvandringen kan være viktig både for å fremme synkron utvandring til rett tid (Hvidsten mfl. 1995; Forseth mfl. 2003) og trolig for smoltens overlevelse både i elva og i sjøen (Hvidsten & Hansen 1988; Forseth mfl. 2003).

Vannføringen i perioden som er aktuell for smoltutvandring i Kvina har variert mye mellom år i de 15 årene som var inkludert i analysen. De har variert fra under 10 m³/s til over 70 m³/s ved Stegemoen avhengig av om årene har vært våte eller tørre (**Figur 9**). I tørre år kan både maksimalvannføringen og variasjonen i vannføring være så liten i utvandringsperioden (siste uke av april og ut mai) at en kan forvente at utvandringen kan bli forsinket og mindre synkron. Det er usikkert hvor viktig denne faktoren er, men vi har med utgangspunkt i at vannføringen er så sterkt nedskalert i Kvina valgt å foreslå vannslipp som stimulerer til synkron utvandring.

Størrelsen på vannslipp fra Homstølvatn nødvendig for å stimulere til synkron utvandring ble beregnet ved å la slipp med en størrelse på 30 % prosent av utgangsvannføringen og en relativt kort varighet (1-2 dager) bli gjennomført når vannføringen i et gitt tidsrom har vært under et visst gitt nivå og uten markante svingninger. Dette betyr at det slippes vann i år med gjennomsnittlig vannføring på under 20 m³/s og mindre variasjon enn 10 m³/s (denne verdien tar utgangspunkt i standardavviket, se **Figur 9**) i perioden fra 24. april til 10. mai. Uavhengig av om slippene har en varighet på en eller to dager vil vannvolum sluppet være små sammenliknet med slipp for å minimere de andre flaksehsene for smoltproduksjon i Kvina (se **kap. 4.4**), og i våte år vil ikke slike slipp være nødvendig i det hele tatt (**Figur 10**).



Figur 9. Årlig gjennomsnittlig vannføring per døgn i perioden 24. april - 10. mai for årene 1994 – 2008 (venstre y-akse). Standardavvik for vannføringene er også oppgitt (høyre y-akse).



Figur 10. Slipp av vann fra Homstølvann nødvendig for å oppnå vannføringer 30 % større enn gjennomsnittlig vannføring i perioden 24. april til og med 10. mai (beregning basert på årene 1994 – 2008).

4.3.3 Vedlikehold av habitatkvalitet

Vedlikehold av habitatkvalitet er en byggekloss som retter seg mot det fysiske habitatet. Demping av flommer i regulerte vassdrag kan gi akkumulering av finsedimenter og gjengroing (alger og moser) av både gytehabitat (stein og grov grus med god vanngjennomstrømming) og oppveksthabitat (skjul i hulrom mellom steiner). Det best dokumenterte eksemplet i Norge er fra Suldalslågen (Johansen & Lindstrøm 2004; Bogen mfl. 2004). I vassdrag hvor flomdempingen er sterk og restfeltet utgjør en liten del av vannføringen på lakseførende strekning, kan man slippe kunstige flommer for å hindre redusert habitatkvalitet eller å bedre habitatkvalitet, slik det nå gjøres i Suldalslågen. Flommene i Kvina er sterkt redusert. Dette har sammen med opprettelsen av terskler bidratt til redusert habitatkvalitet. Situasjonen i Kvina kompliseres imidlertid av at vassdraget er tilført betydelige mengder sand fra gruvedriften i Knaben (Torbjørn Forseth, NINA Upublisert notat til Kvinesdal kommune 15. mai 2008). Mye av dette materialet er samlet i terskelbassengene og det framstår som risikabelt å forsterke flommer kunstig for å sette materialet i bevegelse. Et slikt tiltak kan i alle tilfeller ikke gjennomføres uten en grundig faglig vurdering, og vi foreslår derfor ikke tiltak knyttet til vedlikehold av habitat ved bruk av

vann. Tiltak for å bedre skjultilgangen er imidlertid allerede gjennomført og ligger inne i den foreliggende habitatplanen.

4.3.4 Tidlig overlevelse

Store flommer i perioden fra yngelen har klekket til den kommer opp av grusen er vist å kunne gi redusert overlevelse (Jensen & Johnsen 1999), og det har lenge vært antatt at lave temperaturer når yngelen kommer opp av grusen kan påvirke overlevelsen (f. eks. Sægrov & Hellen 2004). I hele perioden som bestemmer tidlig overlevelse (vår og forsommer) er regulert vannføring i Kvina betydelig lavere enn uregulert, og demping av vårfloppen bidrar til at ekstra dødelighet i denne fasen sannsynligvis har blitt nær eliminert. Redusert vannføring om våren gir også raskere oppvarming og vanntemperaturforhold er således neppe et problem for yngelen i Kvina. Nyere forskning viser også at det ikke er sannsynlig at vanntemperatur når yngelen kommer opp av grusen i seg selv er styrende for overlevelsen (Skoglund 2011). Vi foreslår således ingen tiltak knyttet til denne livsfasen.

4.3.5 Oppvekst og sommerhabitat (juni - august)

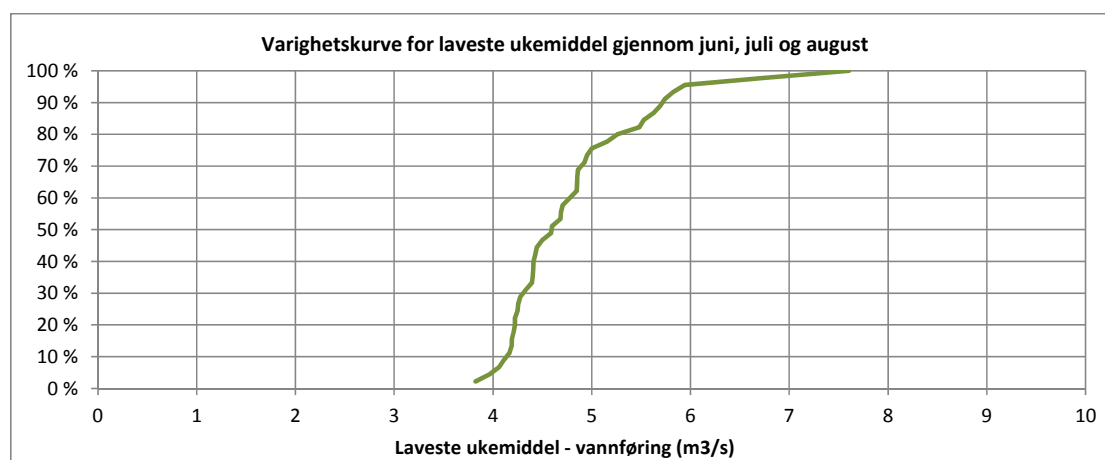
Utover sommeren må yngelen og laksungene ha gode habitatforhold for vekst og overlevelse. Mens yngelen kan være begrenset av arealet med gunstige vannhastigheter (Nislow mfl. 2000) er laksungene trolig primært begrenset av antall skjulplasser, som bestemmes av vanddekt areal og forekomsten av skjulplasser på dette arealet. Den relative betydningen av disse to faktorene for totalproduksjonen av smolt i vassdragene vil være avhengig av tidspunktet for flaskehalsen, som varierer mellom bestander (Teichert 2011). Laksebestander er sterkt tetthetsregulert i ferskvann (Einum & Nislow 2011). Dersom tetthetsreguleringen primært foregår på yngelstadiet vil miljøforhold som påvirker tidlig overlevelse og vekst være viktig, mens habitat for eldre lakseunger vil være viktigere der det (også) er tetthetsregulering i senere stadier. I Kvina er det sannsynlig at tetthetsbegrensende faktorer er forskjellige i ulike deler av vassdraget. I området ved Stadion er det sannsynlig at tilgang på skjul for laksunger er viktigste begrensende faktor (Larsen mfl. 2005), mens det i andre deler sannsynligvis er tilgang på gyteområder og rekruttering av årsyngel som er mest begrensende.

Bremset mfl. (2008) vurderte at redusert vannføring om sommeren etter regulering kan virke negativt på lakseproduksjonen selv om vanddekt areal på dagens lakseførende strekning ikke ser ut til å endre seg mye med vannføring. Det ble påpekt at redusert vannvolum i lavvannsperioder kan gjøre at fisken trengs sammen i mindre områder, slik at de tetthetsregulerende mekanismene forsterkes (konkurranse om egnet habitat og mat) samt at risikoen for stress og sykdom økes. I tillegg er det sannsynlig (ut fra våre befaringer og observasjoner av grusbanker) at det i alle fall i deler av området oppstrøms Rafossen vil være større reduksjoner i vanddekt areal med redusert vannføring. Sammenhengen er imidlertid ikke kvantifisert. Større tørrlagte areal oppstrøms Rafossen ved lave vannføringer forsterker behovet for å øke minste vannføringen i Kvina også om sommeren, og vi har gitt dette tiltaket andreprioritet i vannbanen.

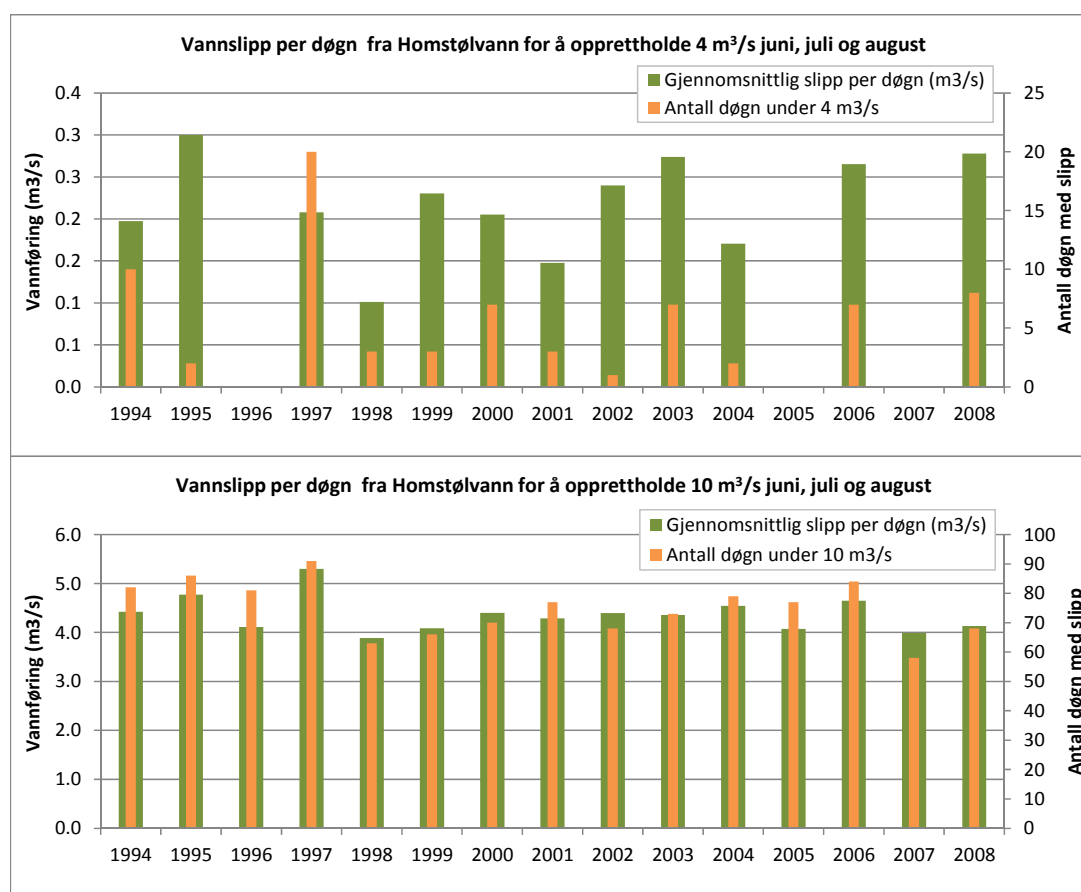
Med utgangspunkt i vannføringsdata fra årene 1994 - 2008 har vi regnet på minste vannføringer om sommeren etter overføring av Sollisåna og Knabeåna på 4, 5 og 10 m³/s. Alle disse vannføringene vil sikre at laveste ukemiddel vannføring etter ytterligere fraføring blir minst like høy som i dag.

Fordi middelvannføringen i juni, juli og august sjelden vil være mindre enn 4 m³/s, vil det de fleste år være relativt få døgn hvor det må slippes ekstra vann om sommeren for å oppnå denne minste vannføringen (0-9 døgn, **Figur 11** og **12**). De aktuelle vannføringene som må slippes vil heller ikke være veldig store de fleste år (mellom 0 og 0,3 m³/s, **Figur 12**). En minste vannføring om sommeren på 5 m³/s i Kvina vil i de fleste år kreve flere døgn med slipp (9-56 døgn,

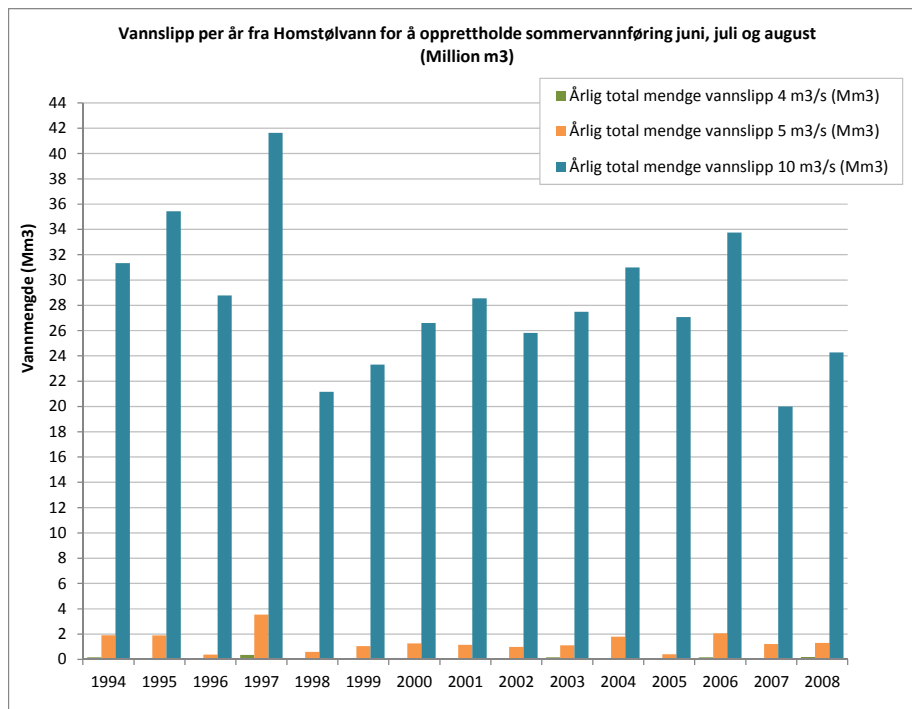
Figur 12) og større døgnvannføringer (0,3 – 0,9 m³/s, **Figur 12**). De årlige kostnadene i form av vannvolum sluppet fra Homstølvatn for å opprettholde en minstevannføring på 10 m³/s gjennom sommeren utgjør en vesentlig økning sammenlignet med slipp av 4 og 5 m³/s (**Figur 13**).



Figur 11. Varighetskurve for laveste ukemiddel av vannføring i juni, juli og august. Beregningene er basert på data fra årene 1994 – 2008.



Figur 12. Nødvendig vannslipp per døgn for å opprettholde 4 m³/s (øverst) og 10 m³/s (nederst) gjennom sommersesongen (juni, juli og august) (venstre y-akse). Antall døgn hvor slipp er nødvendig er også gitt (høyre y-akse). Merk forskjell i skala på y-aksene i øvre og nedre panel. Beregningene er basert på data fra årene 1994 – 2008.



Figur 13. Årlig totalt slipp av vann (million m³) fra Homstølvatn til Kvina for å opprettholde 4, 5 og 10 m³/s minstevannføring i juni, juli og august, kalkulert basert på data fra årene 1994 – 2008.

Høye sommertemperaturer kan også ha en negativ effekt på smoltproduksjonen i Kvina. Om sommeren er det mulig at ekstreme vanntemperaturer kan føre til fiskedød. Mer sannsynlig er det at suboptimalt høye temperaturer kan virke indirekte på overlevelse gjennom nedsatt vekst (Wootton 1998) eller økte sykdomsforekomster (Johnsen & Jensen 1994, Marcogliese 2001). Siden avstanden fra Homstølvatn og ned til de lakseførende områdene av elva (hvor høye temperaturer kan være et problem) er lang, og solinnstrålingen kan være høy i de periodene hvor dette er aktuelt, vurderer vi muligheten for å bruke slipp av vann fra Homstølvatn for å unngå høye sommertemperaturer som lav. Dette fordi vannet som slippes mest sannsynlig vil varmes opp på veien ned til de lakseførende områdene av elva.

4.3.6 Oppvandring av laks og utøvelse av fiske (juli og august)

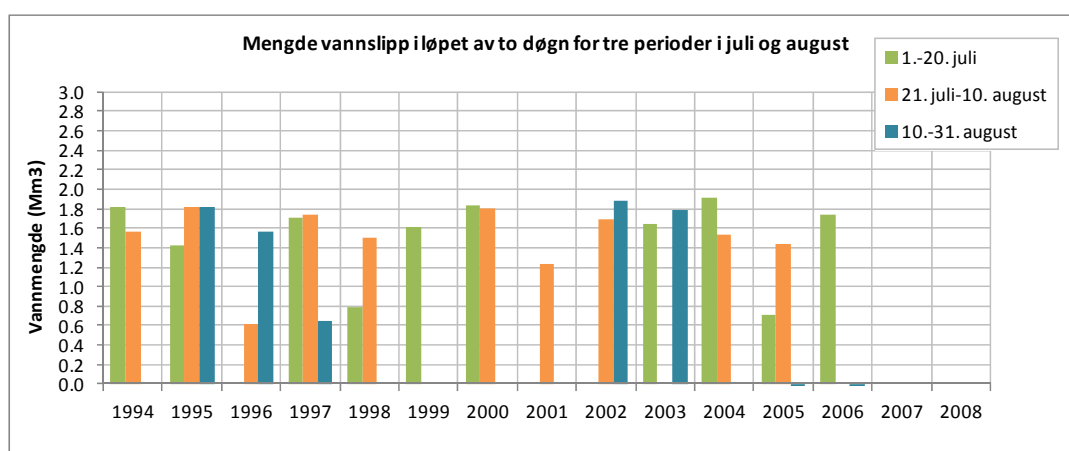
Vannføringen kan i tørre år bli lav i juli og august, og dette kan både redusere oppvandringen av voksenfisk og gjøre fiskeforholdene dårlige. Fordi målet ikke bare er å få opp smoltproduksjonen, men også å få fisket tilbake til historisk nivå (korrigert for fiskeregler og eventuelle trender i sjøoverlevelse) har vi utarbeidet et forslag til slipp fra vannbanken for å bedre fiskemulighetene. Vi har fra lokalt hold fått opplyst at fisket blir betydelig dårligere når vannføringen synker under 15 m³/s. Vi foreslår at det inntil tre ganger i løpet av juli og august slippes vann samtidig med forventede økninger i vannføring slik at vannføringen når minst 15 m³/s og holdes minst så høy i to døgn.

