NINA Rapport 226

Gytebestandsmål for laksebestander i Norge

Kjetil Hindar
Ola Diserud
Peder Fiske
Torbjørn Forseth
Arne J. Jensen
Ola Ugedal
Nina Jonsson
Svein-Erik Sloreid
Jo Vegar Arnekleiv
Svein Jakob Saltveit
Harald Sægrov
Leif Magnus Sættem



NINA
Norsk institutt for naturforskning






LAGSPILL ENTUSIASME INTEGRITET KVALITET

Samarbeid og kunnskap for framtidas miljøløsninger

NINAs publikasjoner

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

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

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

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

Norsk institutt for naturforskning

Gytebestandsmål for laksebestander i Norge

Kjetil Hindar
Ola Diserud
Peder Fiske
Torbjørn Forseth
Arne J. Jensen
Ola Ugedal
Nina Jonsson
Svein-Erik Sloreid
Jo Vegar Arnekleiv
Svein Jakob Saltveit
Harald Sægrov
Leif Magnus Sættem

Hindar, K., Diserud, O., Fiske, P., Forseth, T., Jensen, A. J., Ugedal, O., Jonsson, N., Sloreid, S.-E., Arnekleiv, J. V., Saltveit, S. J., Sægrov, H. & Sættem, L. M. 2007 Gytebestandsmål for laksebestander i Norge. - NINA Rapport 226. 78 s.

Trondheim, juni 2007

ISSN: 1504-3312
ISBN: 978-82-426-1786-6

RETTIGHETSHAVER
© Norsk institutt for naturforskning
Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET
Åpen

PUBLISERINGSTYPE
Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON
Norunn S. Myklebust

KVALITETSSIKRET AV
Bjørn Ove Johnsen

ANSVARLIG SIGNATUR
Forskningssjef Odd Terje Sandlund (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)
Direktoratet for naturforvaltning (DN)

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER
Raoul Bierach

FORSIDEBILDE
Forsidebilde: Laks i gytedrakt (fra Villakssenteret i Lærdal)
Foto: Leif Magnus Sættem

NØKKELORD
Laks, bestand-rekruttering, gytebestand, ungfisktetthet, lakseproduserende areal, fangststatistikk, fiskeforvaltning, biologisk referansepunkt, bevaringsgrense, forvaltningsmål, *Salmo salar*

KEY WORDS
Atlantic salmon, stock-recruitment, spawning population, juvenile density, wetted area, catch statistics, fisheries management, biological reference point, conservation limit, management target, *Salmo salar*

KONTAKTOPPLYSNINGER

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

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

NINA Tromsø
Polarmiljøsenteret
9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00
Telefaks: 77 75 04 01

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

www.nina.no

Sammendrag

Hindar, K., Diserud, O., Fiske, P., Forseth, T., Jensen, A. J., Ugedal, O., Jonsson, N., Sloreid, S.-E., Arnekleiv, J. V., Saltveit, S. J., Sægrov, H. & Sættem, L. M. 2007 Gytebestandsmål for laksebestander i Norge. – NINA Rapport 226. 78 s.

Denne rapporten gir forslag til gytebestandsmål for laks (*Salmo salar*) i 80 viktige laksevassdrag i Norge. Vassdragene er valgt ut på bakgrunn av at de er definert som – eller vurdert som – nasjonale laksevassdrag. Vi har tatt utgangspunkt i ni laksebestander der vi har data som er egnet til modellering av bestand-rekrutteringsforhold. Vi vurderer ulike typer gytebestandsmål som er basert på informasjon om gytebestand (S) og rekrutter (R). Dette kan være parametriske mål, dvs. mål som er utledet fra en SR-modell, eller også ikke-parametriske verdier fra SR-datapunktene. Egnete parametriske og ikke-parametriske mål ser ut til å være henholdsvis gytebestandens størrelse (uttrykt som antall egg) ved topp-punktet i Shepherd-modellen (*Shep*), eller også den gjennomsnittlige gytebestanden for de fem høyeste verdiene av R (*Max5R*). R er vanligvis ungfisktetthet i våre beregninger.

Basert på kunnskap om SR-forhold i de ni vassdragene, finner vi at gytebestandsmålene i norske laksebestander kan grupperes i fire grupper av eggtettheter fra < 1,5 egg/m^2 til > 5 egg/m^2 (dvs gruppene er gitt som hhv. 1, 2, 4 og 6 egg/m^2). *Shep* og *Max5R*, som vi fant var de mest robuste gytebestandsmålene i en analyse av usikkerhet i SR-forholdene i Altaelva, gir relativt like rangeringer av de ni elvene som er sammenliknet.

Gytebestandsmål for det store flertallet av laksebestandene må bestemmes ut fra begrenset informasjon om den enkelte elv. Vi har søkt å overføre gytebestandsmål fra data-rike elver til data-fattige elver via en betraktning av skala (lakseførende areal) og en betraktning av bestandens populasjonsdynamikk/produktivitet. Arealet er beregnet med GIS-metoder fra digitalt kartverk i N50-serien fra Statens Kartverk, og kunnskap om vandringsstoppene i hovedvassdraget og i de enkelte sideelvene slik de er angitt i Direktoratet for naturforvaltning sin oversikt. Vurderinger av de enkelte vassdragenes produktivitet er i hovedsak basert på fangststatistikk (omregnet til fangst pr arealenhet), sjøalderfordeling og smoltalder fra skjellmaterialer (der disse finnes), samt generell informasjon om vassdragene. I tillegg har vi vurdert mer detaljert informasjon om bestandene (f. eks. smolt- og presmolttetthet) i de relativt få elvene der dette er rapportert. Ut fra gytebestandsmålet (egg/m^2) har vi utledet hvor mange egg som bør gytes totalt i vassdraget, og det antallet hunnfisk som bør gyte for å møte gytebestandsmålet for vassdraget som helhet. For enkelte store vassdrag har vi beregnet gytebestandsmål ved å se på deler av vassdraget for seg. For alle elvene har vi beregnet hvor mange smolt gytebestandsmålet tilsvarer under antagelser om overlevelse fra egg til smolt.

De fleste av de 80 vassdragene vi har behandlet, er gitt gytebestandsmål på 2 egg/m^2 eller 4 egg/m^2. Vassdraget med det største totale gytebestandsmålet er Tana, der det bør gyte om lag 55 000 kg hunnlaks pr år (12 500 individer) for å møte gytebestandsmålet. Andre vassdrag med høye mål for gytebestanden er Gaula, Orkla og Namsen der vi mener det bør gyte mer enn 18 000 kg hunnlaks pr år, og Numedalslågen og Altaelva der vi mener det bør gyte mer enn 12 000 kg hunnlaks pr år.

Det må understrekes at vi her har utarbeidet et *førstegenerasjons* gytebestandsmål. De aller fleste variablene som benyttes i modelleringen er beheftet med usikkerhet, og for de fleste vassdragene vil informasjon om gytebestand og rekrutter være begrenset. De to største feilkildene for våre gytebestandsmål er sannsynligvis knyttet til beregning av produktivt elveareal og beregning av gytebestand ut fra informasjon om fangst. Vi foreslår å styrke kunnskapen om disse i det videre arbeidet med utarbeidelse av gytebestandsmål. Når det tas høyde for de premissene som ligger til grunn for SR-modelleringen og annen metodikk som vi har brukt, mener vi at metoden utviklet i denne rapporten kan brukes til å gi forslag til gytebestandsmål for alle lakseførende vassdrag i Norge.

Kjetil Hindar, Ola Diserud, Peder Fiske, Torbjørn Forseth, Arne J. Jensen og Ola Ugedal, Norsk institutt for naturforskning (NINA), 7485 Trondheim; Nina Jonsson og Svein-Erik Sloreid, NINA Oslo, Gaustadalléen 21, 0349 Oslo; Jo Vegar Arnekleiv, NTNU Vitenskapsmuseet, Seksjon for naturhistorie, 7491 Trondheim; Svein Jakob Saltveit, Laboratorium for ferskvannsøkologi og innlandsfiske (LFI), Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo, Boks 1172 Blindern, 0318 Oslo; Harald Sægrov, Rådgivende Biologer AS, Bredsgården, Bryggen, 5005 Bergen; Leif Magnus Sættem, Fylkesmannen i Møre og Romsdal, Fylkeshuset, 6404 Molde.

Epost: kjetil.hindar@nina.no

Abstract

Hindar, K., Diserud, O., Fiske, P., Forseth, T., Jensen, A. J., Ugedal, O., Jonsson, N., Sloreid, S.-E., Arnekleiv, J. V., Saltveit, S. J., Sægrov, H. & Sættem, L. M. 2007 Spawning targets for Atlantic salmon populations in Norway. – NINA Report 226. 78 pp.

This report suggests spawning targets for Atlantic salmon (*Salmo salar*) populations for 80 major rivers in Norway. The rivers were chosen among rivers prioritised by Norwegian management authorities for protection of wild salmon populations. As a starting point, we used information from nine rivers where data are available for modelling of stock-recruitment (SR) relationships. We evaluate different types of reference points for spawning populations, based on either parameter estimates from SR models or non-parametric values from the SR data points. Well functioning reference points seem to be the spawning stock giving maximum recruitment in the Shepherd SR model (*Shep*), and the average spawning stock giving the five highest recruitment data points (*Max5R*). In these analyses, spawning stock and recruitment were measured as the number of eggs (S) and the density of juveniles (R), respectively.

Based on SR relationships in the nine rivers, we suggest that spawning targets for salmon populations in Norway can be grouped into four categories of egg densities from < 1.5 eggs/m^2 to > 5 eggs/m^2 (group averages being, respectively, 1, 2, 4 and 6 eggs/m^2). *Shep* and *Max5R*, which were the most robust spawning targets in an analysis of process error ("model uncertainty") for SR data points from River Alta, give a relatively similar ranking of the spawning targets for the nine populations.

Spawning targets for the large majority of salmon populations must be determined from limited information on the particular river. We transferred spawning targets from data rich rivers to data deficient rivers through considerations of scale (wetted area of the salmon-producing stretch) and of local population dynamics and productivity. Wetted area was determined by GIS methods from digital geographic data in the N50 series (scale 1 : 50 000) of Statens Kartverk, and mapping of obstacles to upstream migration registered by the Directorate for Nature Management. Assessment of productivity has for most rivers been carried out based on catch statistics (converted to catch per area), age distribution (from scale readings), and general knowledge about the river. In addition, we have evaluated more detailed information about the salmon population (e.g. density of smolts and/or pre-smolts) in the few rivers where this has been reported. From the spawning target (eggs/m^2) we have estimated the number of eggs necessary to seed the whole river, and the corresponding number of females needed to meet that number. For some large watercourses, we provide calculations of spawning target by considering parts of the watercourse (tributaries) separately. For all rivers, we estimate the number of smolts produced, assuming that the spawning target is met for the whole watercourse and that the mortality rates from eggs to smolts are near average values for Norwegian populations.

The spawning targets for most of the 80 watercourses treated in this report, lie between 2 eggs/m^2 and 4 eggs/m^2. The highest total spawning target is found in the River Tana, where the female spawning biomass should be around 55 000 kg to meet the target for the whole river system. Other watercourses with a high total spawning target are the rivers Gaula, Orkla and Namsen where the female biomass should exceed 18 000 kg per year, and the rivers Numedalslågen and Alta the female biomass should exceed 12 000 kg per year.

We emphasize that the report provides a *first-generation* spawning target for the populations in question. Most of the variables used in the models are subject to measurement and process error, and for most of the rivers, limited knowledge exists about the salmon population. Currently, the two major limitations to setting precise spawning targets are believed to be estimation of productive area (as part of the wetted area) and estimation of the number of spawners from information on catch. We suggest that these limitations are targeted in future work. When due considerations are taken with respect to the limitations of the SR modelling and other

methodology used in this report, we believe that the methods developed here can be used for producing spawning targets for all of Norway's salmon-producing rivers.

Kjetil Hindar, Ola Diserud, Peder Fiske, Torbjørn Forseth, Arne J. Jensen and Ola Ugedal, Norwegian Institute for Nature Research (NINA), N-7485 Trondheim, Norway; Nina Jonsson and Svein-Erik Sloreid, NINA Oslo, Gaustadalléen 21, N-0349 Oslo, Norway; Jo Vegar Arnekleiv, Norwegian University of Science and Technology, Museum of Natural History and Archeology, Department of Natural History, N-7491 Trondheim, Norway; Svein Jakob Saltveit, Freshwater Ecology and Inland Fisheries Laboratory (LFI), Natural History Museum, University of Oslo, PO Box 1172 Blindern, N-0318 Oslo, Norway; Harald Sægrov, Rådgivende Biologer AS, Bredsgården, Bryggen, N-5005 Bergen, Norway; Leif Magnus Sættem, The County Governor of Moere and Romsdal, Fylkeshuset, N-6404 Molde, Norway.

Email: kjetil.hindar@nina.no

Innhold

Sammendrag **3**
Abstract **5**
Forord **8**

1 Innledning **9**

2 Modeller for sammenhengen mellom gytebestand og rekruttering **12**
2.1 Gytebestandsmål fra SR-data 13
2.2 Usikkerhet i SR-modellene 16
2.3 Modell for Alta u/Sautso med beregning av usikkerhet 17

3 Sammenhengen mellom gytebestand og rekruttering i norske laksebestander **20**
3.1 SR-datasett 20
3.1.1 Alta (212.Z) uten Sautso 20
3.1.2 Enningdalselva (001.1Z) 20
3.1.3 Halselva (212.2Z) 21
3.1.4 Imsa (029.2Z) 21
3.1.5 Lærdalselva (073.Z) 21
3.1.6 Orkla (121.Z) oppstrøms Bjørsetdammen 22
3.1.7 Stjørdalselva (124.Z) 22
3.1.8 Stryn (088.Z) 22
3.1.9 Suldalslågen (036.Z) 22
3.2 Sammenlikning av gytebestandsmål mellom elver 23

4 Skala – variasjon i lakseførende areal **25**
4.1 GIS-basert arealberegning 25
4.2 Vandringsstopp 25
4.3 Tørrfall 25
4.4 Innsjøer 25
4.5 Uproduktive arealer på lakseførende strekning 26

5 Variasjon i populasjonsdynamikk/produktivitet **27**
5.1 Fangst og gytebestand 27
5.2 Fangst pr areal 28
5.3 Ungfisktetthet og smoltproduksjon 29
5.4 Overlevelse fra egg til smolt 30
5.5 Overlevelse og vekst i sjøen 31
5.5.1 Overlevelse 31
5.5.2 Vekst 32
5.6 Trender over tid 32

6 Gruppering av gytebestandsmål i norske lakseelver **34**
6.1 Eggtetthet og gytebestand 34
6.2 Smoltproduksjon 36

7 Forslag til gytebestandsmål for 80 lakseelver **37**

8 Diskusjon **51**
8.1 Noen premisser for SR-modellene 51
8.2 Implikasjoner for forskning og forvaltning (andregenerasjons gytebestandsmål) 52

9 Referanser **55**

10 Vedlegg **60**

Forord

Denne rapporten er skrevet på bakgrunn av det NFR-finansierte prosjektet ”Modelling stock-recruitment relationships in Atlantic salmon” og Direktoratet for naturforvaltning (DN) sitt ønske om å knytte dette forskningsarbeidet til utarbeidelsen av gytebestandsmål for viktige laksebestander i Norge.

Prosjektet tar sikte på å øke forståelsen av bestandsforhold hos laks i Norge gjennom modellering av laksebestanders bestand-rekrutteringsforhold (stock-recruitment, SR). Modellene skal munne ut i råd til forvaltningen om hvordan norske laksebestander kan forvaltes med hensyn til bevaring av livskraftige bestander og høsting av et naturlig overskudd.

I denne rapporten beskriver vi en beregning av gytebestandsmål for 80 laksevassdrag i Norge, som enten er angitt som Nasjonale laksevassdrag (NLV) eller også er vurdert som det i to rapporter fra Direktoratet for naturforvaltning.

For ordens skyld gjør vi oppmerksom på at én av forfatterne, LMS, er med på rapporten i kraft av sin erfaring med registrering av gytebestander, og har ikke har vært med på å sette de elvevise gytebestandsmålene for Møre og Romsdal.

Vi takker DN og NFR for finansiering av dette arbeidet, Oddvar Hanssen, Martin-A. Svenning, Eero Niemelä, Jaakko Erkinaro, Panu Orell og ansatte ved fylkesmennenes miljøvernavdelinger som har hjulpet oss med informasjon om de enkelte vassdragene, Morten Halvorsen og Rune Muladal som har gitt kommentarer til gytebestandsmål for nord-norske vassdrag, Bjørn Barlaup som har gitt kommentarer til gytebestandsmål for sør-norske vassdrag, og Bjørn Ove Johnsen som har kommentert hele rapporten. Vi takker også Statkraft som har gitt oss tillatelse til å bruke data fra undersøkelser de finansierer i Altavassdraget.

Trondheim, august 2007

Kjetil Hindar
Prosjektleder

1 Innledning

Den generelle utviklingen av norske laksebestander er kjent fra fangststatistikken, DNs kategorisystem og årlige rapporter om bestandsstatus for laks (http://www.laksereg.no/; Hansen m. fl. 2006). Både nasjonalt og internasjonalt er det et ønske om at dette arbeidet følges opp med setting av biologiske referansepunkter for hver enkelt laksebestand, slik det bl.a. er formulert i retningslinjene til Den internasjonale laksevernorganisasjonen (NASCO) for implementering av "føre-var"-prinsippet i lakseforvaltningen (NASCO 1998). Å bestemme referansepunkter er derfor en viktig utfordring i forvaltningen av laks.

NASCO har definert et slikt referansepunkt i sine retningslinjer for forvaltning av laksefiske – *bevaringsgrensen* (NASCO: conservation limit) – som *"det uønskede gytebestandsnivået hvor rekrutteringen begynner å avta signifikant"*. En "føre-var"-tilnærming i laksefiskeriene (NASCO 1998) innebærer at bestandene opprettholdes over bevaringsgrensen ved bruk av *forvaltningsmål* (management target). Forvaltningsmålet kan defineres som *"det bestandsnivået som forvaltningen sikter mot for å være sikker på at bestanden er over bevaringsgrensen"*. Forvaltningsmålet betegner nivået for den gytebestandsstørrelsen som sikrer bestandens langsiktige levedyktighet (dvs. bevaringsgrensen pluss en sikkerhetsmargin), og kan også kalles *gytebestandsmålet*. Denne rapporten representerer et første forsøk på å sette gytebestandsmål for laksebestander i Norge.

Setting av gytebestandsmål og andre referansepunkter for gytebestanden bygger på en antagelse om at antallet rekrutter (R) i en fiskebestand er avhengig av antall gytefisk (S) – på én eller annen måte. Denne antagelsen er godt dokumentert hos laksefisk generelt, men ikke særlig godt beskrevet for laksebestander i Europa og kun for et fåtall bestander i Norge.

Ideelt sett burde gytebestandsmål vært satt på bakgrunn av SR-modeller for hver enkelt bestand. Publiserte SR-modeller for norske laksebestander fins imidlertid kun for Imsa i Rogaland (Jonsson m. fl. 1998), Lærdalselva i Sogn og Fjordane (Prévost m. fl. 2003) og Orkla i Sør-Trøndelag (Hvidsten m. fl. 2004). For laksebestandene i Hordaland og Sogn og Fjordane er det utarbeidet forslag til elvevise eggtetthetsmål basert på studier av fangst, gytebestand og ungfisktetthet (Skurdal m. fl. 2001).

Vi har i løpet av de siste tre årene studert datasett fra flere vassdrag i ulike deler av Norge der sammenhenger mellom gytebestand og rekruttering kan beregnes. Dette er Enningdalselva i Østfold (Saltveit 2004, 2006), Suldalslågen i Rogaland (Saltveit & Bremnes 2004 og upubliserte data fra S. J. Saltveit og H. Sægrov), Stryneelva i Sogn og Fjordane (upubliserte data fra A. J. Jensen), Stjørdalselva i Nord-Trøndelag (Arnekleiv m. fl. 2000; 2007), og Halselva (upubliserte data fra A. J. Jensen) og Altaelva (Ugedal m. fl. 2006a og upubliserte data fra T. F. Næsje) i Finnmark. Dataene fra disse vassdragene er delvis samlet inn i NINA-prosjekter, og delvis i prosjekter som drives i regi av LFI-Oslo, LFI-Trondheim og Rådgivende Biologer. I denne rapporten bruker vi utledete parametere fra SR-kurvene i hver bestand, eller også ikke-parametriske verdier fra SR-datapunktene, til å beregne gytebestandsmål for hvert av disse vassdragene. Til sammen representerer trolig disse vassdragene mye av spennvidden i de SR-forholdene man kan forvente i norske vassdrag.

Gytebestandsmål for det store flertallet av laksebestandene må bestemmes ut fra begrenset informasjon om den enkelte elv. Dette innebærer overføring av gytebestandsmål fra godt kjente elver til mindre kjente elver via:

- en betraktning av skala (lakseførende areal) og
- en betraktning av bestandens populasjonsdynamikk/produktivitet.

Skala er i denne rapporten vurdert ved å bruke en metode for å beregne areal av lakseførende strekning som er utviklet i to tidligere NINA-rapporter (Erikstad m. fl. 1998; 1999). I denne metoden benyttes digitalt kartverk i N50-serien fra Statens Kartverk, og lakseførende areal bereg-

nes digitalt fra kartfestede topp-punkter for laksens vandring i hoved- og sideelver til hovedelvenes utløp i sjøen.

Bestandens populasjonsdynamikk/produktivitet påvirkes av både fysisk-kjemiske og biologiske faktorer i de ulike vassdragene. Dette kan for eksempel være vannføring, vanntemperatur, vannkjemi, gradient/substrat (skjulmuligheter), eller også mattilgang, intraspesifikk konkurranse, andre fiskearter (konkurrenter og predatorer) og parasitter/patogener. Det er vanlig antatt at noen av disse faktorene virker tetthetsavhengig, og derfor medvirker til å regulere bestanden på en slik måte at overlevelsen (*R/S*) reduseres ved økende gytebestand (Elliott 2001). Det er videre antatt at andre faktorer virker tetthetsuavhengig og derfor ikke virker regulerende på bestanden. For eksempel kan varierende klimaforhold i havet påvirke laksebestanden på en ikke-tetthetsregulerende måte (Jonsson m. fl. 1998). Tetthetsuavhengige faktorer kan imidlertid være viktige for å bestemme produktiviteten i hver enkelt fiskebestand, sammen med de tetthetsavhengige faktorene. Vårt fokus i denne rapporten er først og fremst på informasjon som kan si oss noe om nivået for bestandstetthet (bærekapasitet) i det enkelte vassdraget, og ikke på mekanismer for hvordan bestandene reguleres.. For vårt formål har vi vurdert informasjon fra fangststatistikken, som er tilgjengelig for et stort antall vassdrag, samt registreringer av antall og/eller tetthet av gytefisk og ungfisk, og kunnskap om laksens livshistorie, som er tilgjengelig for et mindre antall vassdrag.

Den enkleste formen for overføring av gytebestandsmål fra data-rike til data-fattige vassdrag, er å anta at målet for eggtetthet er det samme – pr areal – i hvert vassdrag. Dette ble i sin tid brukt til å beregne gytebestandsmål for canadiske laksebestander, basert på antagelsen om at 2,4 egg pr m^2 lakseførende areal var tilstrekkelig for å sikre optimal produksjon av laks i elvene (Elson 1957; Chadwick 1985). Det nødvendige eggantallet ble så oversatt til gytebestandsmål i hvert vassdrag ved å se på gjennomsnittlig fekunditet hos hunnfisken i bestanden. Nyere studier har vist at det også fins elver der det bør legges et betydelig høyere eggantall, for eksempel i Imsa der Jonsson m. fl. (1998) fant at gytebestandsmålet bør ligge over 6 egg pr m^2.