Premissene for beregning av totalt vannslipp som er nødvendig for å oppnå dette tar utgangspunkt i vannføringssituasjonen i tre perioder i juli og august (1. - 20. juli, 21. juli - 10. august og 11. - 31. august) og er som følger:

1. Endringer i vannføring fra dag til dag i hver periode på > 5 m³/s og med en økning fra dagen før på > 30 % ble talt opp.

2. Prosentvis endring i løpet av de aktuelle periodene ble oppsummert (sum over hele perioden).
3. Ved en prosentsum lavere enn 200 % (total endring i vannføring i perioden) slippes vann.
4. Beregnet manglende vannføringer ble antatt sluppet til Kvina i to påfølgende dager etter hver periode, med en oppfylling til 15 m³/s for å dekke sesongbehovet.
5. Vannslippet i de tre periodene ble summert opp og denne summen blir brukt som input til vannbanken.

Basert på beregningen beskrevet ovenfor ville fiske-vannslippene i årene 1994 – 2008 ha variert mye i størrelse. Noen år ville det ikke ha vært nødvendig med slipp overhodet (eks. 2007 og 2008) mens det andre år ville være behov for slipp på så mye som 1,4 - 1,8 Mm³ i hver av de tre periodene (eks. 1995, **Figur 14**).



Figur 14. Vannslipp (Mm³) til Kvina fra Homstølvatn for å stimulere til oppgang av voksen fisk i elva (beregning beskrevet ovenfor).

4.4 Vannbankens størrelse

Det ble regnet på hvilke volum (Mm³) vann det er nødvendig å slippe for å opprettholde alternative kombinasjoner av minstevannføring (m³/s) i sommer - og vintersesongen, og også for å stimulere smoltutgang om våren og oppgang av voksen fisk om sommeren (**tabell 7**). Disse beregningene ble gjort to ganger, både med dagens minstevannføring inkludert og ekskludert. For vintervannføringen ble det regnet med minstevannføringer på 3, 5, 6 og 7 m³/s og for sommervannføringen med minstevannføringer på 4, 5, 6 og 10 m³/s. Det ble kun regnet på et alternativ for slipp for å stimulere til smoltutgang. Dette alternativet er at det i år med jevnt lav vannføring før en gitt dato (f. eks 10. mai) blir gjort slipp på 30 % prosent av utgangsvannføringen med en varighet på 48 timer. For å stimulere til oppgang av voksen fisk ble også kun et alternativ vurdert. Dette alternativet er å gjennomføre slipp på opp til 15 m³/s i 48 timer ved tre anledninger.

Disse beregningene viser at det selvsagt vil bli brukt mer vann til slipp i Kvina dersom minstevannføringene blir satt høyere. Alternativ 3 og 4 medfører at hhv. 15,7 og 19,4 % av vannbanken (inkludert gammelt vannslipp) vil bli brukt. Til sammenlikning vil 3,5 og 10,8 % av vannbanken gå til slipp til Kvina ved alternativ 1 og 2. Høyest prosentandel av vannbanken, hele 48,8 %, vil bli brukt til slipp til Kvina ved alternativ 5 (**tabell 7**).

Tabell 7. Forslag til vannføringer (m^3/s) i de ulike sesongene gitt sammen med volumet (Mm^3) på slipp fra Homstølvatn nødvendig for å opprettholde ulike alternativene, både når slipp som SKk er pålagt pr dags dato er inkludert og ekskludert i beregningene. Summen i vannvolum som er nødvendig for å opprettholde de alternative vannføringene og relativ andel (%) av vannbanken er også oppgitt.

	Vintervannføring		Sommervannføring		Smoltslipp		Fiskeslipp		Sum slipp	
	Forslag (m^3/s)	Mm^3	Forslag (m^3/s)	Mm^3	Forslag ^a	Mm^3	Forslag (m^3/s) ^s	Mm^3	Mm^3	Andel av vannbank (%) [*]
<i>Inkludert gammelt slipp</i>										
Alt. 1	3	1,283	4	0,093	+30x48	0,348	15x2x3	1,777	3,501	3,5
Alt. 2	5	7,248	5	1,379	+30x48	0,348	15x2x3	1,777	10,752	10,8
Alt. 3	6	12,114	5	1,379	+30x48	0,348	15x2x3	1,777	15,618	15,7
Alt. 4	6	12,114	6	5,110	+30x48	0,348	15x2x3	1,777	19,349	19,4
Alt. 5	7	18,179	10	28,412	+30x48	0,348	15x2x3	1,777	48,716	48,8
<i>Ekskludert gammelt slipp</i>										
Alt. 1	3	1,893	4	5,119	+30x48	0,344	15x2x3	1,847	9,203	7,5
Alt. 2	5	8,558	5	10,045	+30x48	0,344	15x2x3	1,847	20,794	16,9
Alt. 3	6	13,769	5	10,045	+30x48	0,344	15x2x3	1,847	26,005	21,2
Alt. 4	6	13,769	6	15,718	+30x48	0,344	15x2x3	1,847	31,677	25,8
Alt. 5	7	20,063	10	41,197	+30x48	0,344	15x2x3	1,847	63,450	51,7

^a30 % økning i 48 timer; ^sSlipp på opp til 15 m^3 i 48 timer ved tre anledninger; ^{*}Inkludert og ekskludert gammelt slipp er total størrelse på vannbanken beregnet til å være hhv. 99,74 og 122,78 Mm^3 .

4.5 Overordnet om bruk av vannbanken

Det er mulig å organisere bruken av vannbanken på forskjellige måter. Nedenfor har vi beskrevet to mulige modeller.

Modell 1

I denne modellen blir minstevannføring sommer og vinter fastsatt og lagt inn som bestemmelser i manøvreringsreglementet. Slipp i forbindelse med smoltutvandring og oppgang av fisk legges også inn i dette manøvreringsregimet, men størrelsen på disse baserer seg på hydrologiske forhold i tiden før det er aktuelt å gjøre slipp (se avsnitt 4.3.2 og 4.3.6 for forslag til beregninger). I dette alternativet vil vannbanken være ettårig i og med at størrelsene på vannslipp vil være fastsatt i manøvreringsreglementet eller gitt ut fra hydrologiske forhold. Her er det altså ikke mulig å gjøre justeringer basert på hvor mye vann som har blitt brukt tidligere på året eller i tidligere år, men det tas utgangspunkt i at de faktiske slippene over tid vil nærme seg verdiene som vi har beregnet basert på historiske gjennomsnittlige vannføringer (se **tabell 7**).

Modell 2

Denne modellen bygger på en flerårig vannbank der et reguleringsråd avgjør bruken av «opp-spert» vann. Et slikt råd kan for eksempel bestå av representanter for miljømyndighetene, fiskeinteressene og SKk. På samme måte som i den første modellen vil størrelsen på minstevannføring sommer og vinter være fastsatt i manøvreringsreglementet, mens smolt- og fiske-slipp vil avhenge av hydrologiske forhold i tiden før det er aktuelt å gjøre slippene. Denne modellen åpner også for å registrere differansen mellom avsatt vann og volum av sluppet vann i år hvor det på grunn av hydrologiske forhold slippes mindre vann i forbindelse med smoltutvandring og fiskeoppvandring enn det som i utgangspunktet er satt av (se **tabell 7**). Denne differansen, dvs. «oppspert» vann, summeres så over eksempelvis en 3-årsperiode, og utgjør en vannbank som reguleringsrådet kan velge å bruke til å gjøre fiske- eller smoltslipp utover det vannvolumet som i utgangspunktet var satt av (se **tabell 7**). Dette alternativet gjør det også mulig for reguleringsrådet å bruke vannet som er «spert» til å øke minstevannføringer vinter og/eller sommer dersom dette anses det gunstig ut fra rådende miljøforhold (eks. ved ekstra høye sommertemperaturer eller kalde vinterperioder).

Fordelen med den første modellen er at den er enkel å administrere og kontrollere fordi bruken av vannbanken i sin helhet er fastlagt i manøvreringsreglementet. Den andre modellen kan være mer utfordrende å forholde seg til i driften av vassdraget, da den involverer bruk av et reguleringsråd som må gjøre avveininger og bestemme bruken av vannbanken. Til gjengjeld er det siste forslaget mer fleksibelt og kan gi rom for å forbedre de hydrologiske forholdene for laksefisk ytterligere ved gjøre slipp utenom det som er fastlagt i manøvreringsreglementet.

Vannslipp er i rapporten omtalt som slipp fra Homstølvatn, men det er også mulig å slippe fra de planlagte inntaksordningene i Knabeåna og Sollisåna (det vil si å overføre mindre vann til Homstølvatn).

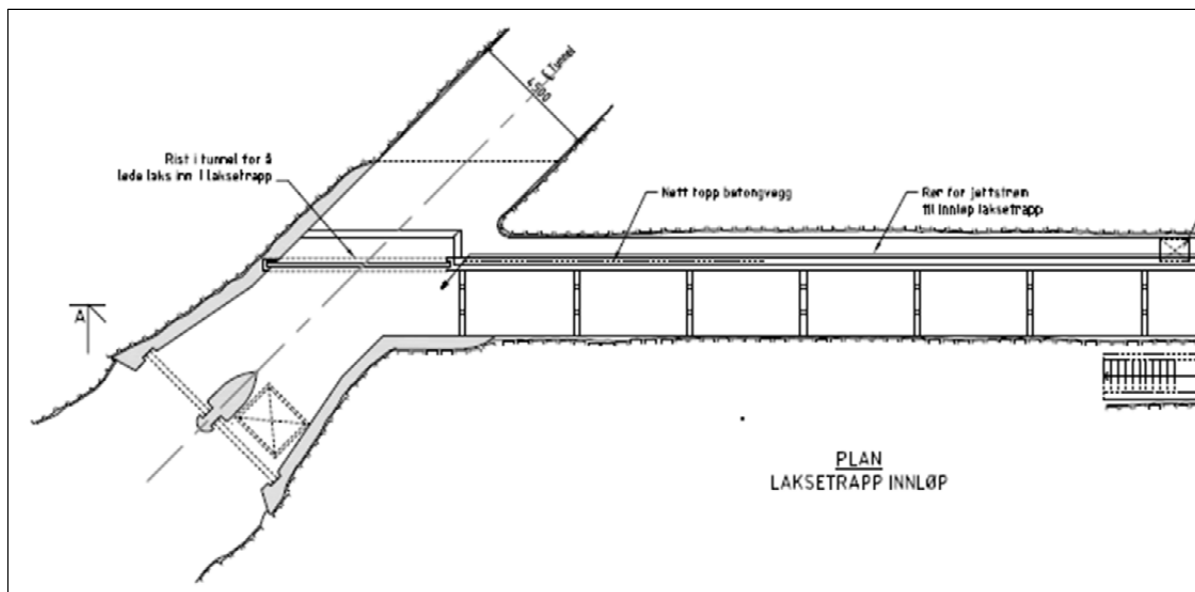
5 Vandringsveier

5.1 Oppvandring

Det er skissert en tradisjonell kulpetrapp fra utløpet av kraftverket i tunell opp til inntaksmagasinet i Rafossterskelen. Dette er et velprøvd trappedesign i Norge som har vist seg å fungere godt, også der trappene går i tunell og er lange (Fjeldstad mfl. innsendt manuskript). Dersom kulpene er riktig utformet, hoppehøyden ikke er for stor og det eventuelt er gode hvilekulper (i lange trapper), er det sjeldent at det forekommer betydelige forsinkelser eller stopp i vandringen i selve trappa (Grande 2010). Det finnes betydelig kompetanse på konstruksjon av slike trapper i Norge. En utfordring med alle trappeløsninger er imidlertid å sørge for at fisken finner inngangen og velger å hoppe inn i den første kulpen. I den skisserte løsningen for laksetrapp i Rafossen er det valgt en løsning som vi vurderer som ideell for å redusere inngangsproblemer (**figur 15**). I denne skissen er inngangen plassert rett innenfor utløpet av kraftverkstunellen og vannføringen gjennom kraftverket (slukekapasitet 38 m³/s) vil være større enn restvannføringen i elveløpet de aller fleste dagene av oppvandringsperioden. Dette vil med stor sannsynlighet medføre at fisken søker opp i kraftverksutløpet. Her vil den møte en skråstilt rist som leder fisken rett mot inngangen til trappa. Lysåpningen i rista er ikke spesifisert, men fordi det kreves 100 % effektive vandringsløsninger forutsetter vi at den ikke er større enn 40 mm slik at oppvandrende laks fysisk ikke kan passere grinda. Det er også viktig å utforme området rundt trappeinngangen slik at det er plass for flere fisk og at vannhastighetene er så lave at fisken uten anstrengelse kan oppholde seg i området. Dybden må også være stor nok (minst 1,5 ganger hoppehøyden opp i første kulp; Grande 2010) til at fisken kan oppnå tilstrekkelig hastighet om de velger å hoppe inn i den første kulpen (den kan også svømme).

Vi har ikke vurdert vannføringa i trappa, men større kulpetrapper i Norge har typisk en vannføring på 0,5 m³/s (Grande 2010). Vanninntaket til trappa er tegnet som et fleksibelt inntak der ulike inntaksspalter kan tas i bruk avhengig av vannivå (se **figur 16**). Vi har ikke vurdert denne løsningen.

Etter vår vurdering er det stor sannsynlighet for at den skisserte løsningen gir effektiv oppvandring forbi Rafossen. For å kunne evaluere funksjon og eventuelt justere løsningene er det viktig at det etableres et overvåkingssystem i trappa.



Figur 15. Nedre del av fisketrappa ved utløpet fra det planlagte kraftverket med skråstilt rist som skal lede fisken mot laksetrappa. Tegning fra SWECO Norge AS.

5.2 Utvandring

Løsningen for utvandring av fisk må håndtere smolt av laks og sjøørret som vandrer relativt konsentrert, trolig i løpet av april og mai, og utgytt fisk (vinterstøinger) som kan vandre like etter gyting, utover høsten eller om våren/forsommeren. Målet er at ingen fisk skal vandre gjennom turbinene i kraftverket.

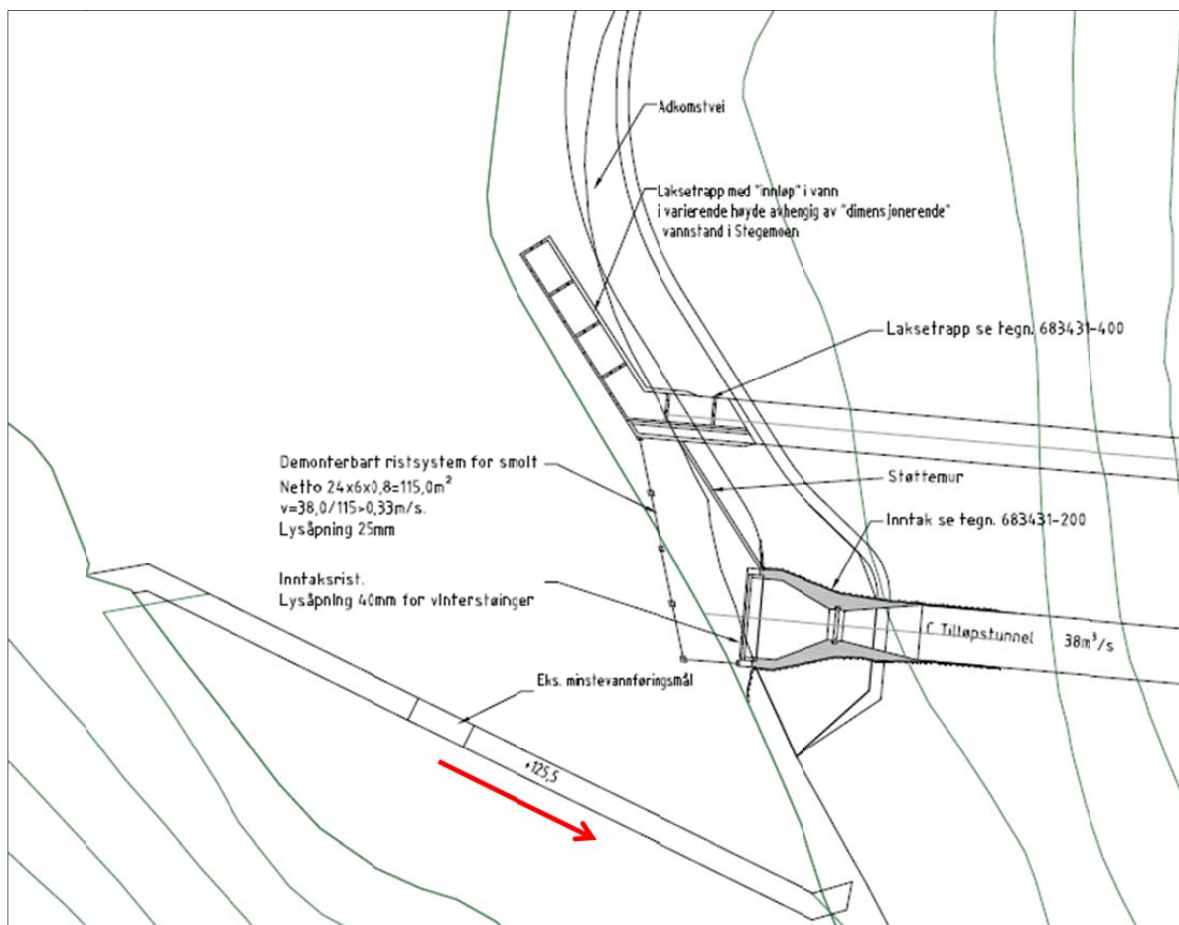
Det har vært skissert flere løsninger som av ulike årsaker har blitt forkastet, men vi har i prosjektperioden sammen med SKK og konsulent (Agnar Theodorsen, SWECO Norge AS) utarbeidet et forslag som bygger på en fysisk hindring mot at fisk kan komme inn i kraftverket ved at det etableres rister foran inntaket, kombinert med en alternativ vandringsvei i form av et overløp i en spalte i terskelen. De tekniske løsningene er bare på skissestadiet, men vi har spesifisert krav til utformingen av ristløsningene som vi forutsetter at det finnes tekniske løsninger på slik at det ikke blir tap av smolt eller vinterstøinger i kraftverket.

Gitteret som skal hindre innvandring av vinterstøinger foreslås som en permanent varegrind ved kraftverksinntaket, og den skal ha en lysåpning på maksimalt 40 mm. Denne skal være operativ året rundt. Lysåpningen er satt med utgangspunkt i tommelfingerregler fra litteraturen som angir lysåpning på mellom 1/10 og 1/15 av kroppslengden (Larinier & Travade 2002). Antar vi at de minste vinterstøingene av laks er 47 cm (rundt 1 kg) blir grensene mellom 3,1 og 4,7 cm, og vi valgte å stille krav om 4 cm. Selv om dette kravet vil hindre at vinterstøinger av laks går gjennom turbinene i kraftverket, vil en del av vinterstøingene av sjøørret som går opp kunne gjøre det siden det ikke er uvanlig at sjøørret er under 47 cm lange (Johnsen & Jensen 1999).

Det kan være betydelige isganger i vassdraget, og for de lysåpningene som kreves for å hindre innvandring av smolt (som trolig er mellom 10 og 15 cm lange) må arealet av rista være stort for å kunne filtrere vannmengder opp til 38 m³/s. Kombinasjonen av is, løv og kvister gjør at det vil være teknisk svært vanskelig å operere en så stor permanent rist, og vi har foreslått at det etableres ei mobil rist som settes foran inntaket etter isgangen, men før smoltutgangen starter. Vi har fått opplyst at isen normalt går i god tid før smoltutgangen i april/mai. Rista fjernes igjen etter at smoltutgangen er over (se nedenfor). Denne rista er skissert som et større bur foran varegrinda (**figur 16**), og den er vinklet i forhold til strømreringen inn i kraftverket. I Frankrike brukes 2,5 cm som spalteåpning for nedvandrende laksesmolt som designkriterium (Larinier 2008), selv om det er oppnådd bra resultater med opp til 4 cm (Ruggles 1980, Larinier 2008). For lysåpninger på 4 cm er det først og fremst atferdsmessige reaksjoner på hydrologiske forhold som reduserer antall fisk som passerer. For å få en helt sikker løsning har vi stilt krav om 2,5 cm lysåpning. Et annet problem er at vannhastighetene inn mot rista kan bli så store at fisk kan bli presset mot rista, bli klemt fast og dø. I Frankrike anbefales hastigheter på mindre enn 50 cm/s rett foran spaltene (Larinier & Travade 2002). Dette er imidlertid basert på fiskestørrelser på 15-20 cm, som sannsynligvis er større enn smolten er i Kvina. I Skottland er målet 30 cm/s (Aitken mfl. 1966), basert på smoltstørrelser på 12-15 cm, noe som stemmer bedre med størrelsen på laksesmolt i Norge. Fordi det allerede var foretatt noen beregninger basert på 33 cm/s, valgte vi å stille dette som krav. For at smoltristen ikke skal gå tett er det foreslått at buret, eller elementer i den, heises opp ved behov slik at løv og kvist faller av.

Både smolt og vinterstøing skal vandre i et overløp i en spalte i terskelkrona i dagens terskel. Det finnes en spalte i dag (se **figur 15**), men det må vurderes om åpningen bør flyttes mot vestre bredd, primært fordi fallet er lavere og bunnforholdene nedenfor terskelen trolig bedre i dette området. I tillegg vil avstanden til nedre hjørne av smoltburet bli kortere, slik at det blir lettere for fisk å finne den vandringsveien. Vi har ikke tatt stilling til vannmengdene, og disse må trolig fastsettes etter befaring på lav vannføring, men det må være nok vann til at fisken kan passere hele strekningen (med flere fall) ned til kraftverksutløpet uskadd. Strekningen forbi Rafossen vil dessuten representere en ny minstevannføringsstrekning i vassdraget, og andre hensyn kan også spille inn ved bestemmelse av en minstevannføring.

Vi anbefaler at det etableres en felle etter prinsippet i en Wolffelle (en skråstilt rist som vannet faller gjennom slik at fisk siles av). Denne skal ha to hensikter. For det første kan fangstene av smolt i fella brukes til å bestemme smoltutvandringsperioden og således tiden det er nødvendig å ha smoltburet operativt. For det andre vil man få et totaltall for smoltproduksjon i strekningen oppstrøms Rafossen, noe som tillater evaluering av tiltakets faktiske effekt i forhold til de estimatene vi har brukt i prosjektet.



Figur 16. Skisse av planlagt kraftverksinntak og øvre del av fisketrappen i Rafossmagasinet med eksisterende terskelkrona (nederst). Skissen viser beliggenheten til en permanent rist som skal hindre innvandring av vinterstøinger (rett foran inntaket) og et smoltbur som settes inn i smoltutvandringsperioden. I terskelkrona er det i dag en spalte hvor fisk kan vandre ut. Den røde pila angir hvordan vi foreslår at spalten for nedvandring bør flyttes. Tegning fra SWECO Norge AS.

6 Erstatning av smolttap

Basert på eksisterende kunnskap, tidligere undersøkelser i vassdraget og egne undersøkelser som har blitt utført i forbindelse med denne rapporten vurderer vi her om det er sannsynlig at et tap på 20 000 smolt kan erstattes gjennom å øke lakseførende strekning, gjøre habitatrestaurerende tiltak og ta i bruk en vannbank for å redusere tap knyttet til vannføringsforhold. I tillegg forutsetter vi at tapet i form av smoltdødelighet i turbinene i Trælandsfoss, slik den ble estimert av Bremset mfl. (2008), blir eliminert gjennom fysiske eller vannføringsmessige tiltak i kraftverket.

Vurderingene tar utgangspunkt i alternativ 2 og 3 for vannbanken (se **tabell 7**) som har minste vannføringer om vinteren på henholdsvis 5 og 6 m³/s og minste vannføringer om sommeren på 5 m³/s (begge alternativene). I tillegg diskuterer vi også alternativ 4, som har minste vannføring på 6 m³/s både vinter og sommer. I alle alternativene bruker vi samme type slipp for å sikre smoltutvandringen (30 % økning i vannføring som holdes i to døgn) i tørre år med stabil vannføring, og slipp for oppvandring og fiske som sikrer minst 15 m³/s i to døgn i forbindelse med naturlige vannstandsøkninger, inntil tre ganger per sommer.

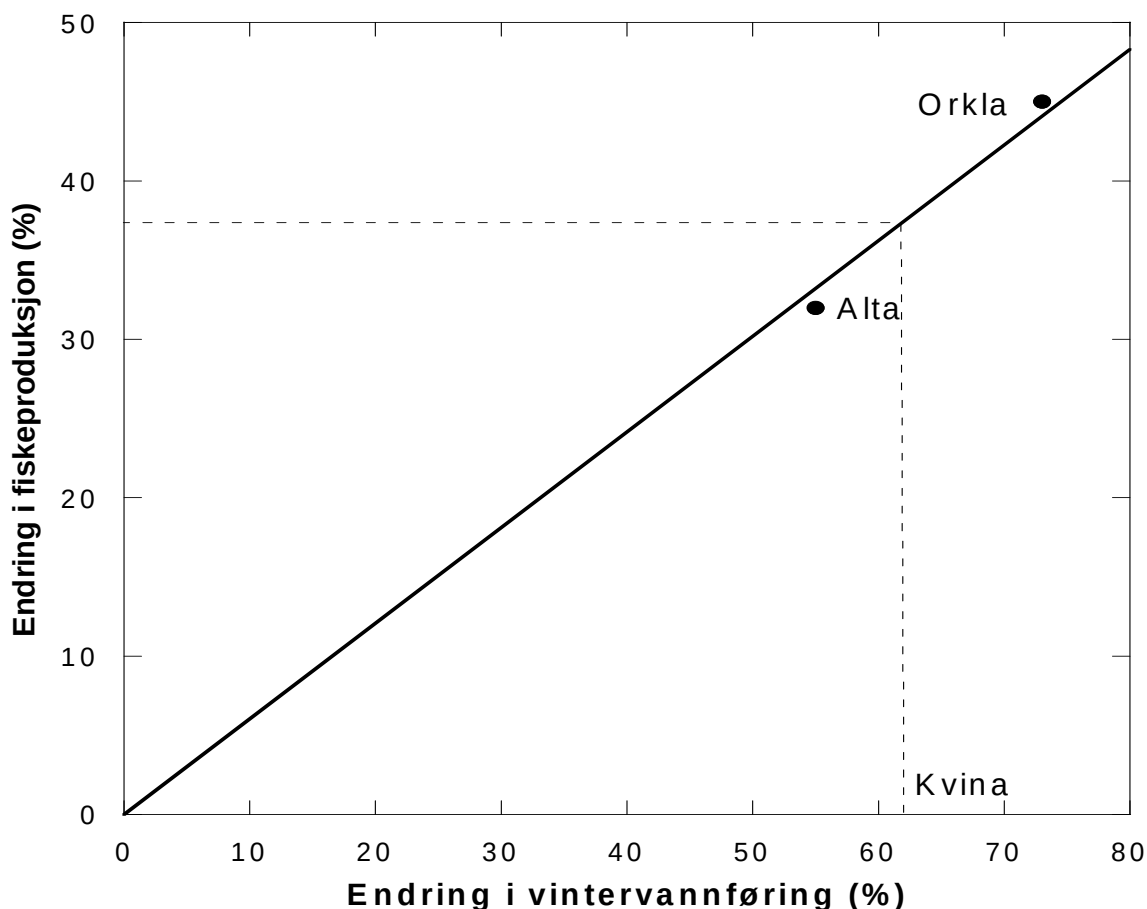
6.1 Produksjon i nye arealer oppstrøms Rafossen

Kartleggingen av gyteområder og skjul på strekningen fra Rafossen til Sagja har vist at området er godt egnet til lakseproduksjon. Det er et relativt godt tilbud av egnet gyteareal mellom Rafossen og Sagja, som til sammen utgjør 16 700 m². Den romlige fordelingen av gyteområdene på strekningen er god, slik at sannsynligheten for en bra spredning av eggene er stor. Skisserte tiltak ved Storekvina (se nedenfor) vil også bidra til rekrutteringen i dette området. Skjultilgangen er også generelt god og relativt godt fordelt utover strekningen. Foreslåtte tiltak for å øke skjultilgangen ved starten av Rafossbassenget vil sannsynligvis sikre god overlevelse av yngel klekket i nærliggende store gyteområder. Det totale arealet som i ulik grad er egnet for fiskeproduksjon er stort, ca. 376 000 m². Dette viser at bygging av en laksetrapp i forbindelse med en utbygging av Rafossen, slik at denne strekningen blir gjort tilgjengelig for laks, kan føre til betydelig økt smoltproduksjon.

Terskelen ved Sagja representerer et fornuftig vandringsstopp for anadrom fisk siden oppveksthabitatet ovenfor dette området er begrenset og fordi vannet blir kalket rett nedstrøms terskelen. Den skisserte oppvandringsløsningen ved Rafossen er vurdert å være god, og med forutsetning om at det finnes en god teknisk løsning for å hindre at smolt og utgytt laks (vinterstøinger) går inn i turbinene i det planlagte Rafoss kraftverk, vil fisken fritt kunne vandre opp til og ut fra området oppstrøms Rafossen. Om målsettingene i prosjektet skal nås må vandringsløsningene ved Rafossen være 100 % effektive.

Minimum, middel og maksimum teoretisk produksjonskapasitet på strekning fra Rafoss til Sagja ble estimert til henholdsvis 20 000, 28 000 og 37 000 smolt (se **tabell 1**). For å være forsiktede i våre vurderinger av muligheter for å erstatte smolttapet i Kvina har vi valgt å bruke minimums - og middelveiden, og antar dermed at den teoretiske produksjonskapasiteten ligger mellom 20 000 og 28 000 smolt. Den realiserte produksjonskapasiteten vil være mindre enn dette, fordi vannføringsforhold gir ekstra dødelighet. Bremset mfl. (2008) konkluderte med at redusert vintervannføring var den viktigste årsaken til redusert smoltproduksjon i Kvina og brukte en sammenheng mellom endring i vintervannføring (laveste ukemiddel) og endringer i smoltproduksjon fra Orkla (Hvidsten mfl. 2004) og Altaelva (Næsje mfl. 2005) til å estimere tapet (**Figur 17**). Bremset mfl. (2008) diskuterer utfordringene med denne tilnærmingen, men fordi sammenhengen ble brukt til å estimere tapet etter regulering og fordi vi ikke kjenner til noen bedre måte å beregne dette på, har vi valgt å bruke den samme tilnærmingen. Dersom minste vannføringen om vinteren økes fra dagens krav på 1,3 m³/s til 5 eller 6 m³/s tilsier estimatene at tapet på strekningen reduseres fra 40 %, til 29 eller 21 %. For de to hovedalternati-

vene i vannbanken (alternativ 3 og 4 med 5 og 6 m³/s vintervannføring) gir dette en realisert produksjonskapasitet på henholdsvis 14 000 til 20 000 og 16 000 til 22 000 smolt (**tabell 8**).



Figur 17. 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. Fra Bremset mfl. (2008).

6.2 Økt produksjon nedstrøms Rafossen

Tapet av smolt i forhold til historisk nivå vil også reduseres i dagens lakseførende strekning nedstrøms Rafossen ved økte minstevannføringer. Her vil en økning i minstevannføring om vinteren fra 1,3 m³/s til 5 eller 6 m³/s, i henhold til samme beregningsmåte som ovenfor redusere tapet på strekningen fra 37 %, til 27 eller 20 %. Tapet her er generelt noe mindre fordi de relative vannføringsendringene er noe mindre (større restfelt, inklusive sidevassdraget Littleåna) enn overfor Rafossen. De to hovedalternativene (5 eller 6 m³/s vintervannføring) gir en estimert gevinst på henholdsvis 2000 - 2900 og 3400 - 4900 smolt.

6.3 Habitatrestaurering

For å få en ytterligere økning i smoltproduksjon har det vært gjennomført, og kan gjennomføres, habitatrestaurerende tiltak både ovenfor og nedenfor Rafossen. Da vi ikke har nøyaktig kunnskap om planene for habitatrestaurerende tiltak ved Klosterøyna sommeren 2012 er det

vanskelig å estimere forventet gevinst av dette. Nedstrøms terskelen ved Stadion, langt nede i vassdraget, er det sannsynliggjort at smoltproduksjonen er lav i forhold til rekrutteringen fra de relativt store gyteområdene rett nedstrøms terskelen (Larsen mfl. 2004). Sannsynlig årsak til dette er mangel på skjul for eldre laksunger. Larsen mfl. (2004) anslo at smoltproduksjonen bare var 10 % av det potensielle antallet smolt en kunne forvente ut fra tetthet av årsyngel i dette området (i størrelsesorden 7 000 presmolt). Selv om noe av dette «underskuddet» kan tilskrives ekstra dødelighet på grunn av vannføringsforhold, og/eller at eldre laksunger kan ha vandret oppover i vassdraget til områdene oppstrøms Liknes der skjultilgangen er god, ble det konkludert med at etablering av skjulplasser kan bidra til økt smoltproduksjon i området. Høsten 2011 ble det gjennomført tiltak som både skal lette oppvandringen av voksenfisk (konsentrering av vann), etablere gytemuligheter rett oppstrøms terskelen og gi flere skjulplasser for fisk (i buner og steinrygger) på en 100-150 m lang strekning nedstrøms terskelen. Arealet av området estimeres til ca. 12 000 m². Dersom dette areal har blitt endret fra dårlig (2-4 smolt per 100 m²; se **tabell 1**) til godt egnet (7-13 smolt) kan gevinsten estimeres til mellom ca. 600 og 800 smolt (minimum og middelerverdi).

Lengre oppe i vassdraget, på strekningen mellom Åmot rett oppstrøms Liknes og terskelen på Svindland, er det både i denne undersøkelsen og tidligere undersøkelser (Bremset mfl. 2008; Gjemlestad 2008) påvist at det er mye skjul men ingen gyteområder. På denne strekningen er det identifisert fire områder som er egnet for utlegging av gytesubstrat og som vil utgjøre 700 m². Dersom disse etableres kan gyting her bidra til større rekruttering i området og dermed bedre utnyttelse av skjulkapasiteten her. Arealet av den totale strekningen er 69 155 m², og utlegging av egnet gytesubstrat vil kunne føre til at den realiserte smoltproduksjonen i området kan justeres noe opp fra klassen middels (jamfør **tabell 1**). Det totale gytearealet tilgjengelig i strekningen etter utlegging av gytesubstrat vil imidlertid utgjøre kun ~1 % av arealet på strekningen. Videre hadde deler av området i 2007 allerede relativt høye tettheter av eldre laksunger (Gjemlestad 2008), sannsynligvis innvandret fra tiliggende rekrutteringsområder. For ikke å være for optimistiske til effekten av utlegging av gytesubstrat oppjusterer vi derfor produksjonskapasiteten i området fra klassen middels til godt egnet og halverer gevinsten, noe som gir omtrent mellom 700 og 1000 smolt (minimum og middelerverdi).

Oppstrøms Rafossen er det først og fremst i området Storekvina og ned til Rafoss terskelbasseng at det er behov for habitattiltak. I terskelbassenget ved Storekvina finnes store potensielle gyteområder som det er lite trolig vil bli tatt i bruk under rådende miljøforhold. Videre er det relativt små områder med skjul ned mot Rafoss terskelbasseng. Ved å senke Storekvinaterskelen og etablere steinrygger ned mot Rafoss terskelbasseng vil forholdene både for rekruttering og oppvekst bedres i området. Det er vanskelig å estimere effekten av disse tiltakene, og vi har valgt å anse denne gevinsten som inkludert i våre estimerer for smoltproduksjon på hele strekningen fra Rafossen til Sagja.