I en analyse av 13 europeiske laksevassdrag antok Prévost m. fl. (2003) at beliggenhet (breddegrad) representerer lett tilgjengelig informasjon om alle vassdrag, som kan brukes til å overføre informasjon om gytebestandsmål fra data-rike til data-fattige laksebestander. Breddegrad er også biologisk relevant, siden det i noen grad er assosiert med produksjonsforhold for ungfisk i laksebestander (Metcalfe & Thorpe 1990). I en bayesiansk analyse av SR-sammenhenger fra egg til egg, formulert som antall egg i gytebestanden (S) til antall egg i den ufiskede bestanden (R), dvs i laksen som er på vei tilbake til elva fra oppvekstområdene i havet (PFA, 'pre fishery abundance'), fant de et gytebestandsmål i europeiske elver mellom 43 og 64 ^oN som økte lineært med breddegrad.

For norske laksebestander er analysen til Prévost m. fl. (2003) for grovkornet, siden antagelser om SR-forhold på våre breddegrader i stor grad blir bestemt av data fra én norsk elv (Lærdalselva på 61 ^oN) og én islandsk elv (Ellidaár på 64 ^oN). Vi har i denne rapporten i stedet forsøkt å dele inn laksebestander i ulike grupper av gytebestandsmål uttrykt som eggtetthet: mindre enn 1,5 egg/m^2, 1,5-3 egg/m^2, 3-5 egg/m^2 og mer enn 5 egg/m^2. Vi finner belegg for en slik tilnærming gjennom en detaljert analyse av ni laksebestander fra ulike deler av Norge, og bruker disse bestandene som én av flere ulike "modell-bestander" som de andre bestandene vi har vurdert, kan likne på.

Vi har utarbeidet gytebestandsmål for til sammen 80 viktige laksevassdrag i Norge. Dette er vassdrag som er beskrevet i DN-publikasjonene "Nasjonale laksefjorder og laksevassdrag. Grunnlagsmateriale for departementenes arbeid" (NLV og NLF 2001) og "Nasjonale laksevassdrag og laksefjorder. Ferdigstilling av ordningen" (DN 2004a). Opprettelsen av nasjonale laksevassdrag og nasjonale laksefjorder ble i sin tid foreslått av Villaksutvalget (NOU 1999) som et strategisk, overordnet tiltak for å beskytte villaksen i Norge. 52 laksevassdrag er nå omfattet av ordningen (St.prp. 32, 2006-2007).

Basert på beregnet eggdeponering ut fra gytebestandsmålet i de 80 laksevassdragene vi har behandlet, har vi gjort et overslag over smoltproduksjonen i de samme vassdragene. Videre har vi kommentert forskjeller mellom nåværende og historisk nivå for gytebestandsmål og smoltproduksjon i vassdrag med dokumenterte, menneskelige inngrep.

Det må understrekes at vi i denne rapporten har utarbeidet et *førstegenerasjons* gytebestandsmål. I fortsettelsen av dette arbeidet vil vi bedre presisjonen i gytebestandsmålene basert på tilbakemelding fra forskning og forvaltning, samt inkorporering av ytterligere informasjon om de enkelte vassdragene og deres laksebestander.

2 Modeller for sammenhengen mellom gytebestand og rekruttering

Ideelt sett kan et gytebestandsmål kun bestemmes ut fra etablerte bestandsrekrutteringskurver (SR-kurver) som beskriver sammenhengen mellom antall rekrutter (Recruits) i populasjonen og størrelsen til foreldregenerasjonen (Stock). Bestanden måles vanligvis som antall, tetthet eller biomasse av gytefisk eller den eggproduksjonen gytefisken kan gi opphav til. Egg bør være grunnleggende her, fordi det er lettere overførbart mellom vassdrag. Rekruttene kan måles i antall, tetthet eller biomasse som overlever fram til en definert alder eller livshistoriestadium (yngel, smolt, fisk av høstbar størrelse eller antall gytefisk i neste generasjon).

De vanligste modeller for SR-sammenhenger behandler data på S og R som uavhengige observasjoner. Data for forskjellige kohorter (årganger) kan være avhengige ved at de er påvirket av de samme miljøforholdene (temperatur og lignende), eller ved samspill mellom kohorter (for eksempel konkurranse). SR sammenhengen, beskrevet ved modell og dennes parametere, vil videre være karakterisert av usikkerhet. Målefeil vil påvirke både S og R. Vi har kun observert noen få av de mulige nivåene for S, og sammenhengen mellom S og R er stokastisk. SR modellene er også kun en liten del av den fulle populasjonsdynamiske modellen for laks. En full modell må inkludere et stokastisk miljøledd og stokastiske aldersstrukturerte overlevelsesrater (Lande m. fl. 2003). Det finnes foreløpig ingen teori som kobler parametere fra SR-modeller (optimalt antall gytefisk osv.) med spesifikke referansepunkter (for eksempel ”conservation limits”) som sikrer langsiktig levedyktighet for hver populasjon (Hutchings 2001).

Det er utviklet flere ulike typer av bestands-rekrutteringsmodeller for fiskepopulasjoner (Elliott 1994), og modellene skiller seg hovedsakelig ved formen på tetthetsreguleringen. De viktigste SR-modellene er:

- Ricker (1954) modellen: $R = aS^{-bS}$, som gir en kuppelformet SR-kurve.
- Beverton-Holt (1957) modellen: $R = aS/(1+bS)$, som gir en asymptotisk kurve.
- Cushing (1971) modellen: $R = aS^{1-\beta}$, som gir en kurve som stiger mot uendelig.
- Shepherd (1982) modellen: $R = aS/\left(1+(bS)^{\beta}\right)$, som for
    - o $\beta > 1$ gir en Ricker-formet kurve,
    - o $\beta = 1$ gir en Beverton-Holt-formet kurve og
    - o $\beta < 1$ gir en Cushing-formet kurve.

Shepherd-modellen er mest generell og fleksibel, i og med at den tredje parameteren (β) estimeres fra data slik at formen på tetthetsreguleringen ikke må antas kjent. Vi velger derfor å benytte den i vår videre analyse, men man må være klar over hvor sensitiv en evt. nedbøyning av modellen er til de (få) observasjonene med høye S-verdier. Konklusjoner mht. SR-sammenhenger for høye S-tettheter må derfor foretas med forsiktighet.

En annen modell som har blitt brukt er den såkalte Hockey-Stick modellen (Barrowman m. fl. 2000). Forfatterne var bekymret over at de eksisterende SR-modellene ga urealistisk høye overlevelsesrater (*R/S*) for lave *S* (når vi lar *S* gå mot 0). Dette kan ha stor betydning for forvaltningen av kritisk tynne bestander, eller i en sårbarhetsanalyse, siden modellene presentert over ofte predikerer en urealistisk høy overlevelse når S går mot 0. For mange elver har vi få observasjoner av svært lave *S*-verdier, slik at en uansett må være forsiktig med å bruke modellen i dette intervallet. Barrowman m. fl. (2000) foreslo derfor en enkel, stykkvis lineær, modell som ikke har denne effekten, men heller har en konstant (tetthetsuavhengig) dødelighet for lave S. For arter hvor ungfisken er territoriell vil dødeligheten være lite tetthetsavhengig så lenge det er nok territorier tilgjengelig (proporsjonal dødelighet; påvirkes av miljø). Dødeligheten øker så (tetthetsavhengig) når habitatet er fullt og tetthetsreguleringen slår inn, noe som vil

gi en utflating av SR-kurven. Vi ender dermed opp med en Hockey-Stick modell (HS) hvor bladet på kølla er den lineært stigende tetthetsuavhengige fasen, og skaftet er den tetthetsavhengige fasen hvor vi ikke får en økning i R uansett hvor mye S økes. Barrowman m. fl. påstår også at de eksisterende tre-parameter SR-modellene (inkludert Shepherd) er utilstrekkelige for å løse disse problemene siden de for visse parameterverdier gir usannsynlige modeller for enten $S \to 0$ eller $S \to \infty$. Uansett hvilken modell man velger å benytte, må det utvises forsiktighet ved svært lave eller høye tettheter siden det da sannsynligvis er andre faktorer som påvirker overlevelsesraten enn under 'normale forhold'.

Disse problemene kan altså forsøksvis unngås ved å bruke den stykkevis lineære hockey-stick modellen.

$$R = \alpha \min(S, S^*) = \begin{cases} \alpha S, S < S^* \\ \alpha S^*, S > S^* \end{cases}$$

hvor α er stigningstallet for lave S, og S^* er asymptoten. Dessverre har HS-modellen noen uønskede egenskaper, spesielt estimeringen av knekkpunktet som kan være svært upresis. Derfor introduseres en generalisering av HS-modellen; Logistisk HS (LHS), som tillater en glattet overgang mellom tetthetsuavhengig og tetthetsavhengig dødelighet. Denne glattingen impliserer at den tetthetsavhengige dødeligheten kan begynne å virke en stund før vi når bærekapasiteten (asymptoten). LHS-modellen inkluderer en glattingsparameter θ, og har HS som det ene grensetilfellet og oppfører seg som en Beverton-Holt modell i det andre grensetilfellet:

$$R = \alpha\theta\mu\left(1 + e^{-1/\theta}\right)\left(\frac{S}{\theta\mu} - \log\left(\frac{1 + e^{(S-\mu)/(\theta\mu)}}{1 + e^{-1/\theta}}\right)\right)$$

LHS-funksjonen kan se komplisert ut, men er lett å tilpasse SR-data. Glattingsparameteren θ velges *a priori* og vi setter den her til 0,2 (Barrowman m. fl. 2000).

Vi kommer i den videre analysen til å presentere begge modellene; i de tilfellene hvor de gir relativt like svar er vi dermed sikrere på at vi trekker en riktig konklusjon, og så får det være en varselsbjelle hvis de to modellene gir altfor forskjellige svar.

For mange av datasettene er det vanskelig å få modelltilpasningen til å konvergere, dvs. finne de parameterverdiene som gir best tilpasning. Avhengig av startverdiene vi bruker i algoritmen, kan vi få ganske forskjellige svar. Derfor er det påkrevd med en skikkelig modellvalidering, først ved en visuell inspeksjon av modellen, dernest en evaluering av et eller flere modellkriteria. Det vanligste kriteriet er r^2, dvs. hvor mye av variasjonen i rekrutteringen forklares ved modellene. Merk at en r^2 nær 0 ikke nødvendigvis betyr at modellen skal forkastes, det kan også bety at bestanden stort sett har nok gytere slik at en evt. variasjon i eggtetthet ikke reflekteres i rekrutteringen.

2.1 Gytebestandsmål fra SR-data

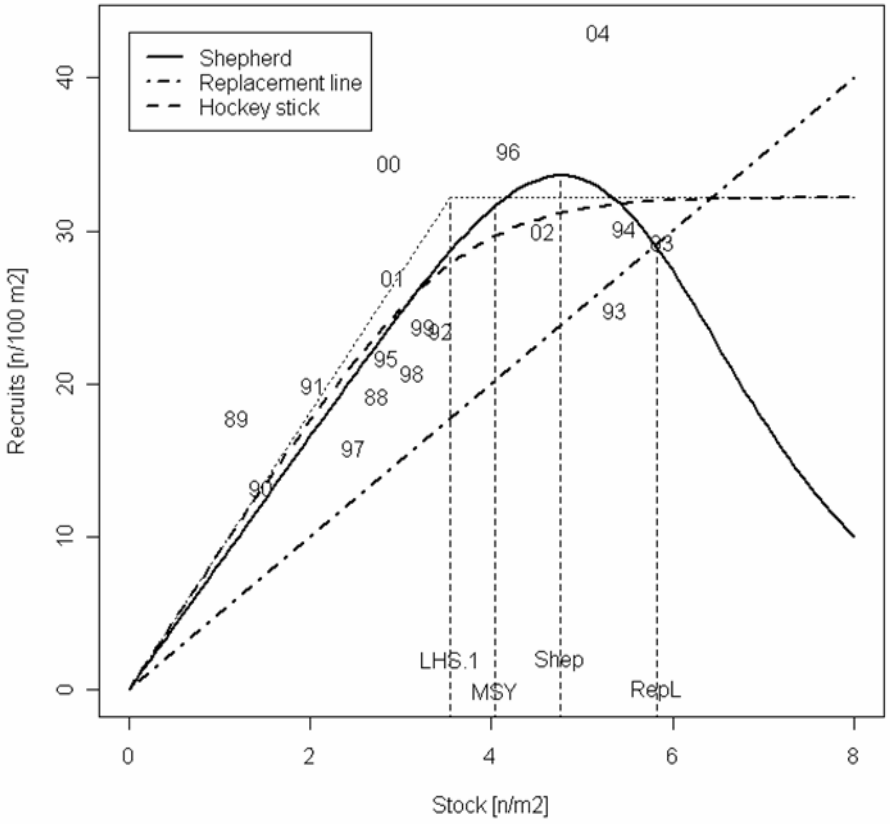
Vi presenterer her noen utvalgte gytebestandsmål som baseres på SR-data (Prévost & Chaput 2001). En av hovedgrunnene for å gjennomføre SR-analysene har helt fra starten av vært å finne fornuftige forvaltningsmål for norske laksebestander. Men det finnes svært mange forskjellige mål, dels etter hvilken informasjon man har tilgjengelig, men også etter hva man er ute etter å optimalisere. Noen referansepunkter fungerer som en nedre, kritisk grense (bevaringsgrense/conservation limit), andre mål angir en forventet, midlere verdi, mens andre igjen er tenkt å reflektere en maksimal rekruttering eller maksimal bærekraftig fangst.