6.4 Sommervannføring

Begge våre hovedalternativer (alternativ 2 og 3) for bruk av vannbanken til å sikre minstevannføringer innebærer minstevannføringer om sommeren på 5 m³/s. Alternativ 4, som vi også vurderer her, har en minstevannføring på 6 m³/s. Det er liten tvil, ut fra generell kunnskap om tethetsavhengig vekst og overlevelse (Milner mfl. 2003; Einum mfl. 2006), om at økningene i minstevannføring om sommeren som vi foreslår (fra 3,7 til 5 eller 6 m³/s) er viktige for å kunne nå målene. Bremset mfl. (2008) konkluderte med at vintervannføringen var den viktigste flaskehalsen, og brukte endringene i denne til å estimere smolttapet etter regulering. Dersom vintervannføringen økes som foreslått, er det imidlertid sannsynlig at minste sommervannføring forsterkes som flaskehals relativt til vintervannføringen. Det er imidlertid vanskelig å kvantifisere betydningen av økt sommervannføring. Vi bruker derfor sommervannføringene som grunnlag for å vurdere hvor i utfallsrommet (mellom nedre og øvre grense) for smoltgevinst som er mest sannsynlig (se nedenfor).

6.5 Samlet smoltgevinst

Tatt i betraktning at økt sommervannføring (fra 3,7 til 5 m³/s) sannsynligvis også vil ha en positiv innvirkning på smoltproduksjonen i Kvina, uten at dette er kvantifisert og medregnet, vil både alternativ 2 og 3 gi økninger i smoltproduksjon som antakeligvis kan kompensere for et tap etter regulering på 20 000 smolt (**tabell 8**). Sannsynligheten for full kompensasjon er naturlig nok høyere for alternativ 3 enn 2, og for dette alternativet er også vårt minimumsestimat for smoltgevinst høyere enn målet. Tatt i betraktning usikkerheten i våre estimater framstår således alternativ 3, med en minstevannføring om vinteren på 6 m³/s, som betydelig sikrere enn alternativ 2. En slik vannføring vil også redusere sannsynligheten for at rogn tørlegges eller fryser i gytegrøper som ligger grunt. Alternativ 4 med en minstevannføring på 6 m³/s hele året vil øke sannsynligheten for å nå målet ytterligere, men ved dette alternativet vil vannbruken øke fra 15,7 til 19,4 % av ekstra vann tilgjengelig i Homstølvann etter bortføring av de to nye feltene.

Tabell 8. Estimert smoltgevinst (minimum og maksimum) ved ulike tiltak og for de to hovedalternativene for minimumsvannføring i Kvina. Begge alternativene har en minstevannføring om sommeren på 5 m³/s, mens minstevannføringen om vinteren er henholdsvis 5 og 6 m³/s. Slipp av vann til smoltutvandring og oppvandring er også lik for de to alternativene. Samlet bruk av vann til alle slipp er også gitt som prosent av ekstra vannmengde tilgjengelig i magasinet etter fraføring av de to nye feltene. Eksisterende slipp er ikke inkludert.

	Alternativ 2 (5 m ³ /s)		Alternativ 3 (6 m ³ /s)	
	Min	maks	min	Maks
Produksjon oppstrøms Rafossen	14 000	20 000	16 000	22 000
Redusert tap nedstrøms	2000	2900	3400	4900
Bortfall tap Trærlandfossen	1700	2500	1700	2500
Habitattiltak Stadion	600	800	600	800
Habitattiltak Svindland-Åmot	700	1000	700	1000
Samlet smoltgevinst (avrundet)	19 000	27 000	22 000	31 000
Slipp av ekstra vann i magasin (%)	10,8		15,7	

7 Konklusjon

Vi har i denne rapporten vist at det kan være mulig å erstatte et tap på 20 000 laksesmolt etter reguleringen av Kvina. Dette til tross for at ytterligere vann blir fraført vassdraget for kraftproduksjon i Tonstad kraftverk, og at det bygges et nytt elvekraftverk, inngrep som begge vil bidra med ny kraftproduksjon (samlet på 158 GWh når en ikke tar hensyn til tap som følge av foreslåtte slipp).

For at det skal være mulig å erstatte tapet av smoltproduksjon i Kvina kreves det at 1) strekningen mellom Rafossen og Sagja åpnes, 2) det gjennomføres habitatrestaurerende tiltak, og 3) at det gjøres miljødesignede slipp av vann tilbake til vassdraget. Konklusjonen forutsetter at gytefisk fritt kan passere minstevannføringsstrekningen ved Trælandsfoss kraftverk og gjennom trappa i det planlagte Rafoss kraftverk på vei opp for å gyte, og at smolt og utgytt laks kan passere de to kraftverkene uskadd under utvandring. Det forutsettes også at de planlagte habitattiltakene blir gjennomført på en slik måte at de potensielle gevinstene realiseres.

I prosjekter som dette, hvor effekten av ulike tiltak er estimert, er det av avgjørende betydning at det etableres en bestandsovervåkning som kan brukes til å evaluere effektene dersom tiltakene blir gjennomført. Vi foreslår at tiltakene knyttet til Rafossen og oppstrøms elvestrekning primært evalueres gjennom etablering av systemer for telling av oppvandrende og utvandrende fisk, mens tiltakene nedstrøms Rafossen må evalueres med annen overvåkningsmetodikk.

8 Referanser

- Aas, Ø., Einum, S., Klemetsen, A. & Skurdal, J. (2011). Atlantic salmon ecology. Wiley-Blackwell, UK.
- Aitken, P.L., Dickerson, L.H. & Menzies, W.J.M. (1996). Fish passes and screens at water power works. - Proceedings - Institution of Civil Engineers 35, 29-57.
- Bogen, J., Bremnes, T., Bønsnes, T., Heggenes, J., Johansen, S.W. & Saltveit, S.J. (2004). Fiskehabitat i Suldalslågen: et studium av sedimentasjonsdynamikk, begroing, habitattilbud og habitatbruk hos fisk. - Suldalslågen miljørapport 46, 123 sider.
- Bremset, G., Forseth, T., Ugedal, O., Gjemlestad, L.J. & Saksgård, L. (2008). Potensial for produksjon av lask i Kvinavassdraget. Vurdering av tapsfaktorer og forslag til kompensasjonstiltak. - NINA-rapport 321, 37 sider.
- 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.
- Cunjack, R.A., Prowse, T.D. & Parrish, D.L. (1998). Atlantic salmon (*Salmo salar*) in winter: "the season of parr discontent"? - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 55, 161-180.
- Einum, S., Sundt-Hansen, L. & Nislow, K.H. (2006). The partitioning of density-dependent dispersal, growth and survival throughout ontogeny in a highly fecund organism. - Oikos 113, 489-496.
- Einum, S. & Nislow, K.H. (2011). Variation in population size through time and space: theory and recent empirical advances from Atlantic salmon. I: Atlantic salmon Ecology (red: Øystein Aas, Sigurd Einum, Anders Klemetsen & Jostein Skurdal). Wiley-Blackwell, UK.
- Forseth, T., Fiske, P., Hvidsten, N.A. & Saltveit, S.J. (2003). Smoltoverlevelse i Suldalslågen - miljøfaktorer som påvirker smoltutvandring og overlevelse i fjorden. - Suldalslågen miljørapport 30, 59 sider.
- Gibson, R.J. & 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.
- Gjemlestad, L.J. (2008). Romlig fordeling av laksunger (*Salmo salar*) i forhold til substrat og habitat i Kvina, Vest-Agder. - Universitetet for miljø- og biovitenskap, Masteroppgave 60.
- Gjemlestad, L.J. & Forseth, T. (2009). Fisketrapp i Rafossen i Kvina. Vurdering av mulige biologiske effekter oppstrøms trappa. - NINA-rapport 466, 24 sider.
- Hindar, A. (1992). Kalkingsplan for Kvinavassdraget og Litleåna. - NIVA-rapport 0-92084, 34 sider.
- Hvidsten, N.A. & Hansen, L.P. (1988). Increased recapture rate of adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., stocked as smolts at high water discharge. - Journal of Fish Biology 32, 153-154.
- Hvidsten, N.A., Jensen, A.J., Vivås, H., Bakke, Ø. & Heggberget, T.G. (1995). Downstream migration of Atlantic salmon smolts in relation to water flow, water temperature, moon phase and social interaction. - Nordic Journal of Freshwater Research 70, 38-48.
- Hvidsten, N.A., Johnsen, B.O., Jensen, A.J., Fiske, P., Ugedal, O., Thorstad, E.B., Jensås, J.G., Bakke, Ø. & Forseth, T. (2004). Orkla – et nasjonalt referansevassdrag for studier av bestandsregulerende faktorer hos laks. Samlerapport for perioden 1979 - 2002. - NINA fagrapport 079, 94 sider.
- Jensen, A.J. & Johnsen, B.O. (1999). The functional relationship between peak spring floods and survival and growth of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*). - Functional Ecology 13, 778-785.
- Johansen, S.W. & Lindstrøm, E-A. (2004). Suldalslågen. Begroingsundersøkelser i forbindelse med prøvereglement og kalkingsovervåkning i perioden 1998-2003. Sluttrapport. - Suldalslågen miljørapport 41, 60 sider.
- Johnsen, B.O. & Jensen, A.J. (1994). The spread of furunculosis in salmonids in Norwegian rivers. - Journal of Fish Biology 45, 47-55.
- Johnsen, B.O. & Jensen, A.J. (1999). Sjøaurebestandene i Vefsna, Fusta og Drevja i Nordland fylke. - NINA oppdragsmelding 614, 28 sider.
- Johnsen, B.O., Nøst, T., Møkkelgjerd, P.I. & Larsen, B.M. (1999). Rapport fra reetableringsprosjektet: Status for laksebestander i kalkede vassdrag. - NINA oppdragsmelding 582, 79 sider.
- Johnsen, B.O., Arnekleiv, J.V., Asplin, L., Barlaup, B.T., Næsje, T.F., Rosseland, B.O. & Saltveit, S.J. (2010). Effekter av vassdragsregulering på villaks. - Kunnskapsserien for laks og vannmiljø 3, 111 sider.
- Johnsen, B.O., Arnekleiv, J.V., Asplin, L., Barlaup, B.T., Næsje, T.F., Rosseland, B.O., Saltveit, S.J. & Tvede, A. (2011). Hydropower development – ecological effects. I: Atlantic salmon Ecology (red: Øystein Aas, Sigurd Einum, Anders Klemetsen & Jostein Skurdal). Wiley-Blackwell, UK.

- Larinier, M. (2008). Fish passage experience at small-scale hydro-electric power plants in France. - *Hydrobiologia* 609, 97-108.
- Larinier, M. & Travade, F. (2002). Downstream migration: Problems and facilities. - *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 364 (Suppl.), 181-207.
- Larsen, B.M., Berger, H.M., Hårsaker, K., Kleiven, E., Kvellestad, A. & Simonsen, J.H. (2004). Kvinavassdraget – 3 Fisk. Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2003. - DN-notat 2004-2.
- Larsen, B.M., Berger, H.M., Hårsaker, K., Kleiven, E., Kvellestad, A. & Simonsen, J.H. (2005). Kvinavassdraget – 3 Fisk. Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2004. - DN-notat 2005-2.
- Marcogliese, D.J. (2001). Implications of climate change for parasitism of animals in the aquatic environment. - *Canadian Journal of Zoology* 79, 1331-1352.
- Mathews, R. & Richter, B.D. (2007). Application of the indicators of hydrologic alteration software in environmental flow setting. - *JAWRA Journal of the American Water Resources Association* 43, 1400-1413.
- Milner, N.J., Elliott, J.M., Armstrong, J.D., Gardiner, R., Welton, J.S. & Ladle, M. (2003). The natural control of salmon and trout populations in streams. - *Fisheries Research* 62, 111-125.
- Nislow, K.H., Folt, C.L. & Parrish, D.L. (2000). Spatially explicit bioenergetic analysis of habitat quality for age-0 Atlantic salmon. - *Transactions of the American Fisheries Society* 129, 1067-1081.
- Næsje, T.F., Fiske, P., Forseth, T., Thorstad, E.B., Ugedal, O., Finstad, A.G., Hvidsten, N.A., Jensen, A.J. & Saksgård, L. (2005). Biologiske undersøkelser i Altaelva. Faglig oppsummering og kommentarer til forslag om varig manøvreringsreglement. - NINA-rapport 80, 99 sider.
- Ruggles, C.P. (1980). A review of the downstream migration of Atlantic salmon. - *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences* 952, 39 sider.
- Saltveit, S.J., Brabrand, Å., Bremnes, T., Kleiven, E. & Pavels, H. (2009). Kvinavassdraget – 3 Fisk. Kalking i laksevassdrag. Effektkontroll i 2008. – DN-notat 2009-2.
- Saltveit, S.J., Brabrand, Å. & Bremnes, T. (2011). Kvinavassdraget – 3 Fisk. Kalking i laksevassdrag. Effektkontroll i 2010. - DN-notat 2011-4.
- Sivertsen, A. (1989). Forsuringstruede anadrome laksefiskbestander og aktuelle mottiltak. - NINA-utredning 10, 28 sider.
- Skoglund, H. (2011). Seasonal timing of emergence from nests. Effects of temperature and competition on offspring performance in salmonid fishes. - Doktorgradsavhandling ved Universitetet i Bergen.
- Sægrov, H. & Hellen, B.A. (2004). Bestandsutvikling og produksjonspotensiale for laks i Suldalslågen. Sluttrapport for undersøkingar i perioden 1995-2004. - Suldalslågen miljørapport 43, 54 sider.
- Teichert, M. (2011). Regulation in Atlantic salmon (*Salmo salar*): The interaction between habitat and density. - Doktorgradsavhandling ved NTNU.
- Tharme, R.E. & King, J.M. (1998). Development of the Building Block Methodology for instream flow assessments, and supporting research on the effects of different magnitude flows on riverine ecosystems. - *Water Research Commission Report No. 576/1/98*, 452 sider.
- Ugedal, O., Berger, H.M., Larsen, B.M. & Hoem, S.A. (2004). En vurdering av produksjonspotensialet for anadrom fisk i Kvina. - NINA oppdragsmelding 822, 33 sider.
- Wootton, R.J. (1998). *Ecology of Teleost Fishes* 2nd ed. Kluwer, London.

Web-linker:

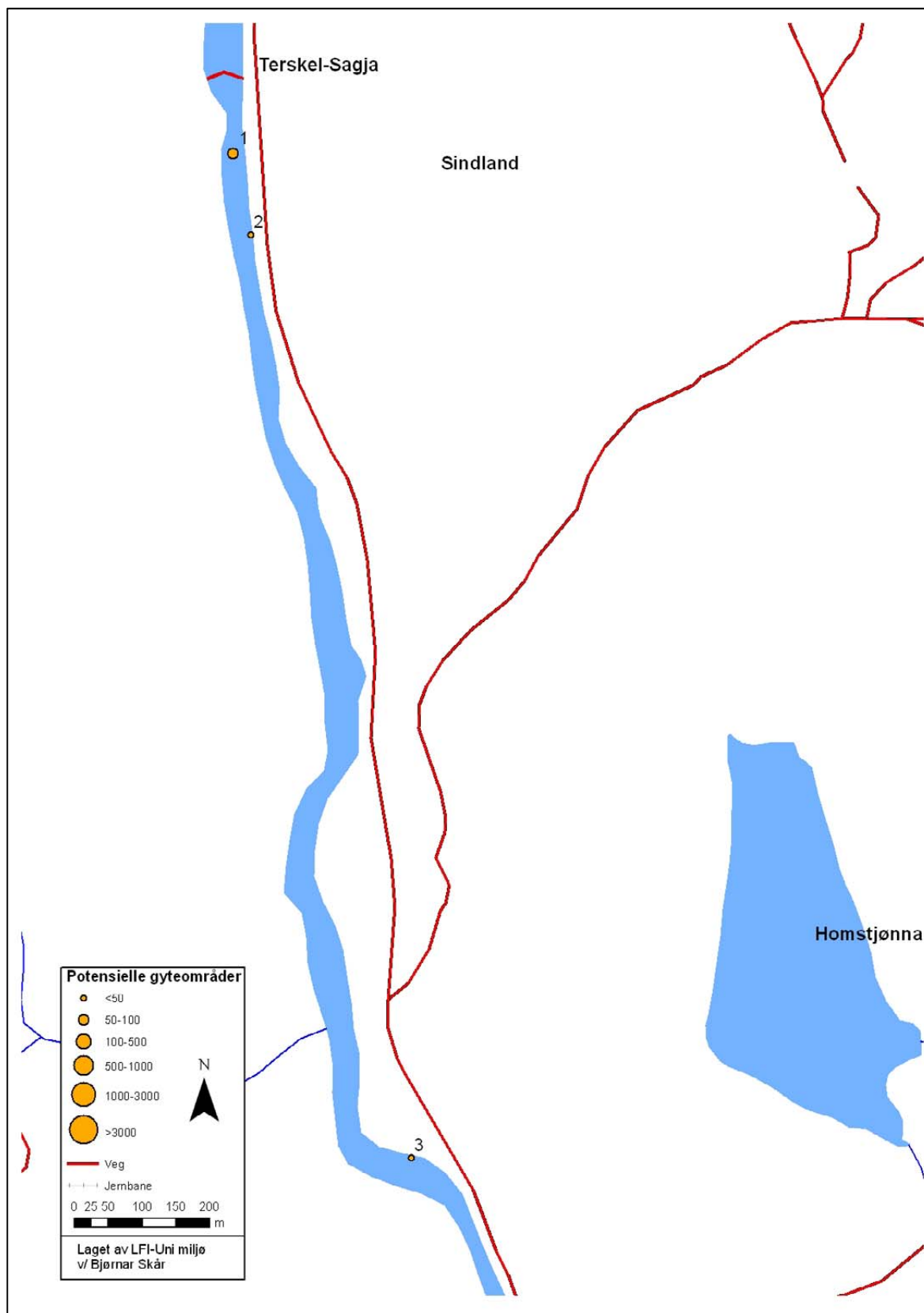
[http://www.sintef.no/SINTEF-Energi-AS/Energisystemer--/Vannressurser1/
www.cedren.no](http://www.sintef.no/SINTEF-Energi-AS/Energisystemer--/Vannressurser1/www.cedren.no)

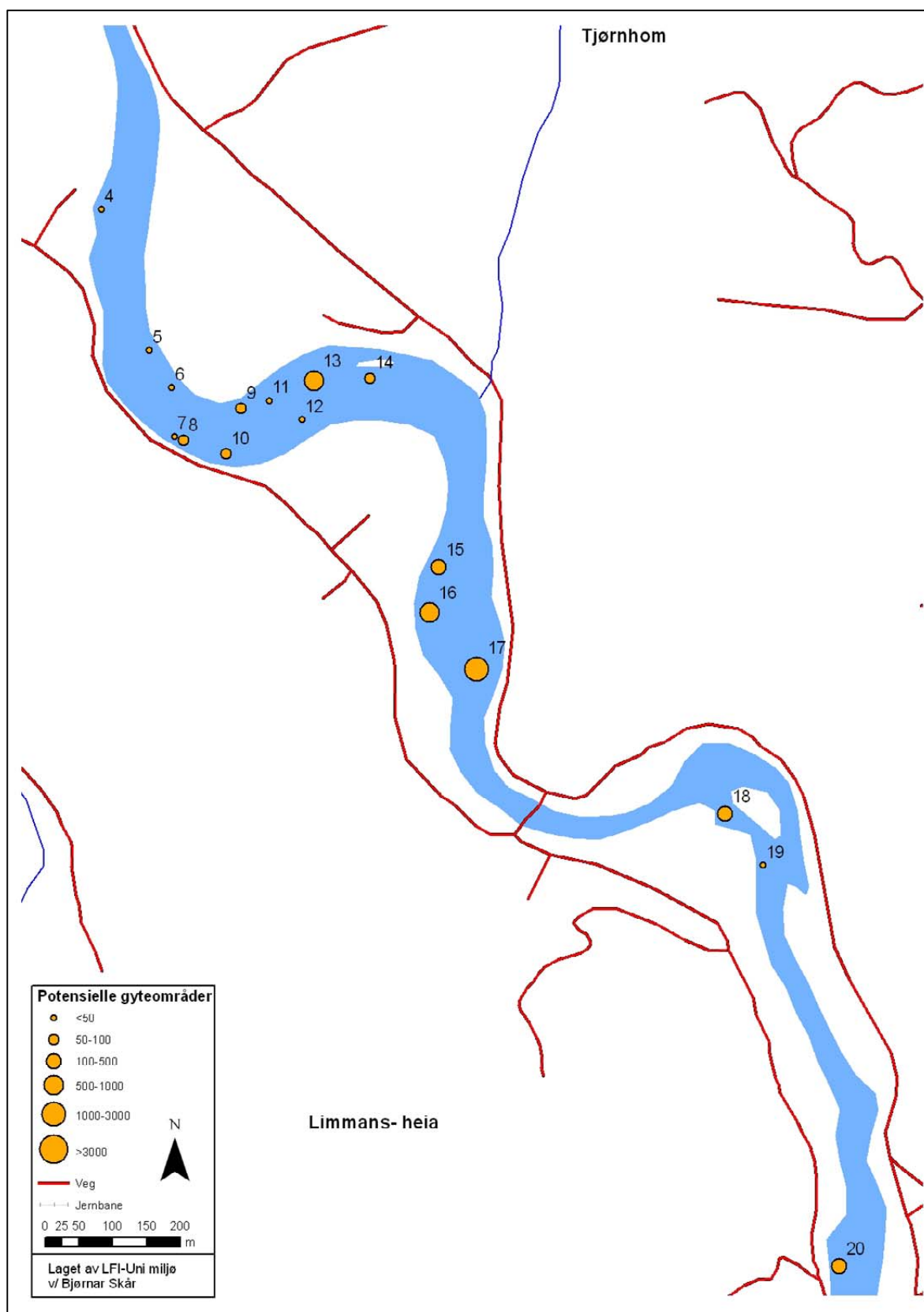
Vedlegg

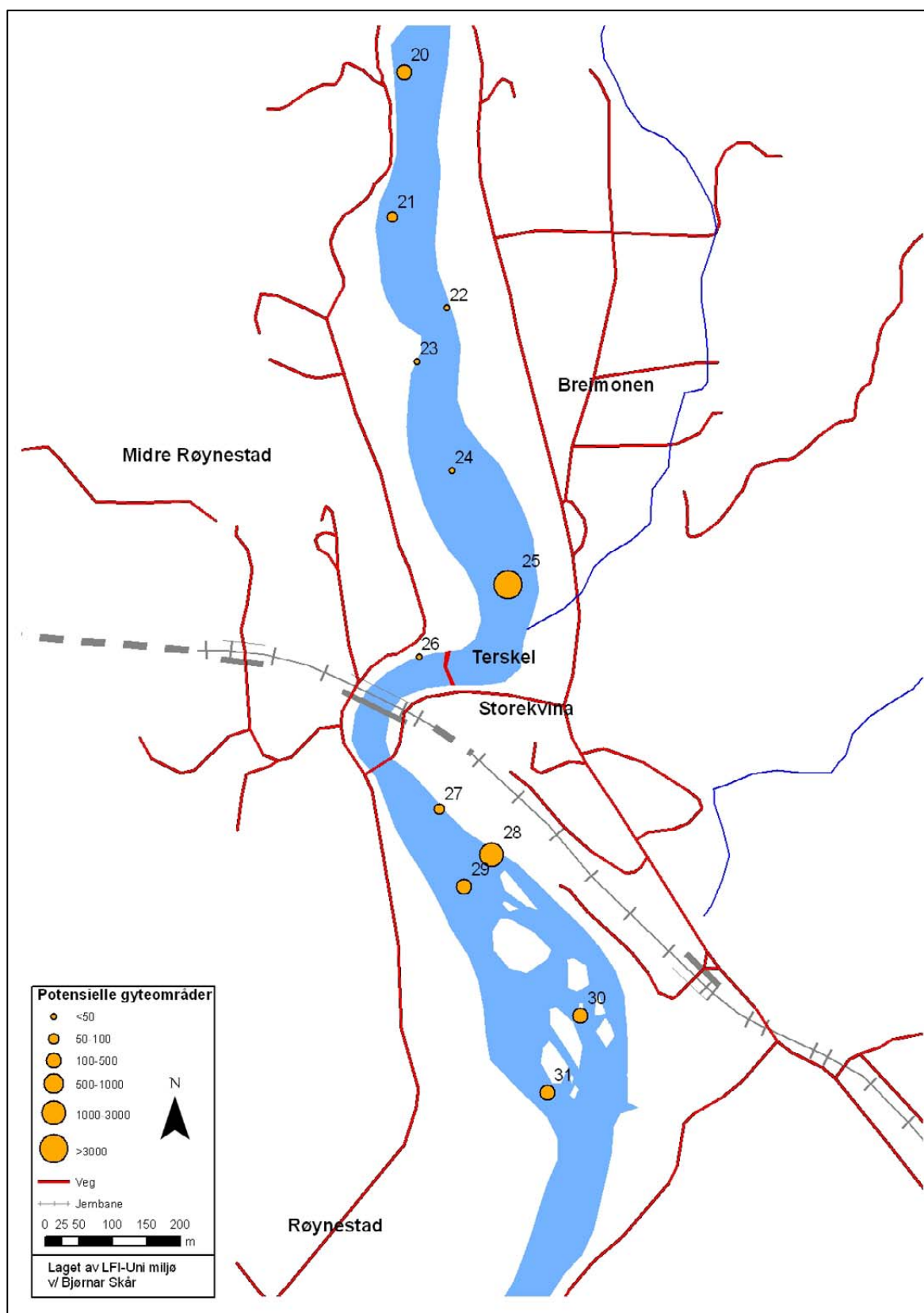
Vedleggstabell 1. Areal av områdene som er egnet for gyting av laks og ørret på strekningen mellom terskelen ved Sagja og ned til Rafossen i Kvina. Lokalitene er vist med nummer i **vedleggskart 1**. I tillegg ble det registrert flekkvise gytearealer som tilsvarer ca. 500 m².

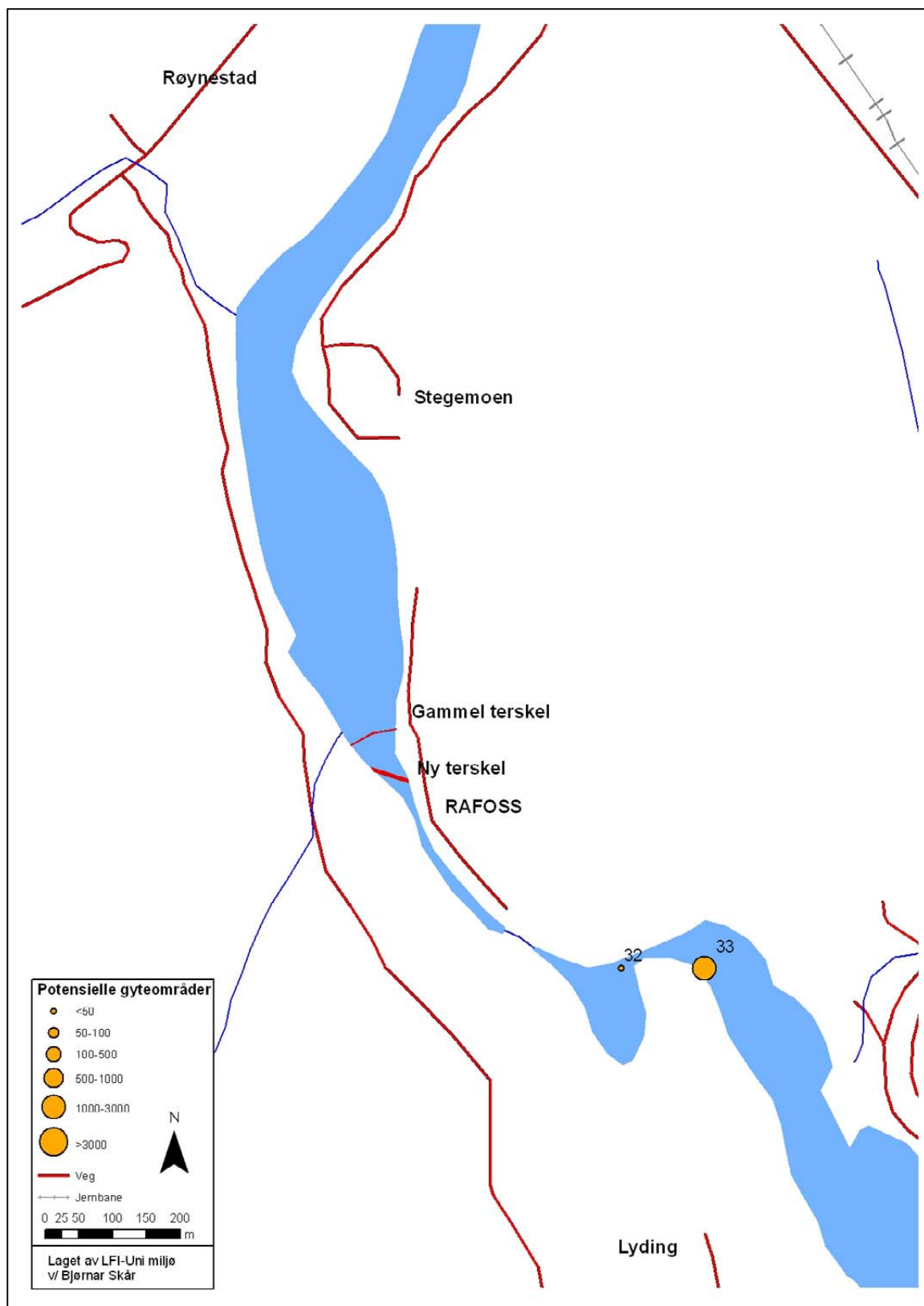
Lokalitet nr.	Areal (m ²)	Areal ved lav vannføring	Kommentar
1	80	80	
2	30	30	
3	15	15	
4	50		Grunt: 10 cm vanndyp ved undersøkelsen
5	40		Grunt
6	45		Grunt
7	30	30	
8	80	80	
9	60		Grunt
10	100		Grunt: 10 cm vanndyp ved undersøkelsen
11	30	30	
12	50	50	
13	1000		Grunt: 10-15 cm vanndyp, dypålen går på andre siden av elva og dette gyteområdet vil trolig ikke bli benyttet ved lav vannføring
14	100		Grunt: 10-15 cm vanndyp, dypålen går på andre siden av elva og dette gyteområdet vil trolig ikke bli benyttet ved lav vannføring
15	500		Grunt: 5-10 cm, blir trolig ikke benyttet ved lav vannføring
16	1000		Grunt: 5-10 cm, blir trolig ikke benyttet ved lav vannføring
17	3000	3000	
18	200	200	
19	50	50	
20	350	350	
21	100		Grunt: 10cm
22	40		Grunt: 10-15cm
23	30		Grunt: 15cm
24	40		
25	5500		Dette området har trolig et stort potensial om en terskel rett nedstrøms senkes eller rives, men vanndyp må måles for å vurdere muligheten for tørrlegging
26	50	50	
27	100	100	
28	2500	2500	
29	500	500	
30	300	300	
31	700	700	
Totalt	16 670	8 065	

Vedleggskart 1. Gyteområder i Kvina på strekningen fra Sagja og ned til Rafossen oppstrøms dagens anadrome strekning. Gyteområdene er nummerert og nærmere beskrivelse er gitt i vedleggstabell 1. Kartet går over flere påfølgende sider og starter oppstrøms i elva.