Først presenteres noen parametriske mål, dvs. mål utledet fra en SR-modell. Alle de parametriske målene er illustrert i **figur 1**. 'Replacement line' (likevektslinjen) angir 1-1 forholdet, dvs. når ett egg gir ett egg i neste generasjon, men for å kunne beregne denne trenger vi data fra

hele livssyklusen. For de fleste av våre modellerte elver har vi ikke nok informasjon til å kunne legge inn en likevektslinje.

- ***Shep*:** Toppunktet for Shepherd-kurven, dvs. maksimal rekruttering. Hvis vi ikke oppnår noe toppunkt innenfor vårt intervall av observerte S-verdier, oppgis max(S) som en nedre grense for gytebestandsmålet.
- ***LHS*:** Knekkpunktet for LHS-modellen, (eller max(S) hvis utflatningsnivået ikke er nådd).
- ***RepL***: Likevektstilstanden for en ikke-høstet bestand. Dette punktet representerer derfor en S-verdi høyere enn den som vanligvis observeres for høstede bestander.
- ***MSY***: (Maximum Sustainable Yield). Det maksimale, bærekraftige utbyttet fra bestanden kan være et attraktivt mål siden det har en klar forvaltningsmessig betydning. Dette målet må brukes med forsiktighet hvis vi har stor estimeringsusikkerhet, siden vi da kan risikerer å høste bestanden for langt ned i svake år. ***MSY*** vil alltid være lavere enn både ***Shep*** og ***RepL***.

Det er vanlig å presentere prosentandeler av målene over, etter hvor stor risiko en er villig til å akseptere. En annen tilnærming kan være å se på gradienten til Shepherd-kurven og sette gytebestandsmålet der 'hvor rekrutteringen begynner å avta signifikant'. Problemet blir da å avgjøre hva som er 'biologisk signifikant'.

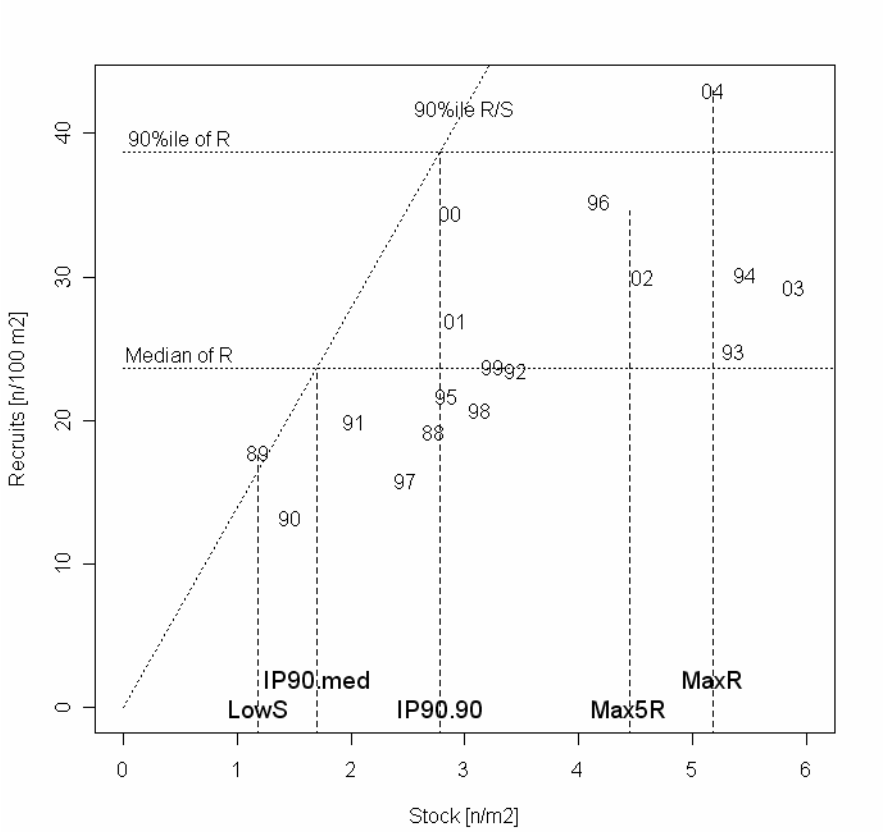


Figur 1. *Gytebestandsmål utledet fra Shepherd-modellen (hel linje), LHS-modellen (stiplet linje) og likevektslinja. Hvert datapunkt (angitt med tall for klekkeår) representerer beregnete verdier for eggdeponering (Stock) og ungfisktetthet (Recruits) i nedre deler av Altaelva (Ugedal m. fl. 2006a; T. F. Næsje, pers. medd.). NB: Likevektslinja er i denne figuren ikke reell, men bare lagt inn som en illustrasjon.*

Et alternativ til gytebestandsmål basert på en SR-modell er ikke-parametriske mål (**figur 2**). Ikke-parametriske mål utledes direkte fra observasjonene, og er dermed ikke avhengig av at vi

tilpasser en SR-modell til "skrøpelige" data. De ikke-parametriske målene er mer intuitive og vi trenger ikke akseptere antagelser om type tetthetsregulering, fordeling osv., men de vil samtidig kunne være svært sårbare for avvikende enkeltobservasjoner. De vil heller ikke kunne dra nytte av biologisk kunnskap om SR-sammenhengen som implisitt ligger i modellene, slik som tetthetsavhengig dødelighet.

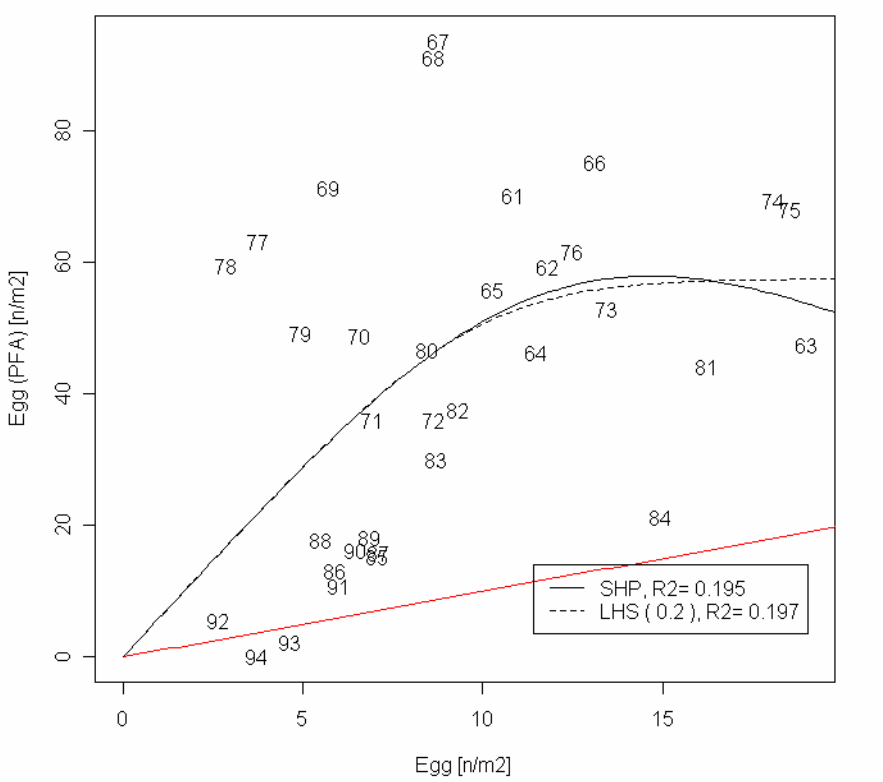
- ***MaxR*:** S-verdi for den maksimale R-verdien. Svært følsomt mål som avhenger av kun en observasjon.
- ***Max5R*:** Et forsøk på å gjøre *MaxR* mer robust ved å beregne gjennomsnittlig S-verdi for de 5 største R-verdiene.
- **IP90.90:** (IP: **I**kke**P**arametrisk) Skjæringspunktet mellom 90-persentilen for overlevelsesratene R/S og 90-persentilen for R.
- **IP90.med:** Skjæringspunktet mellom 90-persentilen for overlevelsesratene R/S og medianen for R.
- **LowS:** Minste S-verdi, dvs. minste observerte S-verdi i naturlig tilstand. Kan tolkes som en nedre, kritisk grense.



Figur 2. *Ikke-parametriske gytebestandsmål, anvendt på samme datasett som i figur 1.*

Siden vi stort sett har sett på SR-relasjoner der ulike stadier av ungfisk er brukt som rekrutter (R) er det ikke mulig å sammenlikne disse gytebestandsmålene direkte med mål for optimal høsting (Maximum sustainable yield; ***MSY***). En slik mulighet har vi i Lærdalselva, der SR-sammenhengen bl.a. er beregnet fra egg til egg (R som pre fishery abundance). **Figur 3** viser en SR-modell med relativt lav forklaringsgrad (r^2). Man må da være klar over at det har skjedd flere reguleringer i elva, og at det er klare tidstrender i perioden, som vil påvirke SR-sammenhengen. Fra et slikt datasett finner vi neppe en bedre sammenheng, noe som støttes ved at Shepherd og LHS-modellene er svært like. En tydeligere sammenheng kan finnes ved å dele opp tidsserien i perioder med relativt like betingelser, noe som er gjort i analysen for å fastsette gytebestandsmål. Modellen i **figur 3** er tenkt som en illustrasjon på hvordan *MSY* kan

ligge i forhold til de andre gytebestandsmålene. Likevektspunktet (*RepL*) er her så høyt som 31,2 egg/m^2, toppunktet på Shepherd-kurven (*Shep*) er på 14,6 egg/m^2 mens *MSY* ligger like under på 13,0 egg/m^2.



Figur 3. *SR-modell for Lærdalselva for klekkeårene 1961 til 1994 (Rosseland 1979, Sættem 1995 og upublisert, Prévost m. fl. 2003). Heltrukken svart linje er Shepherd-kurven, stiplet svart linje er LHS-kurven, mens den røde linja er likevektslinja.*

2.2 Usikkerhet i SR-modellene

Hvordan kan disse parametriske og ikke-parametriske referansepunktene brukes til å velge fornuftige gytebestandsmål? Én metode kan være å gjøre en analyse av hvor sårbare de forskjellige gytebestandsmålene er overfor tilfeldig variasjon i observasjonene i SR-datasettet. Det er to hovedkilder til usikkerhet i SR-modellene; måleusikkerhet og prosess-variasjon ("modellusikkerhet"). Vi ser kun på det siste bidraget i denne omgang.

For å kunne konstruere en dynamisk og stokastisk populasjonsmodell for laks, må et stokastisk miljøledd inkluderes i SR-modellen. For Ricker-modellen gjøres dette vanligvis på følgende måte:

$$R = aSe^{-bS+\varepsilon}$$

hvor ε uttrykker støyleddet (miljøvariansen) og er en standardisert variabel med forventning 0 og varians σ^2. Når vi skal inkludere et stokastisk miljøledd i Shepherd-modellen kan det gjøres på følgende vis:

$$R = \frac{aS}{\left(1+be^{\beta S}\right)}e^{\varepsilon}$$

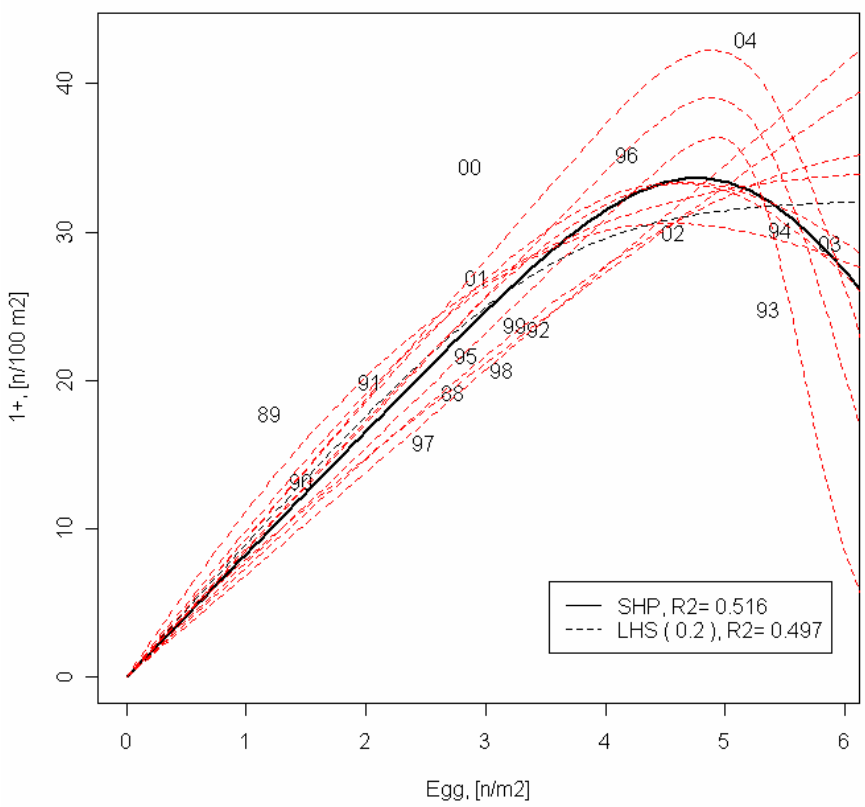
Denne formuleringen innebærer at R er lognormalfordelt, dvs. log(R) vil ha et additivt normalfordelt støyledd med forventning 0 og varians σ^2; $\ln(R) = \ln(S) + \ln(a) - \ln\left(1 + be^{\beta S}\right) + \varepsilon$

Leddet ε kan forklares ved at residualene, dvs. avvikene fra modellen, skyldes varierende miljøbetingelser mellom år. Variansen σ^2 estimeres fra residualene, og brukes til å simulere nye SR-datasett som forteller oss noe om presisjonen i parametere og gytebestandsmål. Simuleringen foretas for hver S-verdi ved å trekke nye R-verdier fra en lognormalfordeling med forventning gitt fra den opprinnelige Shepherd-modellen og varians lik den estimerte σ^2. For dette simulerte SR-datasettet tilpasses så nye modeller, og gytebestandsmål beregnes. Simuleringen repeteres 1000 ganger slik at vi til slutt får estimert et konfidensintervall for alle parametere og gytebestandsmål.

2.3 Modell for Alta u/Sautso med beregning av usikkerhet

Presentasjonen av de generelle betraktningene av SR-modeller og ulike typer biologiske referansepunkter fra denne, er gitt med datapunkter fra Altaelva i Figur 1 og Figur 2. Vi anvender her de samme datapunktene for å illustrere hvordan usikkerheten i SR-modellene kan beregnes. En nærmere presentasjon av type data og resultater fra Altaelva er gitt i kapittel 3.1.1.

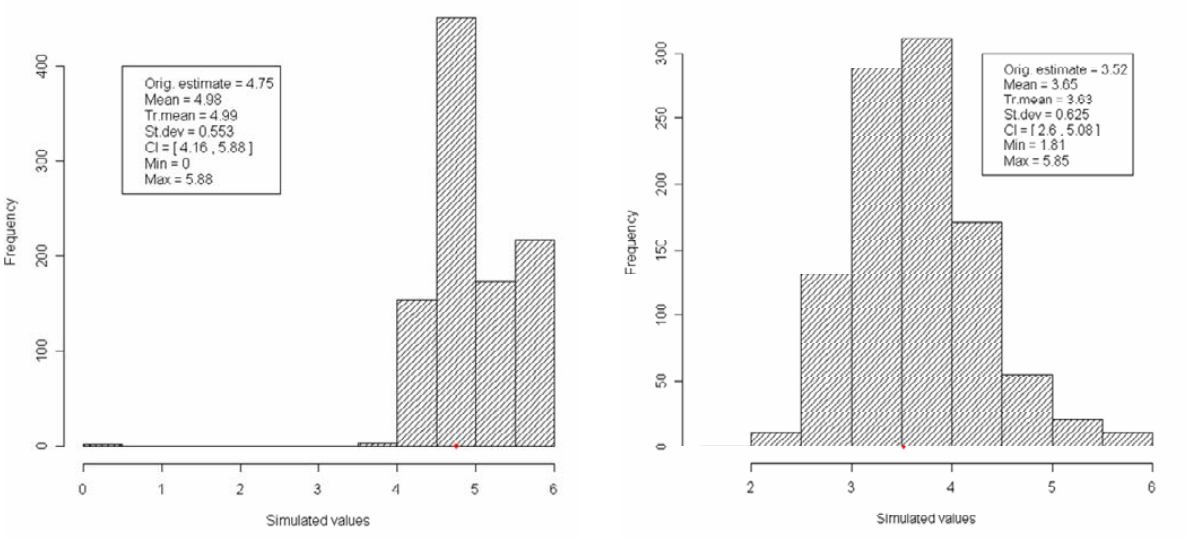
Hvis vi simulerer 10 nye SR-datasett og tilpasser nye modeller til de simulerte datasettene, kan vi få resultat som illustrert i **figur 4**. Her er de røde, stiplede linjene modellene tilpasset de simulerte SR-datasettene, mens den heltrukne svarte linja er modellen tilpasset de opprinnelige dataene.



Figur 4. *SR-modeller for opprinnelige data (hel, svart linje) og simulerte data (røde, stiplede linjer) for nedre deler av Altaelva for perioden etter reguleringen.*

For å få gode usikkerhetsestimat trenger vi minst 1000 simulerte SR-datasett. Figurene 5 og 6 presenterer histogram over hhv. de parametriske og ikke-parametriske gytebestandsmålene. I den innfelte boksen i hvert histogram presenteres originalverdien, gjennomsnittsverdien for alle simuleringene, et trimmet gjennomsnitt (kuttet de 2,5 % laveste og høyeste verdiene for å fjerne effekten av noen få ekstreme observasjoner), standardavviket, 95 % konfidensintervallet (CI), samt minimums- og maksimumsverdien.

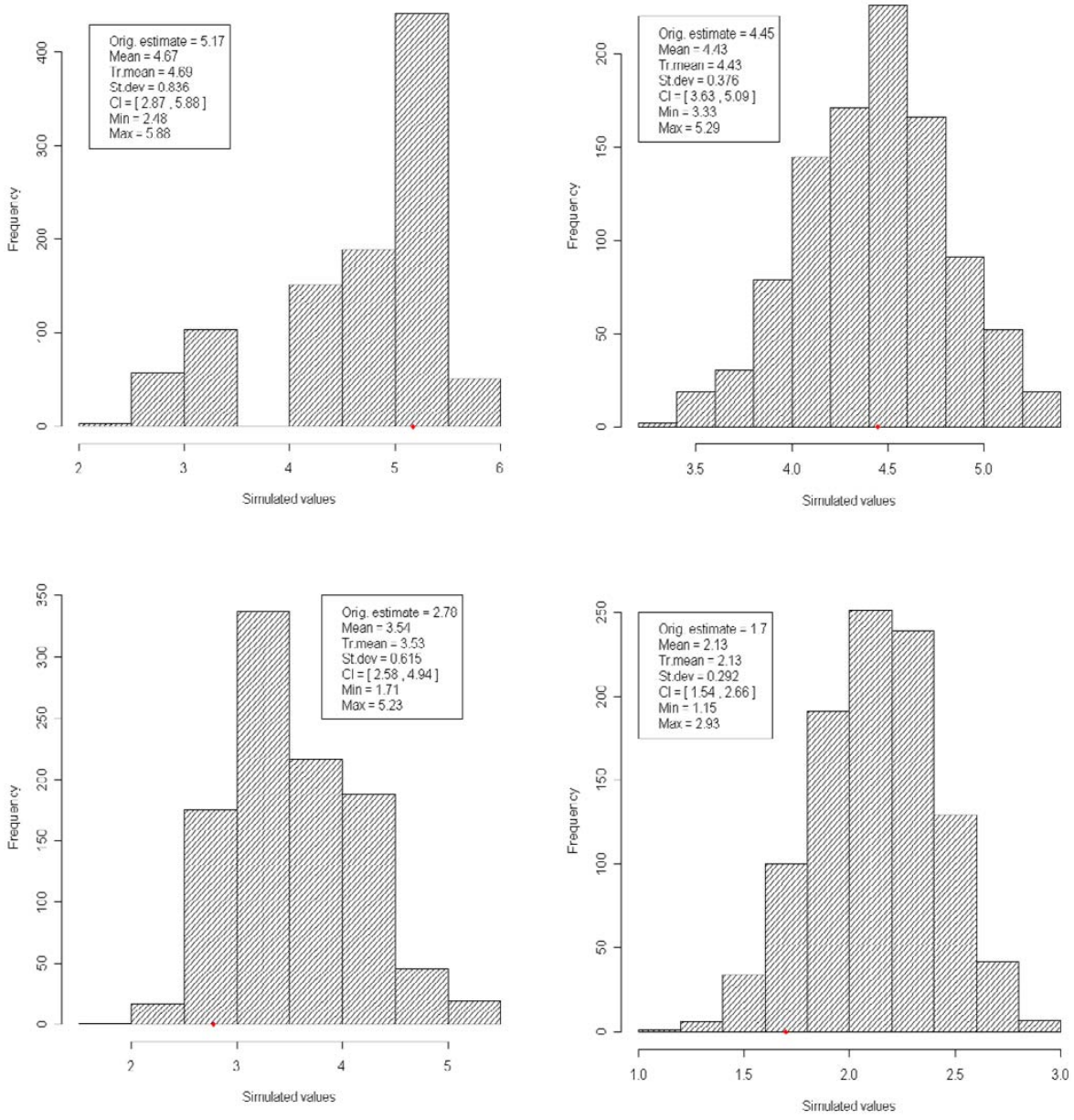
For gytebestandsmålet fra Shepherdmodellen (**figur 5**, venstre panel) ser vi at vi får ett simulert datasett som gir GBM lik 0; her har vi sannsynligvis fått noen store, positive avvik (høye R-verdier) for de lave S-verdiene, og negative avvik for de høyere S-verdiene, noe som til sammen gir en negativ sammenheng mellom S og R. Utenom denne ene simuleringen ser det ut som om *Shep* har en relativt lav usikkerhet, med konfidensintervall mellom 4,2 og 5,9 egg/m^2 (som er største, observerte S-verdi). Gytebestandsmålet fra LHS-modellen (**figur 5**, høyre panel) har et bredere konfidensintervall; fra 2,6 til 5,1 egg/m^2.



Figur 5. *Histogram over de parametriske gytebestandsmålene (*Shep*, venstre panel, og* LHS*, høyre panel) for de simulerte SR-datasettene. Rød prikk angir originalverdien (se teksten).*

For de ikke-parametriske gytebestandsmålene (**figur 6**) har *Max5R* (øvre, høyre panel) de absolutt beste egenskapene (smalest konfidensintervall), med verdier mellom 3,6 og 5,1 egg/m^2. Dette er som forventet i og med at de andre ikke-parametriske gytebestandsmålene er mer sårbare for ekstreme enkeltobservasjoner.