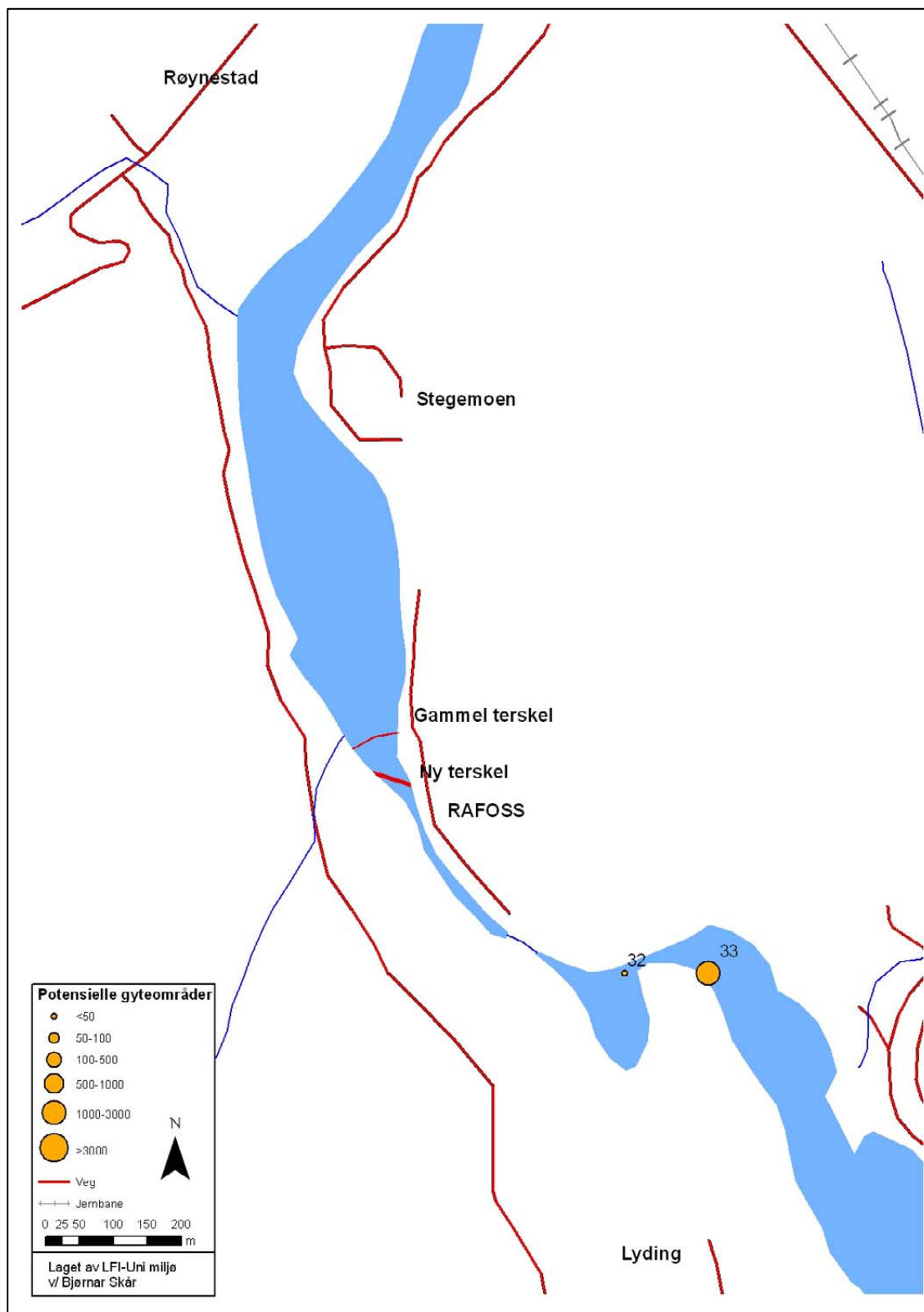


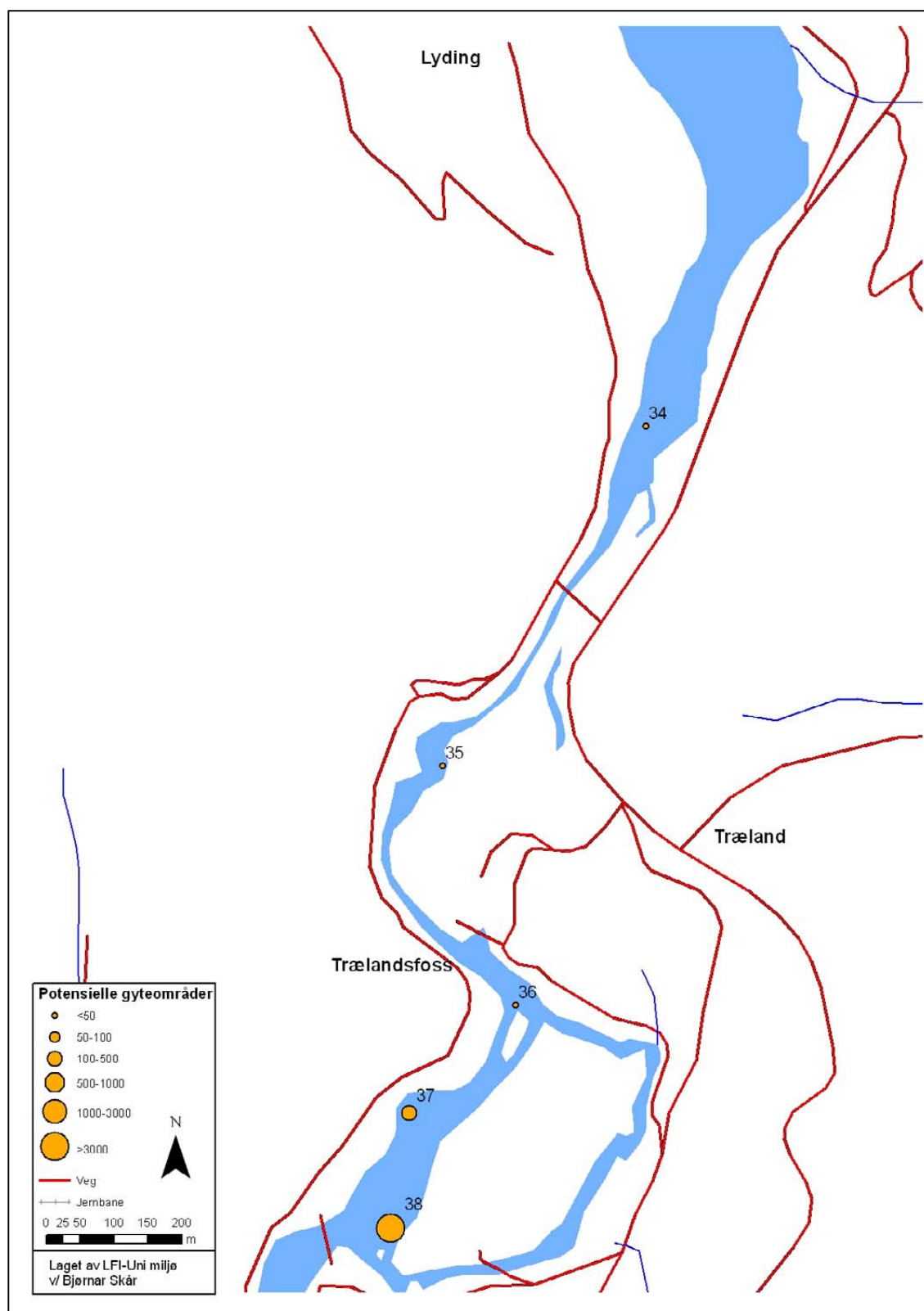


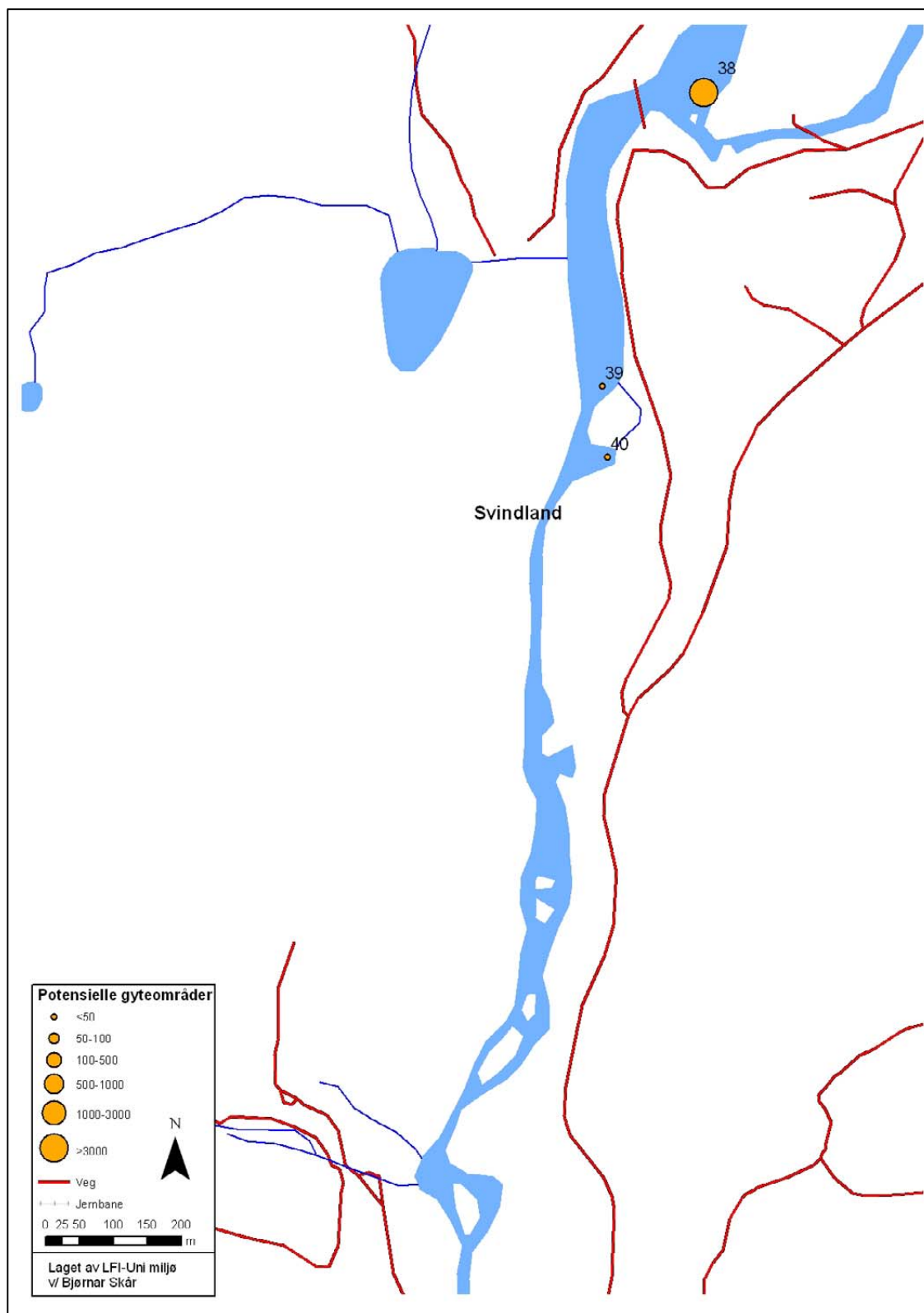
Vedleggstabell 2. Areal av områdene som er egnet for gyting av laks og ørret på strekningen fra Rafoss og ned til flomål i Kvina. Lokalitetene er vist med nummer i **vedleggskart 2**. I tillegg ble det registrert flekkvise gytearealer som tilsvarer ca. 100 m².

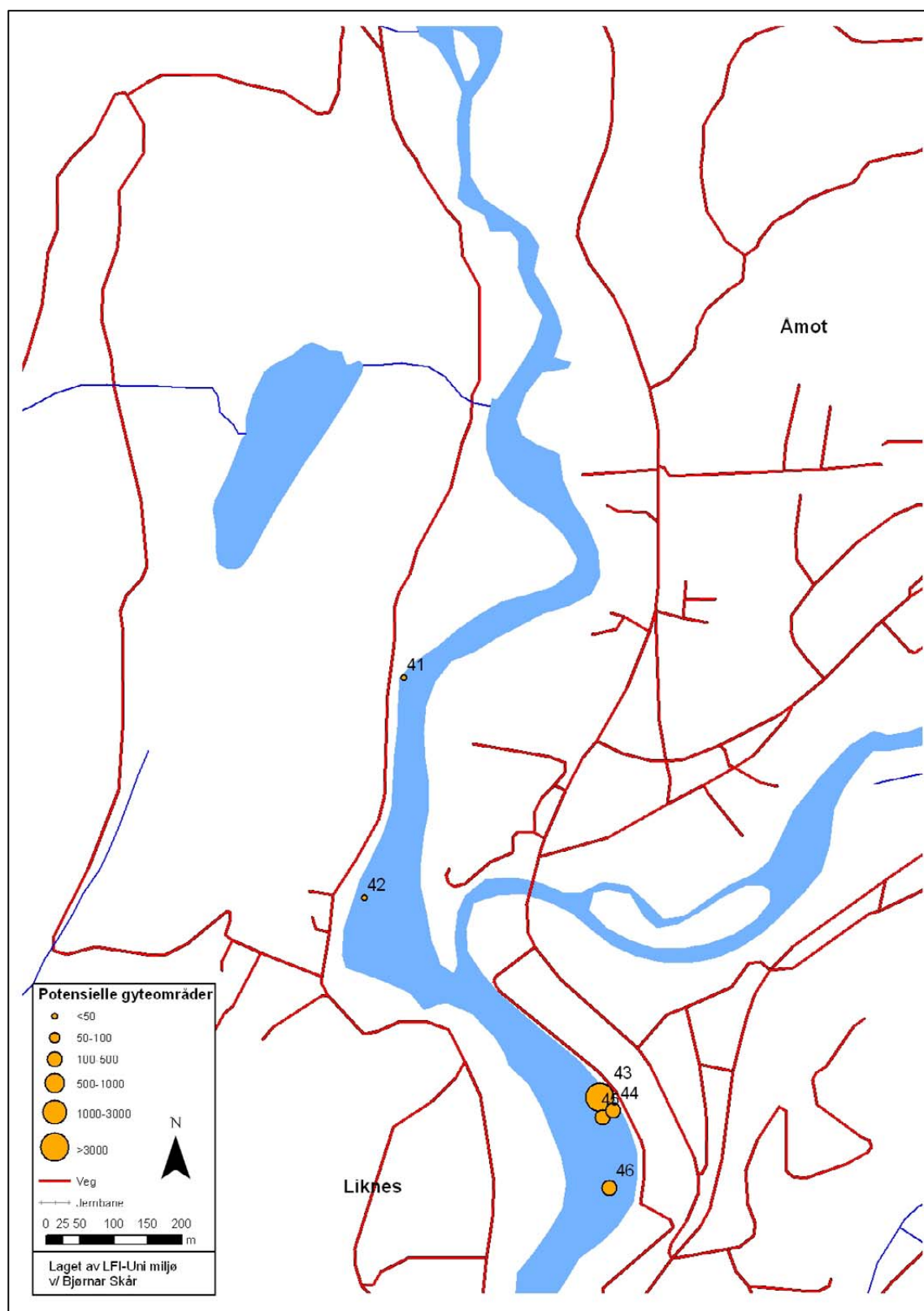
Lokalitet nr.	Areal (m ²)	Areal ved lav vannføring	Kommentar
32	15	15	Flekkvis fordelt bak blokker
33	1200	600	Et større sammenhengende område pluss flekkvis fordelt gytesubstrat i hovedstrøm, halvparten lå grunt
34	20	20	Flekkvis fordelt gytesubstrat
35	5	5	Gyteflekk på reset
36	15	15	Flekkvis gytesubstrat bak blokker
37	150	150	Renne med gytesubstrat
38	7500	2 500	Et større sammenhengende gyteområde pluss flekkvis fordelt gytesubstrat, mye lå grunt
39	25	25	
40	10	10	10-15 gytegroper
41	50	50	
42	25	25	
43	6000	6000	
44	200	200	
45	200	200	
46	400	400	En del mudder
47	25	25	
48	480	480	
49	30	30	
50	250	250	
51	20	20	
52	800	800	Sammenhengende område med gytesubstrat
53	50	50	
54	25	25	Gytegroper
55	40		Grunt, flekkvis gyting foran øy
56	50		Grunt, lite strøm
57	4500	4500	
Totalt	22 085	16 995	

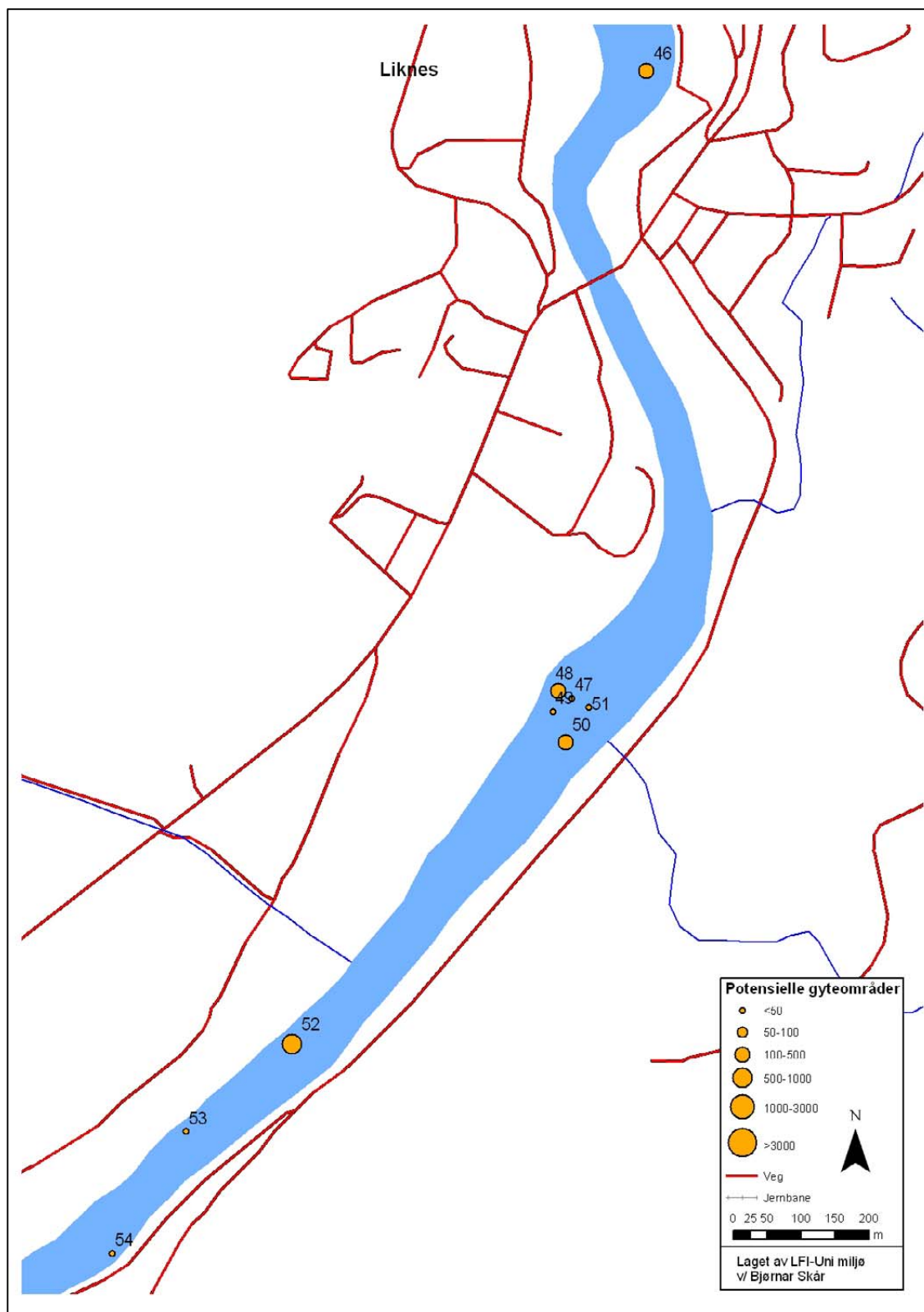
Vedleggskart 2. Gyteområder i Kvina på strekningen fra Rafoss og ned til nedre flomål i Kvina. Gyteområdene er nummerert og nærmere beskrivelse er gitt i **vedleggstabell 2**. Kartet strekker seg over flere påfølgende sider og starter oppstrøms i elva.