I neste kapittel har vi sammenliknet et utvalg av parametriske og ikke-parametriske mål for SR-datasett fra utvalgte elver i Norge.



Figur 6. *Histogram over de ikke-parametriske gytebestandsmålene (*maxR*, øvre høyre panel;* max5R*, øvre venstre panel;* IP1*, nedre høyre panel;* IP2*, nedre venstre panel) for de simulerte SR-datasettene. Rød prikk angir originalverdien (se teksten).*

3 Sammenhengen mellom gytebestand og rekruttering i norske laksebestander

Nedenfor presenterer vi en summarisk oversikt over SR-sammenhenger fra ni lakseelver i Norge. De fleste datasettene representerer gytebestand (S) som en beregning av eggantall pr m^2 vanndekt areal i elva, og rekrutter (R) som tetthet av ungfisk i en definert aldersgruppe, eller som smolt. Rekruttene er i alle tilfeller tilbakeberegnet til klekkeår.

I noen datasett er gytebestanden beregnet direkte ved telling under svømming i elvevatnet eller ved observasjon fra elvebredden, eller også ved registrering i fangstfeller. I andre elver er gytebestandens størrelse ikke kjent, og det er antatt et konstant forhold mellom årlig fangst og gytebestand (vanligvis 50 % fangstandel). Der ikke annet er angitt, har vi beregnet eggtetthet ut fra antall kg hunnfisk i gytebestanden og en fekunditet på 1450 egg/kg hunnfisk (altså en lineær sammenheng mellom fekunditet og kroppsvekt). Denne sammenhengen er dekkende for publiserte beregninger av fekunditet i norske laksebestander (Sættem 1995, Jonsson m. fl. 1998, Hvidsten m. fl. 2004), og ligger innenfor vanlige observasjoner fra andre deler av laksens utbredelsesområde (Klemetsen m. fl. 2003).

Areal av lakseførende strekning er beregnet ved GIS-baserte målinger på digitalt kartverk (Erikstad m. fl. 1999), og samme metode ble brukt på alle 80 elver i denne rapporten.

3.1 SR-datasett

3.1.1 Alta (212.Z) uten Sautso

SR-datasettet fra Altaelva er innhentet i perioden etter reguleringen, dvs. fra og med klekkeår 1988 (Ugedal m. fl. 2006a og T. F. Næsje, upublisert). Totalt er det 17 datapunkter. Vi tar ikke med Sautso-delen av elva, som ligger øverst på lakseførende strekning, siden denne har vært mer påvirket av reguleringen enn de nedre delene.

Stock = eggtetthet [#/m^2] fra fangst med antatt 50 % fangstandel og 1880 egg / kg hunnfisk (Næsje m. fl. 1998). Fangster f.o.m. gyteår 1997 er korrigert for "fang og slipp". Det er ikke korrigert for at Sautso-laks er inkludert i fangstene nedenfor.

Rec = 1+ tetthet [#/100 m^2]. Det er elfisket på fire stasjoner. F.o.m. elfisket i år 1998 er det registrert tetthet av aldersbestemte fangster, før dette er det antatt en andel på 48% 1+'er i totalfangsten. 0+ tettheter er ikke registrert.

Areal = I følge digitalt kartverk er arealet av Altaelva uten Sautso, og uten tørrfall, på 3.939.091 m^2.

3.1.2 Enningdalselva (001.1Z)

Data fra Enningdalselva er hentet fra Saltveit (2004, 2006). Det er elfisket 12 stasjoner i årene 1997 og 1999-2005. Ungfisken ble inndelt i 0+ og 1+ etter lengdefrekvens-kurver. Totalt er det 6 datapunkter. (Vi ser bort fra observasjonsårene 2001 og 2004 siden disse gir svært usikre estimat av ungfisktetthet.)

Stock = Gytebestanden er beregnet fra fangststatistikk fra 1993 (antatt 50 % fangstandel). Alders- og kjønnsfordeling er brukt til å beregne eggtettheter. Det er ikke korrigert for at enkelte laks fanget i Norge, skal gyte på svensk side av grensen.

Rec = 1+ tettheter.

Areal= I følge Saltveit er det 45.000 m^2 på norsk side som er egnet for lakseproduksjon (begrenset av konkurranse, predasjon fra gjedde/abbor og lite gunstige oppvekstområder, og målt på lav vannføring). Fiskeriverket (1999) oppgir 17.000 m^2 på svensk side. Totalt blir dette 62.000 m^2.

GIS-baserte målinger gir et elveareal fra digitalt kartverk på 328.000 m^2. Vi presenterer resultater for begge disse arealene for å illustrere hvor stor effekten av "produktivt areal" vs. "GIS-basert areal" kan være på gytebestandsmålet. Formen på SR-kurven forblir den samme, men skalaen på x-aksen, og dermed verdien for gytebestandsnivået, blir reskalert.

3.1.3 Halselva (212.2Z)

I Halselva har det vært en fiskefelle fra 1987 som registrerer opp- og nedvandrende fisk. Data fra Jensen (2004) og A. J. Jensen (upublisert). Totalt 12 datapunkter.

Stock = Registrert antall laks i oppgangsfella med både kjønn og størrelse.

Rec= Halselva har en smoltfelle som registrerer all smolten som går ut. Gjennomsnittlig smoltproduksjon = 3,95 smolt/100 m^2. Den utvandrende smolten er tilbakefordelt til klekkeår 1983 – 99. 1999 mangler 5-års smolten som kan utgjøre ca 30 %.

Areal = Vi vil også her presentere to forskjellige arealer: Hele den teoretiske lakseførende strekningen og produktivt areal kun regnet som utløpselva fra Storvatnet.

Areal GIS (*AGIS*): 154,1 hektar, hvorav 26,175 hektar = 261.750 m^2 er elv. Har også brukt areal (*AProd*) på 27.000 m^2 nedenfor innsjø (Storvatnet) på moderat høstvannføring (A. J. Jensen, pers. obs.). Siden både gytefisk og smolt er absolutte tellinger vil både x- og y-aksen bli skalert av arealet, så valg av areal vil uansett finne den samme formen på SR-kurven.

3.1.4 Imsa (029.2Z)

I Imsa har det vært en fiskefelle i operasjon siden 1975. Vi bruker her publiserte data på eggdeponering og smoltutvandring basert på Jonsson m. fl. (1998). Eneste justering, er at vi i stedet for det publiserte arealet (10.000 m^2), har vi brukt våre beregninger fra digitalt kartverk på 9410 m^2. Totalt antall datapunkter er 15.

3.1.5 Lærdalselva (073.Z)

For Lærdalselva bruker vi data for telling av gytebestand (Sættem 1995; L. M. Sættem, upublisert) og beregning av ungfisk-tettheter (Saltveit 1986; Johnsen & Jensen 1997; Gabrielsen m. fl. 2004). Vi har også gjennomført en SR-analyse fra egg (gytebestand) til egg (pre fishery abundance) etter mønster av Prévost m. fl. (2003).

Det fins en svært lang tidsserie for Lærdal, men vi ser bort fra årene før 1975, siden de er fra før første regulering, og dermed beskriver SR-sammenhengen i en "annen" elv. Andre regulering ble gjennomført i 1988, noe som igjen påvirket elva, men etter 1988 har vi få gode data (*Gyrodactylus salaris* registrert i 1996), så vi velger å se på Lærdal i perioden 1975 – 1988. Antall datapunkter er 14 for egg til PFA og 10 for egg til ungfisk.

Areal = Nedenfor Sjurhaugfoss er elvearealet beregnet digitalt til 1.118.600 m^2 (Sættem beregnet et vanndekt areal på 704.000 m^2 i gytetiden om høsten). Vi ser bort fra arealet ovenfor Sjurhaugfoss, der en har registrert svært få gytefisk.

Stock = Gytefisktellinger.

Rec = Vi ser først på egg til egg (PFA). Antall egg hos rekruttene er beregnet vha. andelen elvefangst mot total fangst for hvert år (Prévost m. fl. 2003), og tilbakeføres til gyteår vha aldersfordeling. Vi modellerer også egg til 0+ for å vurdere tetthetsregulering i den første fasen.

3.1.6 Orkla (121.Z) oppstrøms Bjørsetdammen

For Orkla oppstrøms Bjørsetdammen bruker vi publiserte data fra Hvidsten m. fl. (2004). I Orkla fins det egne beregninger av fekunditet på 1462 egg/kg hunnfisk. Totalt antall datapunkter er 17.

Stock = (Telling av oppvandrende fisk)*(andel laks) – fangst

Rec = Smoltproduksjon beregnet ved merking-gjenfangst-forsøk f.o.m. 1983. Tetthetene er korrigert for varierende vannføring, fosfornivå og smoltalder.

Areal = GIS-måling gir 3.050.000 m^2 for arealet oppstrøms Bjørsetdammen.

3.1.7 Stjørdalselva (124.Z)

I Stjørdalselva er det gjort beregninger av smoltutvandring fra områdene oppstrøms Sona siden 1992 (Arnekleiv m. fl. 2000; 2007). SR-modellen fra egg til smolt har imidlertid stor usikkerhet, og vi har isteden sett på sammenhengen med tettheten av 1+ som rekrutter. Antall datapunkter er 16.

Areal = GIS-beregning av områdene oppstrøms Sona (Flora, Meråker og Sona) gir 1.713.200 m^2.

Stock = Samlet fangst i Flora, Meråker og Sona for årene 1974 – 2006. Det antas 50 % fangstandel og en fekunditet på 1450 egg/kg.

Rec = 1+ tettheter fra tre stasjoner.

3.1.8 Stryn (088.Z)

Data fra Jensen (2004, kapittel 5 Strynselva), og fra A. J. Jensen (upublisert). Antall datapunkter er 17.

Stock = Gytebestandsestimatet er basert på fangststatistikk samt gytefisktellinger i enkelte år (1990, 2000, 2002, 2003 fra Sættem 1995 og L. M. Sættem, upublisert).

Rec = Presmolt-tetthet (fisk over 105 mm kroppslengde) er beregnet fra data på elektrofiske om våren. Vi har justert tetthetene for enkelte årsklasser der noe informasjon mangler.

Areal = GIS-basert beregning av elveareal = 78,3 hektar = 783.000 m^2. Strynevatnet er utelatt, siden dette ikke er kjent for å produsere laksunger.

3.1.9 Suldalslågen (036.Z)

Data fra Saltveit & Bremnes (2004) og S. J. Saltveit og H. Sægrov (upublisert).

Stock = Eggtettheter er utledet fra fangstdata (50 % fangstandel). Det fins også dykkerobservasjoner (drivtellinger) av gytefisk og tellinger fra fisketrapp. Disse avviker til dels mye fra fangststatistikken. Vi baserer oss her på fangststatistikken siden de andre tidsseriene er mye kortere.

Rec = Vi presenterer her to SR-relasjoner. Først egg til 0+, som gir en god modell for tetthetsreguleringen i den første fasen; dernest egg til presmolt om høsten (basert på elfiske-data) som er den lengste tidsserien for seinere livsstadier i elv. Modellen for egg til smolt, basert på smoltfelleestimat, ga en dårlig modell.

Andre vassdragsutbygging i Suldalslågen ble utført i 1980. Årene 1980-86 og 1989 hadde hurtige reduksjoner i vannføring (stranding) og utsettinger. For å få en tidsperiode som er representativ for de nåværende forholdene i elva ser vi kun på perioden fra og med 1990. Antall datapunkter er 11.

Areal = GIS-baserte beregninger gir et elveareal på 168 hektar = 1.680.000 m^2.
På lav vannføring i gyteperioden er arealet beregnet til 1.091.000 m^2 (etter Magnell m. fl. 2004).

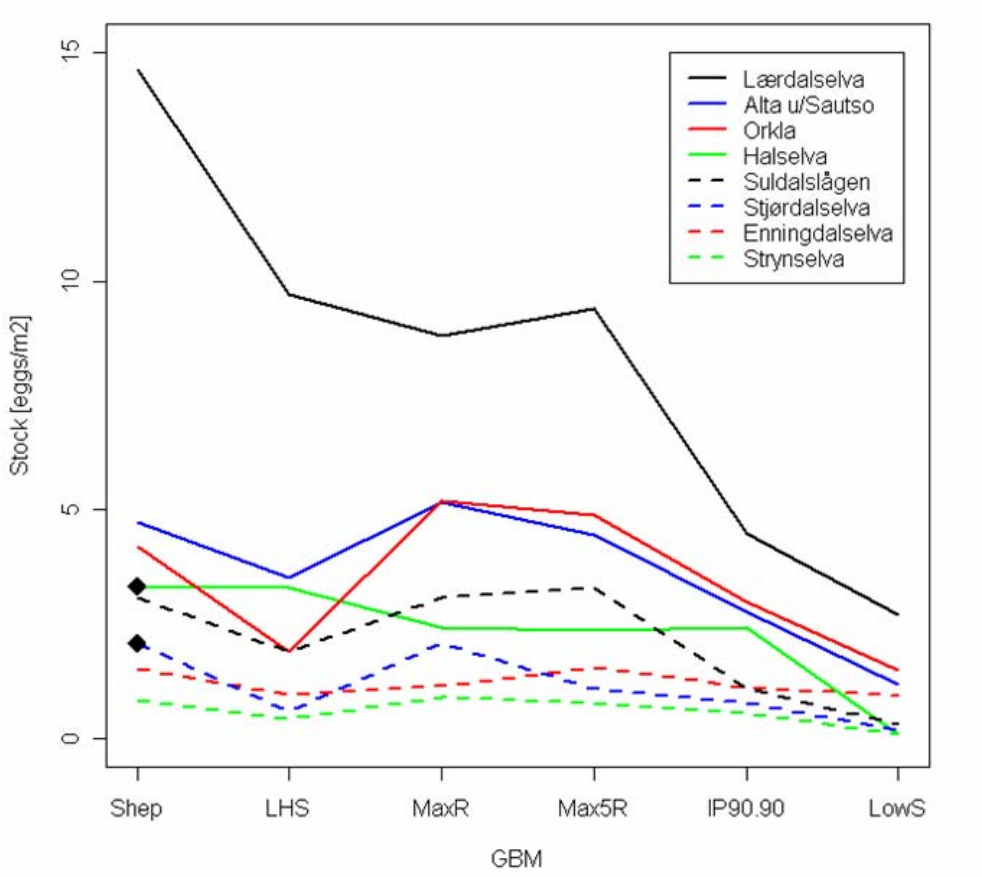
3.2 Sammenlikning av gytebestandsmål mellom elver

Den viktigste informasjonen om gytebestandsmål fra SR-analysene av de ni vassdragene er oppsummert i **tabell 1**. For hver elvemodell presenteres gytebestandsmålene utledet fra Shepherd (*Shep*) og LHS-modellene (*LHS*), og fire ikke-parametriske gytebestandsmål (*MaxR, Max5R, IP90.90 og LowS*).

***Tabell 1**. Gytebestandsmål for de aktuelle elvemodellene. Gytebestandsmålet er gitt som antall egg pr m^2. Livsstadiene som gytebestandsmålet er beregnet for, er kalt "Faser".*
E = egg; Sm = smolt; 0+ og 1+ = ungfisktetthet i første (0+) og andre (1+) leveår; PFA = pre fishery abundance.

Elvemodell	Faser	*Shep*	*LHS*	*MaxR*	*Max5R*	*IP90.90*	*LowS*
Alta	E-1+	4,8	3,5	5,2	4,5	2,8	1,2
Enningdalselva-1	E-1+	1,5	1,0	1,2	1,6	1,1	0,9
Enningdalselva-2	E-1+	8,2	5,1	6,2	8,4	6,0	5,0
Halselva-1	E-Sm	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,0
Halselva-2	E-Sm	3,3	3,3	2,5	2,4	2,5	0,1
Imsa-1	E-Sm	186,0	14,8	20,0	83,0	16,6	3,0
Imsa-2	E-Sm	66,0	5,5	6,1	27,0	6,1	1,8
Lærdal-0	E-PFA	14,6	9,7	8,8	9,4	4,5	2,7
Lærdal-1	E-PFA	18,5	1,0	18,5	8,5	3,2	2,9
Lærdal-2	E-0+	14,9	14,9	14,9	9,7	9,2	2,7
Orkla	E-Sm	4,2	1,9	5,2	4,9	3,0	1,5
Stjørdalselva	E-1+	2,1	0,6	2,1	1,1	0,8	0,2
Stryn	E-Sm	0,9	0,4	0,9	0,8	0,6	0,1
Suldal-1	E-0+	3,4	2,1	3,1	2,7	0,7	0,3
Suldal-2	E-PSm	3,1	1,9	3,1	3,3	1,1	0,3

Figur 7 illustrerer hvordan den relative rangeringen av elvene blir ved bruk av forskjellige gytebestandsmål, samt nivåforskjellene mellom gytebestandsmålene (GBM). Hver kurve er en elv, plottet gjennom de forskjellige GBM'ene. Vi har representert hver elv med kun én modell, så her brukes kun elvemodellene Lærdal-0, Halselva-2, Suldal-2 og Enningdalselva-1 (se beskrivelser i kapittel 3.1). Grovgrupperingen av elvene blir den samme uansett hvilket gytebestandsmål som velges, men tallverdien er avhengig av om vi velger et mål som reflekterer en optimal produksjon, normalverdi eller kritisk, nedre grense. Lærdalselva havner svært høyt på alle gytebestandsmålene, men da er beregningene basert på data fra før andre regulering og infisering med *G. salaris*. Merk også at målene *Shep* og *Max5R*, som vi fant var de mest robuste gytebestandsmålene, også gir relativt like rangeringer av elvene.



***Figur 7**. Sammenstilling av noen elvemodellers gytebestandsmål. Hver linje går gjennom de forskjellige gytebestandsmålene for en gitt elv.*

4 Skala – variasjon i lakseførende areal

Den viktigste faktoren for variasjon mellom elver i lakseproduksjon, er mengden habitat som er tilgjengelig for produksjon av laksesmolt. Vi har uttrykt mengden tilgjengelig habitat som størrelsen av elvearealet på den lakseførende strekningen. Vi har brukt en metode for å beregne areal som er utviklet i to tidligere NINA-rapporter (Erikstad m. fl. 1998; 1999).

4.1 GIS-basert arealberegning

I metoden til Erikstad m. fl. (1998,1999) benyttes digitalt kartverk i N50-serien fra Statens Kartverk. Erikstad m. fl. (1998) påviste at data fra N50 serien ga gode og stabile arealestimater av lakseførende strekninger i utvalgte lakseelver. I forhold til data fra økonomisk kartverk (som er betydelig mer detaljerte), var dataene fra N50-serien mer stabile og ikke så avhengige av en enkelt flyfotografering og vannføringen på det tidspunktet.

På oppløsningsnivået til N50-serien foreligger arealet av de største elvene som polygoner som lar seg arealberegne med standard GIS-verktøy. Smale elvestrekninger er gjengitt som linjer som ikke direkte lar seg arealberegne, men som regel har angitt en kategorisert elvebredde fra Statens Kartverk. I noen tilfeller mangler slike opplysninger, og spesielt for de smaleste elvene/bekkene kan dette gi betydelige utslag for beregning av areal (særlig når de utgjør hovedvassdraget, som i enkelte småelver i Nordland og Troms) og derfor også usikkerhet i beregningene av gytebestandsmål.

Det arealet som beregnes i N50 kan best beskrives som arealet som er dekket av elveløpet (Lars Erikstad, pers. medd.). Dette vil sannsynligvis tilsvare et noe større areal enn normal sommervannføring, og utgjør et til dels betydelig større areal enn det som i noen elver er beregnet nær gytetiden – dvs. på liten vannføring sent på høsten. Som det framgår for flere av elvene presentert i kapittel 3, gir N50-serien tidvis et betydelig større areal enn det som av lokalkjente er anført som produktivt areal.

4.2 Vandringsstopp

Arealene av lakseførende strekning er beregnet ut fra informasjon om vandringsstopp-punktene i hovedvassdraget og i de enkelte sideelvene slik de er angitt i Direktoratet for naturforvaltning sin oversikt ”Registreringsmodul for Lakseregisteret” (pr medio 2006), og – for en del elvers vedkommende – verifisert ved feltstudier. De arealene vi har beregnet digitalt fra vandringsstopp-punktene til hovedelvenes utløp i sjøen, er gjengitt i kapittel 7 og illustrert i **vedlegg 1**.

4.3 Tørrfall

I arealberegningene er arealer som er gjengitt som tørrfall utelatt. Det er mulig at flere av disse er vanndekt i deler av året der de kan være viktige som lakseproduserende areal, men de utgjør små arealer i de fleste vassdrag og er ofte tørrlagte i de elvene der de utgjør større arealer – slik som i Altaelva og i Gaula i Sør-Trøndelag.

4.4 Innsjøer

Innsjøer er i denne rapporten vurdert på ulike måter. Arealet av alle innsjøene i vassdragene er beregnet, men er ikke tatt med som lakseproduserende areal der vi har informasjon om prøve-

fiske som ikke har gitt laks i fangstene, eller også der det er fiskearter (for eksempel gjedde og abbor) som vi må anta begrenser laksens bruk av innsjøene. En må også anta at stille områder med gjedde har betydning for overlevelsen av nedvandrende smolt, og medfører økt dødelighet under nedvandring i vassdraget.

Innsjøareal er vurdert som lakseproduserende areal der vi har informasjon om at de huser laksunger i vekstsesongen. I en canadisk studie er innsjøareal vurdert å produsere i gjennomsnitt 7 laksesmolt pr ha, tilsvarende 0,07 smolt pr 100 m^2 (O'Connell & Dempson 1995). Studier i Irland (Burrishoole) og Island (Laxá i Kjós) gir liknende beregninger av smoltproduksjon i innsjøer. I nord-norske innsjøer har Halvorsen (1996) vist til dels store tettheter av laksunger, spesielt i deler av strandsonen som ikke domineres av ørret (grunt). I innsjøer der strandsonen har liten utstrekning på grunn av innsjøens morfologi, vil fiskesamfunnet raskt domineres av røye med økende dypt. Det er altså først og fremst i grunne innsjøer med få fiskearter at vi kan forvente noen særlig produksjon av laksunger.

På dette grunnlaget har vi også målt periferien til alle innsjøene, slik at vi kan prøve følgende to beregningsmåter for innsjøproduksjon der det er dokumentert at disse er viktige for laksunger:

- innsjøene produserer 7 smolt pr ha
- innsjøene produserer smolt i et 5-10 m bredt belte langs land, med en smolttetthet som i vassdraget ellers.

4.5 Uproduktive arealer på lakseførende strekning

Vi har i liten grad gjort antagelser om uproduktive arealer i de enkelte vassdrag. Slike områder kan være stilleflytende arealer med sanddekt elvebunn, der laksunger vanskelig finner skjul. Det kan også være regulerte elvestrekninger med sterkt redusert vannføring og lite lakseproduserende areal i forhold til det som "leses" av N50-serien. I tillegg kan biotiske forhold spille inn: først og fremst gjelder dette tilstedeværelsen av fiskearter som sterkt begrenser laksens evne til å overleve i elva.

I den grad vi kjenner til tilstedeværelsen av store arealer av uproduktive arealer i en lakseelv, har vi tatt hensyn til dette ved å nedjustere det gjennomsnittlige gytebestandsmålet for elva. Der det foreligger alternative beregningsmetoder for produktivitet, har vi gjengitt disse. Et eksempel er Enningdalselva, der arealet av strykstrekninger med lakseproduksjon er beregnet for seg (Saltveit 2004).

5 Variasjon i populasjonsdynamikk/produktivitet

Undersøkelser i Europa har vist at det er betydelig geografisk variasjon i hvor produktiv en laksebestand er – etter at effekten av skala (areal) er tatt vekk som årsak til variasjon (SALMODEL 2003; Prévost m. fl., 2003). I en oversikt over 13 europeiske vassdrag fant Prévost m. fl. (2003) at det ble gytt i gjennomsnitt fra ca 1 egg til mer enn 30 egg pr m^2 vanndekt areal. Tilsvarende er det gjort beregninger av smoltproduksjonen som viser en variasjon i norske vassdrag fra under 3 smolt til mer enn 15 smolt pr 100 m^2 vanndekt areal (Berg 1977; Hesthagen m. fl. 1986; Jonsson m. fl. 1998).