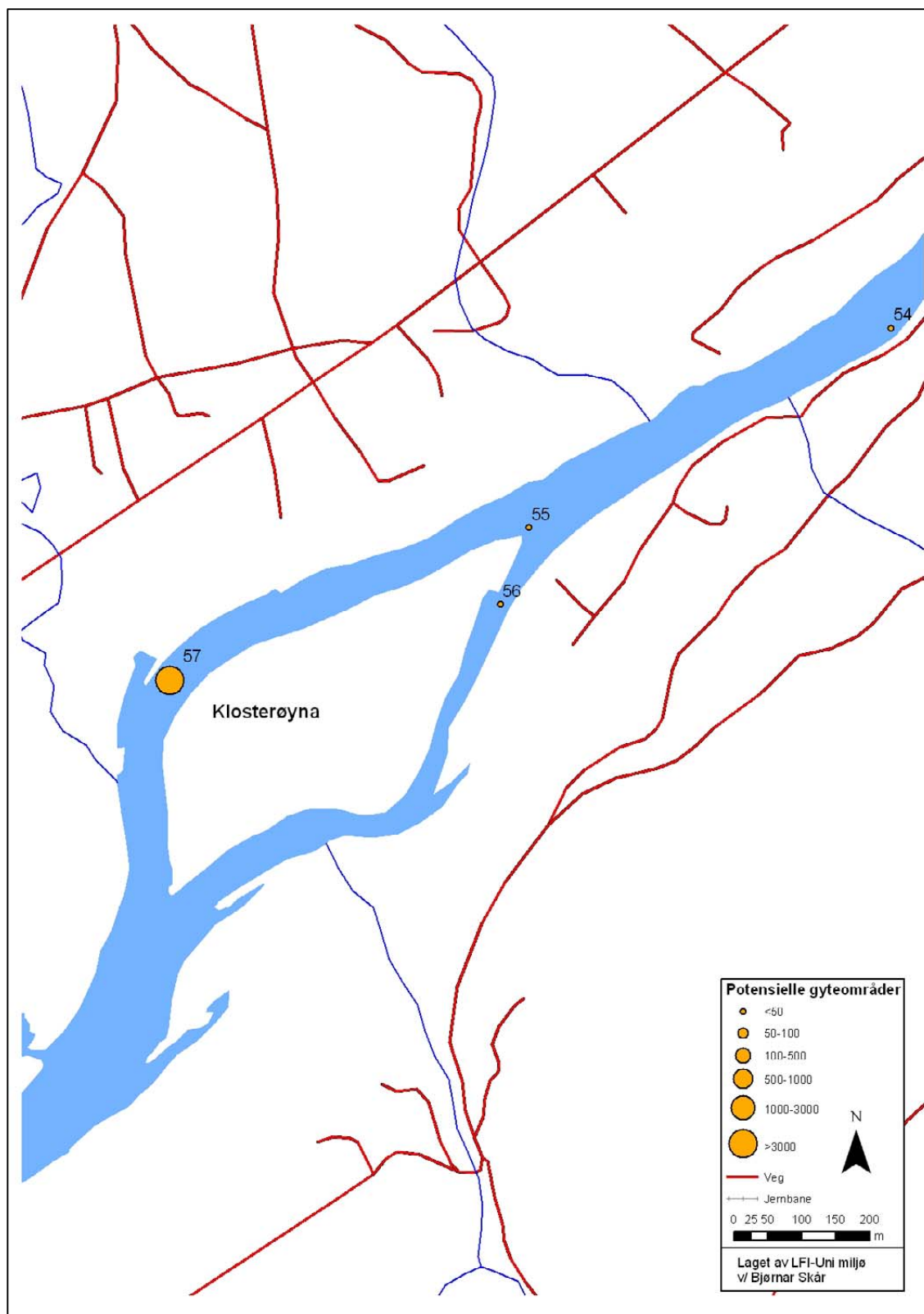




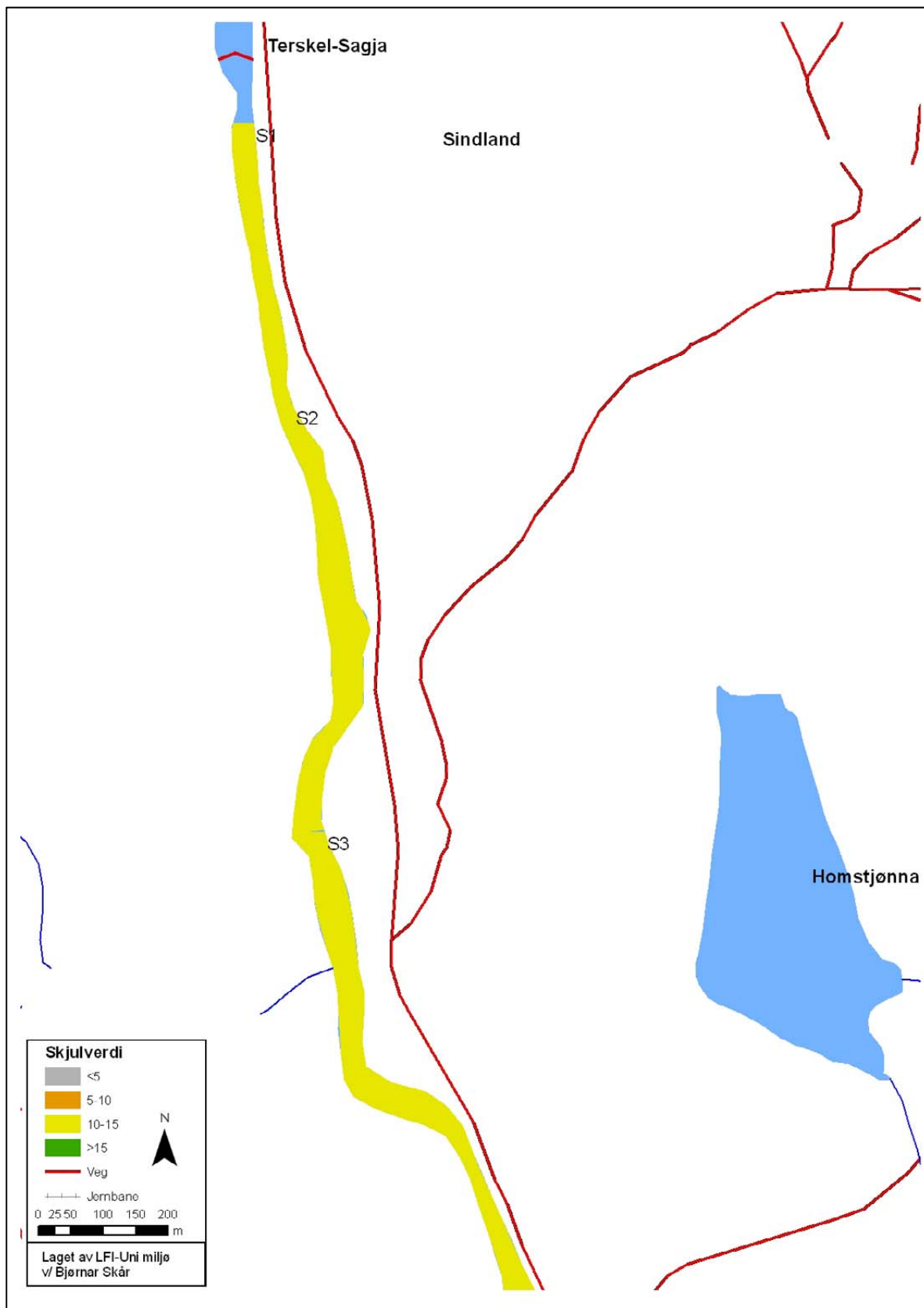


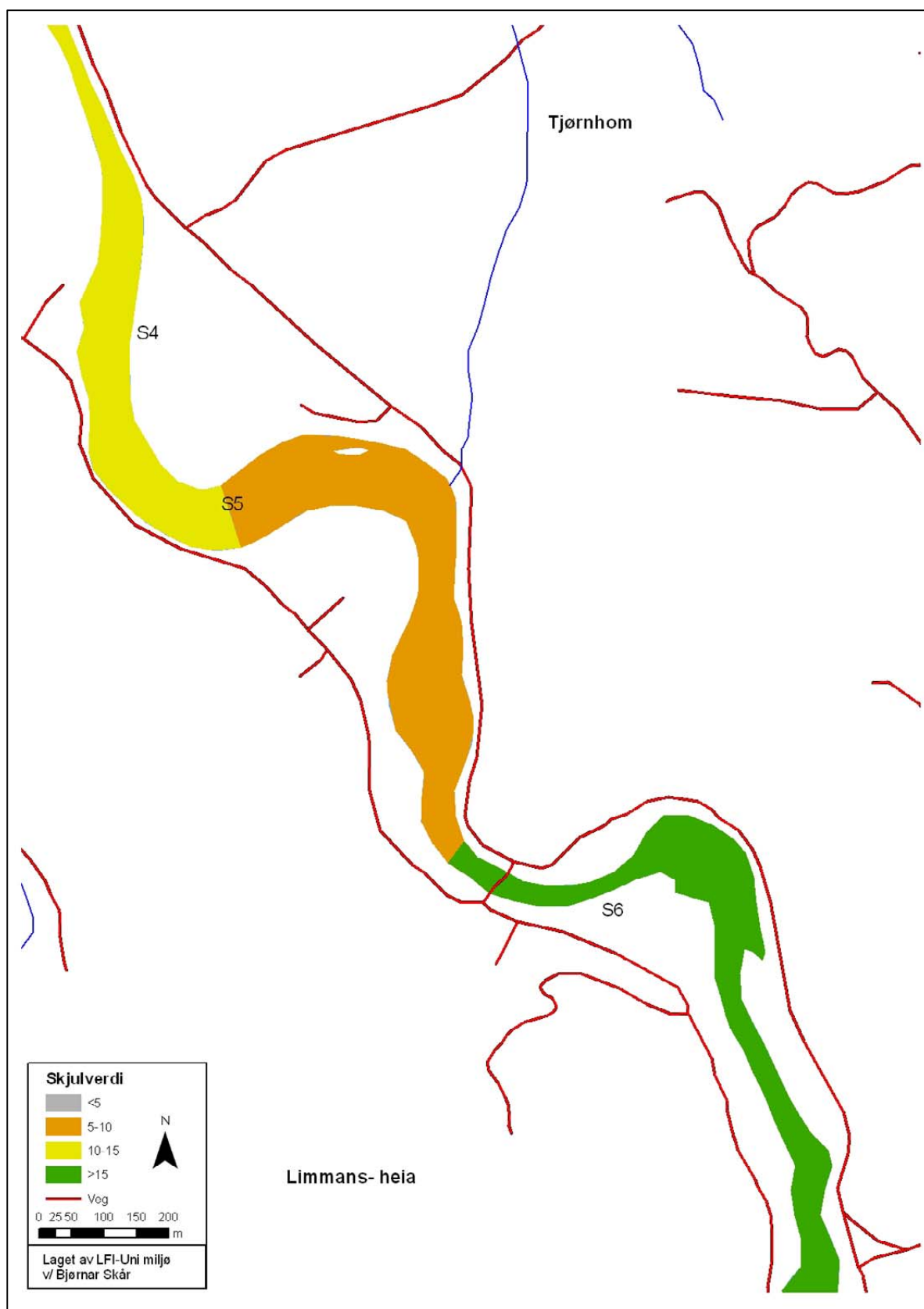


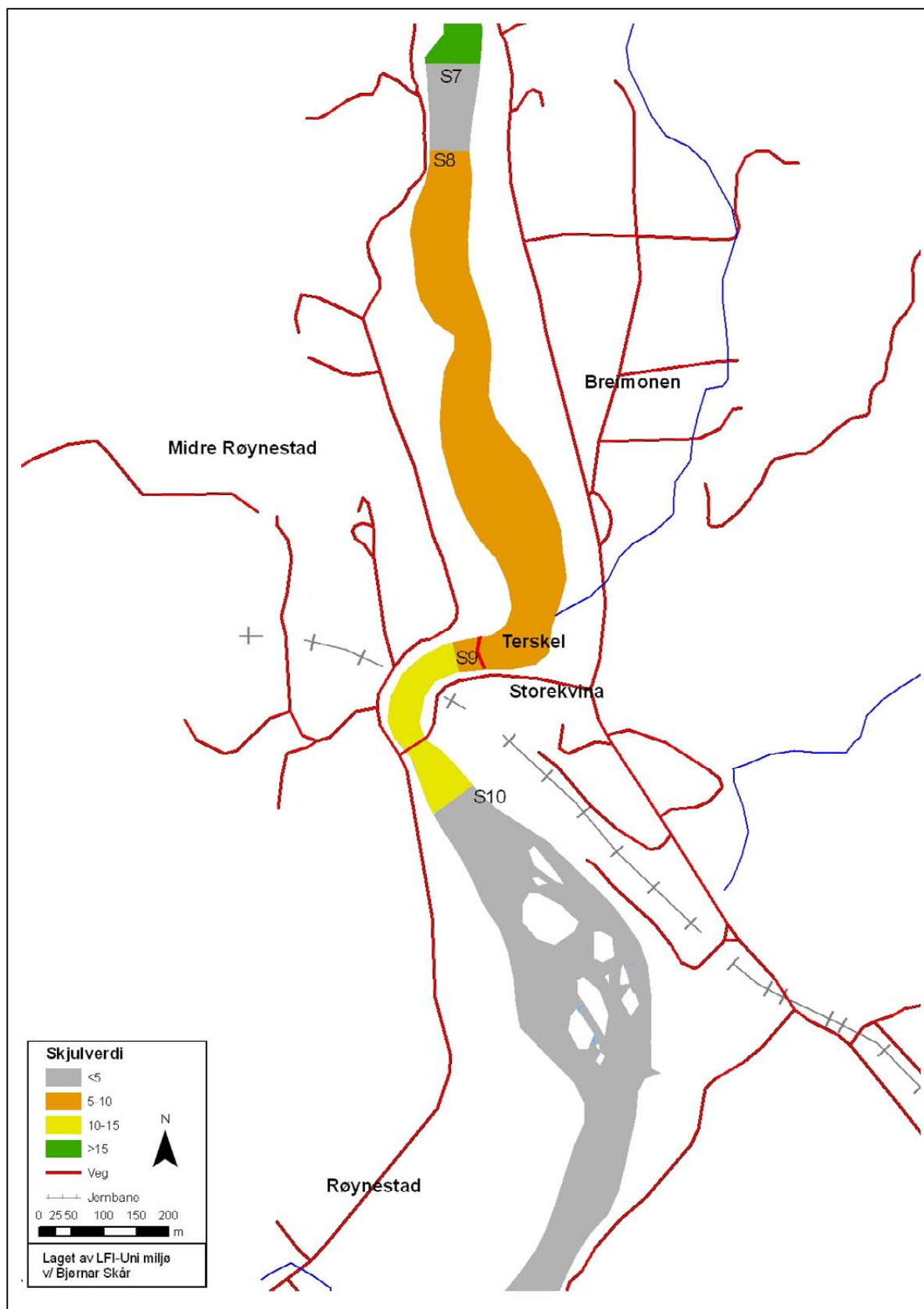


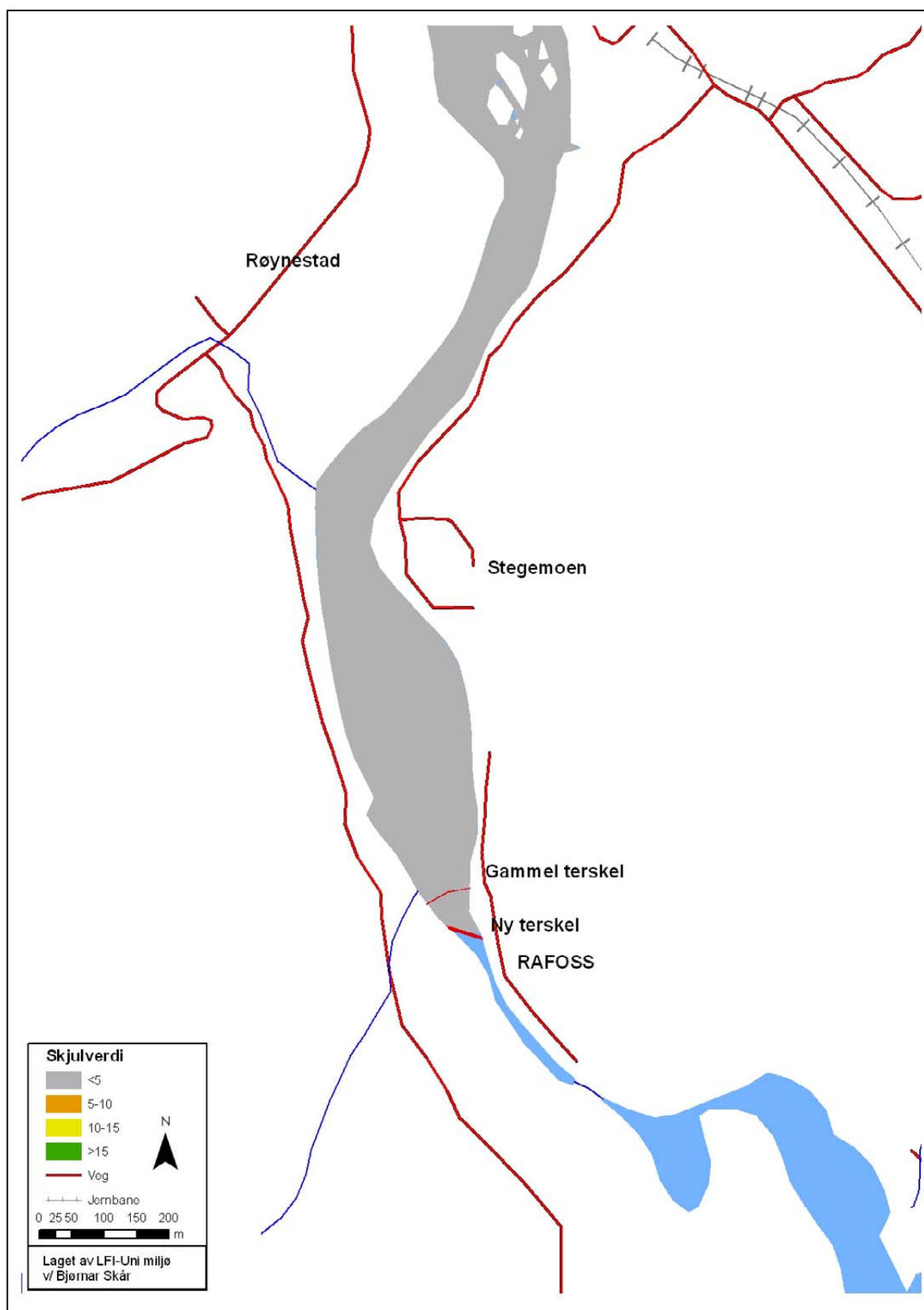


Vedleggskart 3. Skjul for laks og ørretunger i Kvina på strekningen fra terskelen ved Sagja og ned til Rafossen. Kartet strekker seg over flere påfølgende sider og starter oppstrøms i elva.