Årsakene til variasjonen mellom laksebestander i ulike vassdrag er forholdsvis godt forstått (Elliott 2001), men de er tallrike og ikke enkle å overføre fra godt kjente vassdrag til vassdrag med lite kunnskap om produksjonsforhold og populasjonsdynamikk.

I det følgende gjennomgår vi ulike typer informasjon om laksebestander som kan si noe om størrelsen på den lokale gytebestanden (S) eller også antallet eller tettheten av individer som denne gytebestanden ga opphav til (R).

5.1 Fangst og gytebestand

Fangsten av laks i norske vassdrag er godt kjent fra Laksestatistikken. For en rekke vassdrag er fangsten av laks kjent fra siste halvdel av 1800-tallet og fram til i dag. I de siste årene er denne informasjonen gitt på en stadig mer presis måte, slik at det i dag oppgis fangst av laks (både antall og kg) i ulike vektklasser: < 3 kg, 3-7 kg og > 7 kg. I noen elver vil dette tilsvare laks som har vært henholdsvis 1, 2 og 3 eller flere år i sjøen før de ble fanget, men variasjonen mellom vassdrag er stor og lokal kunnskap er nødvendig for å koble vektklasser til livshistorie.

Antall anadrome gytefisk i en laksebestand kan i noen grad beregnes ut fra fangststatistikken. Rosseland (1979) fant ved tellinger av antall gytelaks etter fiskesesongen i Lærdalselva at elvefangsten utgjorde gjennomsnittlig 55 % av det antallet som vandret opp i elva (variasjonsbredde 43-70 % i løpet av 15 års tellinger; beregningene gjelder kun laks >3 kg). Tilsvarende fangstrater i elv ble beregnet i Eira (40-83 %) av Jensen (1979) ved sammenhold av fangst og antall gytegroper. I en utvidet analyse fra 10 elver og inntil 22 år i Sogn og Fjordane, fant Sættem (1995) et fangsttrykk på gjennomsnittlig 50 % (32-64 %) for laks større enn 3 kg og 83 % (69-93 %) for laks mindre enn 3 kg. For Lakselva i Porsanger beregnet Muladal (2005) at fangstratene varierte mellom 54 % og 80 % for årene 2002 til 2005. I Langfjordelva ble fangstraten for 2005 beregnet til 54-60 %, mens Storelva i Lebesby hadde en lavere fangstrate.

I noen vassdrag fins det også beregninger ut fra fangstrapporter sammenholdt med merking-gjenfangst-studier og registreringer i fiskefelle. I Drammenselva er fangsttrykket beregnet til 28-53 % i løpet av en 21-års periode (Sandhaugen & Hansen 2001; Hansen m. fl. 2006). I Namsen beregnet Lund (1997) fangsttrykket til henholdsvis 27-38 %, 19-29 % og 23-38 % for årene 1993, 1994 og 1995. I Årgårdsvassdraget og Bogna, som begge er smålakselver i nærheten av Namsen, fant Lund 42-61 % fangsttrykk i 1995. I Numedalslågen, der det er radiomerket fisk, viste gjenfangstene av fisk som man vet vandret opp i elva en fangstrate på 29 % (Thorstad m. fl. 2004). I Målselva ovenfor Målselvfossen beregnet Kristoffersen (2004) fangsttrykket til 28,5 % (variasjonsbredde 11-41 %) for årene 1991-2003. Forsøk på å beregne beskatningsrater for hele Orkla antyder at beskatningsratene i perioden 1994 til 2002 har variert mellom ca 18 % til 47 % (Hvidsten m. fl. 2004). Lignende beregninger for Nausta tyder på at beskatningen her har variert mellom litt under 40 % til 65 % i perioden 1998-2004 (Forseth m. fl. 2005). I Tana ble den samlete fangstraten for sportsfiske og fiske med faststående redskap beregnet til 72 % for 1-sjøvinterlaks i 1995 (Karppinen m. fl. 2004), mens fangstraten for flersjøvinterlaks ble beregnet til 40 % til 69 % for årene 1992 og 1993 (Erkinaro m. fl. 1999).

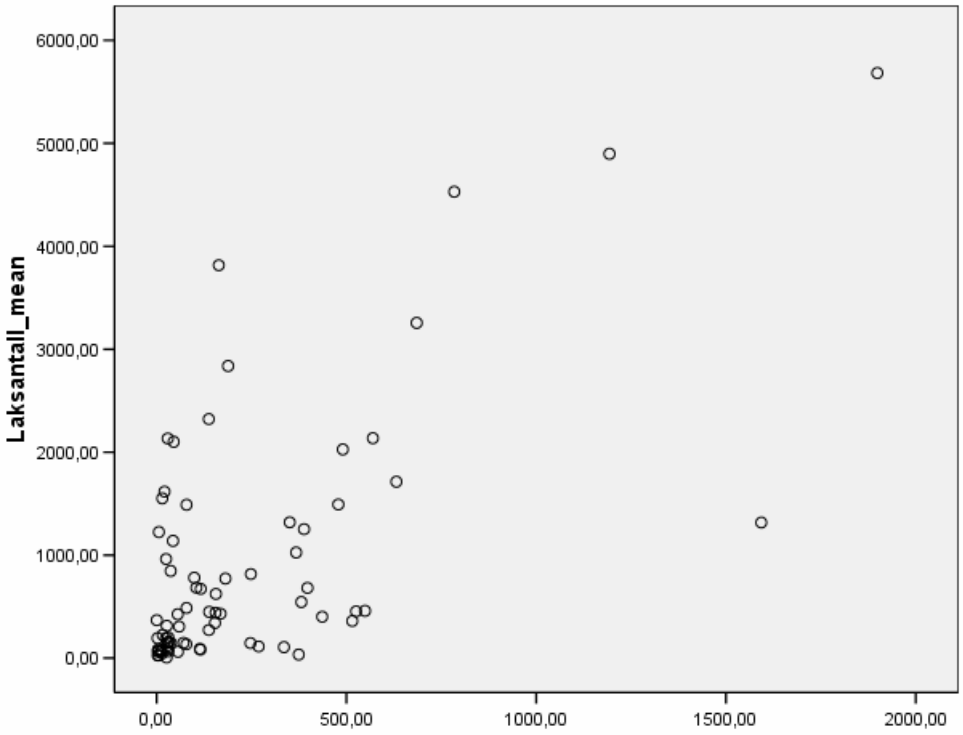
Tettheten av fisk ser ut til å påvirke hvor stor andel som sportsfisket tar. I flere vassdrag er det funnet en negativ sammenheng mellom fiskeoppgang og fangstrate, dvs. at en større andel av oppvandrende fisk blir fanget i år med liten oppgang (Sættem 1995; Lund 1997). Denne observasjonen er viktig for vurderingen av gytebestandsstørrelse i små bestander. I andre elver, som Orkla, er det en positiv sammenheng mellom fiskeoppgang og fangstrate (Hvidsten m. fl. 2004).

Sen oppgang av fisk vil føre til at man underestimerer gytebestanden dersom man regner denne som proporsjonal med fangsten i fiskesesongen. I noen vassdrag er det vanlig med sen fiskeoppgang, særlig i små elver som først får stor vannføring om høsten. Lund (1997) viser til at 40 % av den totale oppgangen i Øyensåa (en sideelv i Årgårdsvassdraget) skjedde etter fiskesesongen i et spesielt tørt år (1996). Samme år var denne andelen kun 10 % i Orkla.

5.2 Fangst pr areal

Chadwick (1985) brukte en illustrasjon av sammenhengen mellom lakseførende areal og fangst til å illustrere noen svakheter og styrker ved å bruke areal som en indeks for laksebestandenes produktivitet. Målet hans var gjennomsnittlig antall laks i sportsfiskefangstene og arealet for ungfiskproduksjon. Selv om han fant stor variasjon mellom elver, viste analysen også at det var betydelig forskjell i fangst/areal i de to områdene Newfoundland+Labrador og Maritime Provinces. Videre viste analysen at areal forklarte henholdsvis 62 % og 86 % av variasjonen i sportsfiskefangsten i de to områdene.

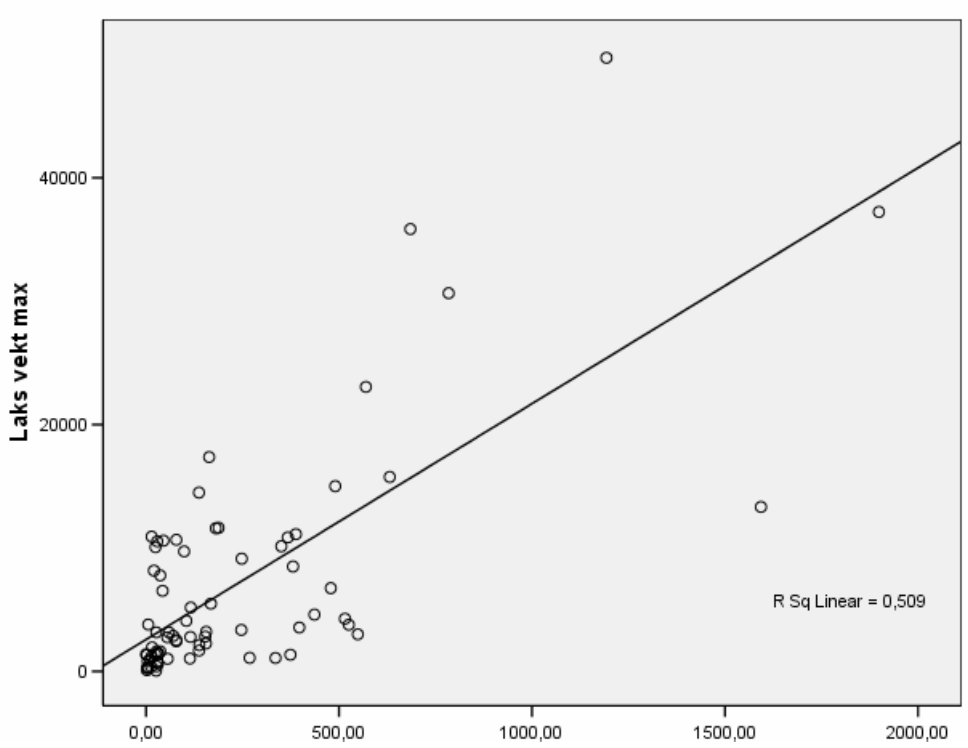
Vi har gjort en tilsvarende analyse av laksefangstene i sportsfisket i årene 1979-2003 mot lakseførende areal fra GIS-baserte målinger. I likhet med Chadwick får vi en betydelig spredning i datapunktene (**figur 8**), men også en tydelig trend i forhold til at elver med større areal i gjennomsnitt gir større antall laks i sportsfisket.



Figur 8. *Gjennomsnittlig årlig antall laks fanget i sportsfisket i årene 1979-2003 i forhold til areal (ha) av lakseførende strekning.*

Det mest interessante med figuren, er kanskje at det ser ut til at variasjonen mellom elver er størst i de små og mellomstore elvene (arealer under anslagsvis 200 ha), mens de større elvene (med ett markert unntak) ser ut til å ligge nærmere en felles regresjonslinje. Dette kan tolkes slik at det først og fremst er blant de små vassdragene en bør dele inne i ulike produksjonsklasser, mens store vassdrag i Norge har forholdsvis lik produktivitet pr areal.

I forhold til gruppering av gytebestandsmål, er det mulig at en bedre sammenlikning fås med vekt langs Y-aksen (siden dette er mer direkte sammenliknbart med eggdeponering). Det er også mulig at en bedre sammenlikning av produktivitet fås ved å se på den beste fangsten, siden det beste året i større grad reflekterer elvas produksjonskapasitet. Dette er illustrert i **figur 9**. I denne sammenlikningen er det mindre tydelig forskjell mellom små og store vassdrag. Regresjonslinjen tilsvarer ca 1,5 egg pr m^2 dersom gytebestanden har samme vekt som fangsten, og hunnene utgjør halvparten (i vekt).



***Figur 9**. Maksimal årlig laksefangst (i kg) i årene