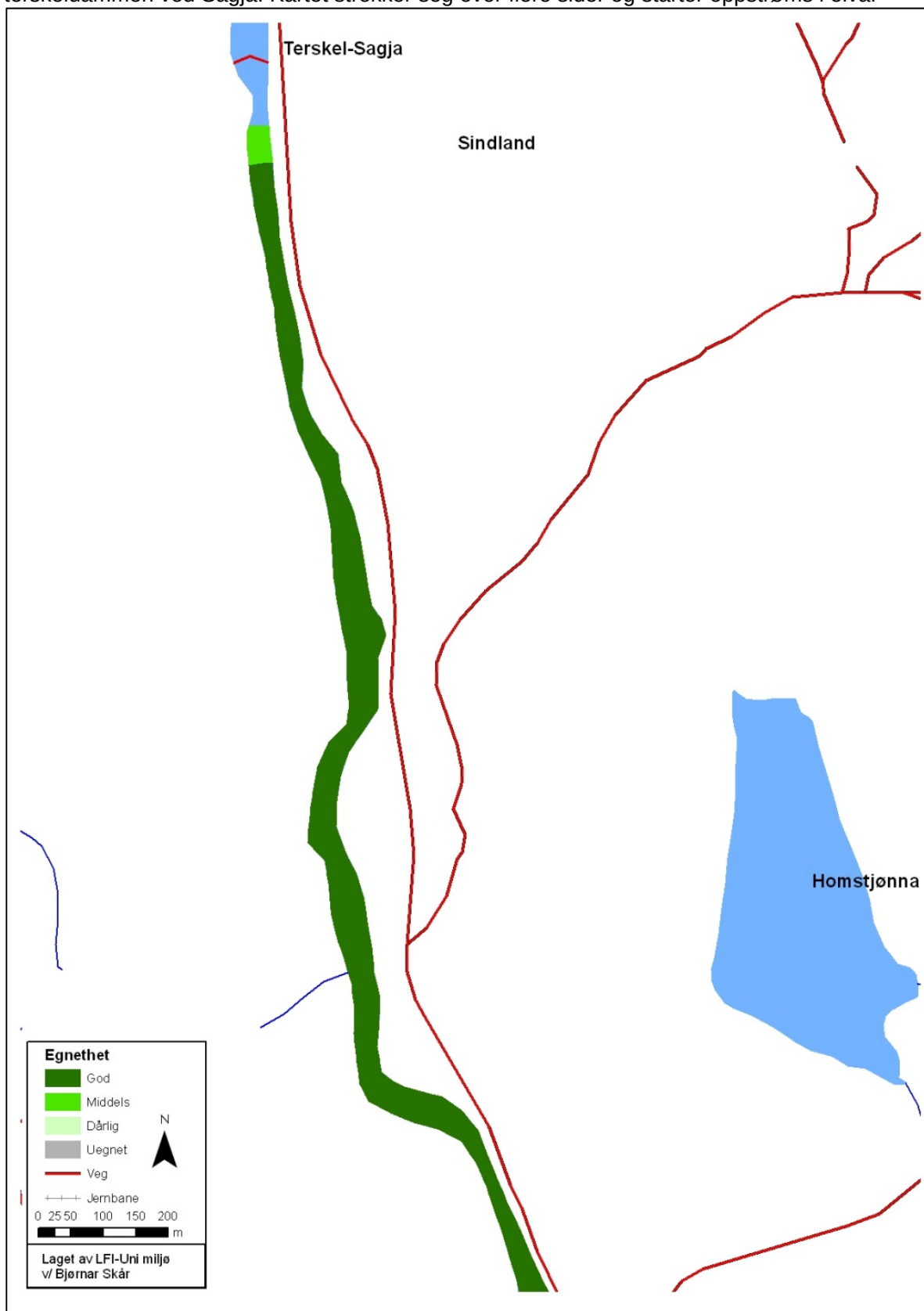


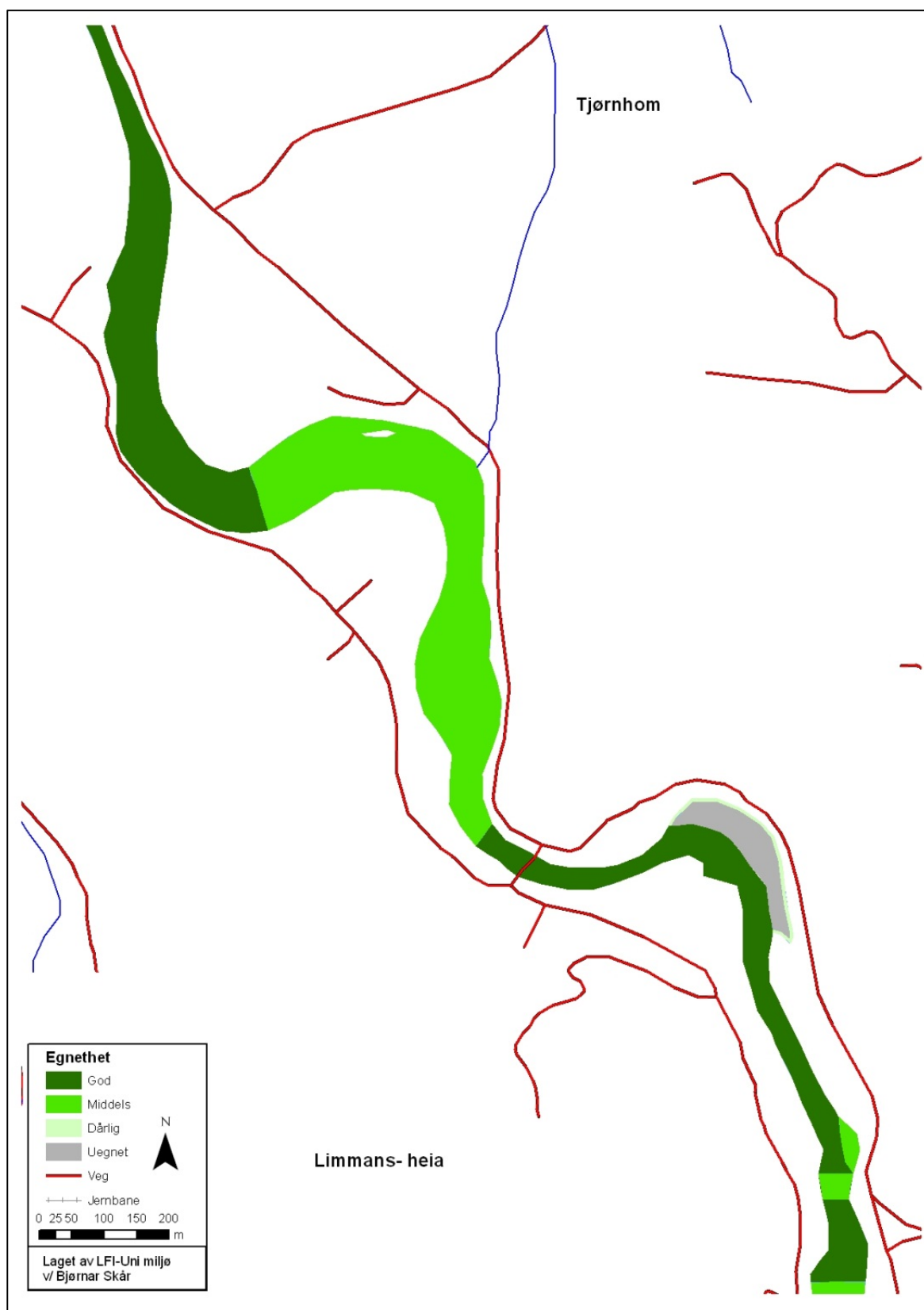


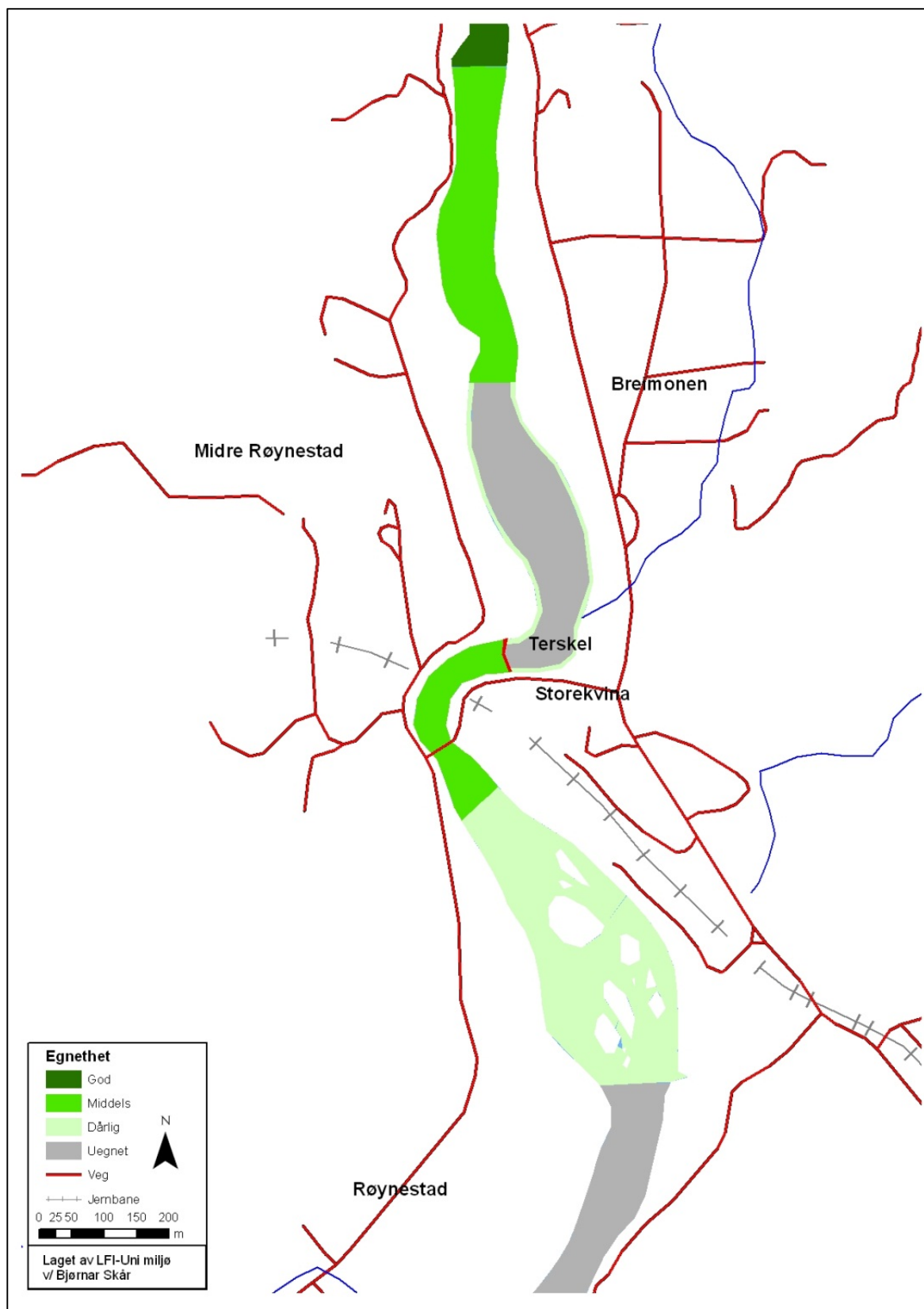


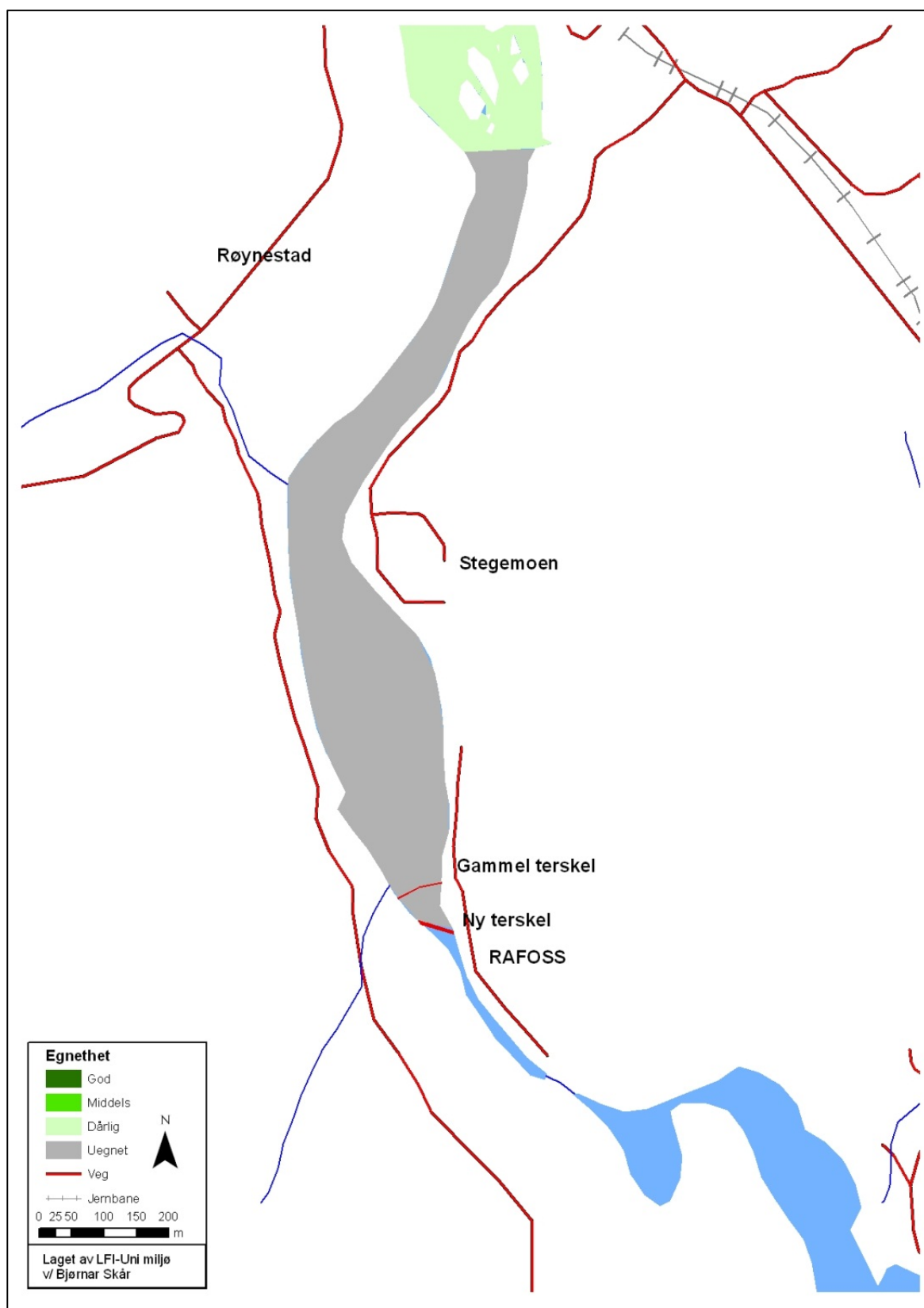


Vedleggskart 4. Egnethet av oppvekstområder for smolt på strekningen mellom Rafossen og terskeldammen ved Sagja. Kartet strekker seg over flere sider og starter oppstrøms i elva.

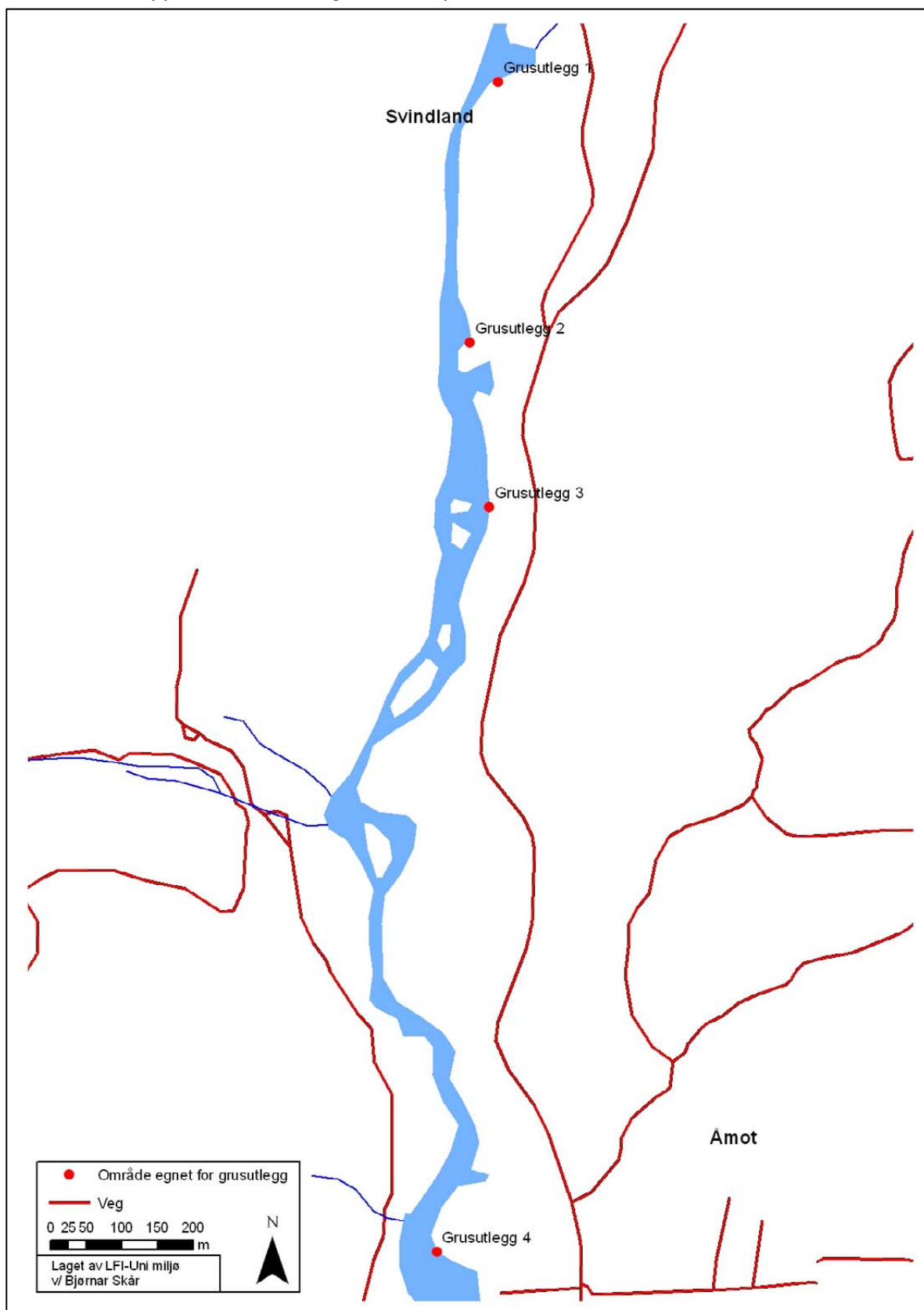








Vedleggskart 5. Forslag til lokaliteter for utlegging av egnet gytesubstrat på strekningen mellom Åmot rett oppstrøms Liknes og terskelen på Svindland.





Norsk institutt for naturforskning (NINA) er et nasjonalt og internasjonalt kompetansesenter innen naturforskning. Vår kompetanse utøves gjennom forskning, utredningsarbeid, overvåking og konsekvensutredninger.

NINAs primære aktivitet er å drive anvendt forskning. Stikkord for forskningen er kvalitet og relevans, samarbeid med andre institusjoner, tverrfaglighet og økosystemtilnærming. Offentlig forvaltning, næringsliv og industri samt Norges forskningsråd og EU er blant NINAs oppdragsgivere og finansieringskilder.

Virksomheten er hovedsakelig rettet mot forskning på natur og samfunn, og NINA leverer et bredt spekter av tjenester gjennom forskningsprosjekter, miljøovervåking, utredninger og rådgiving.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-2442-0

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, NO-7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, NO-7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger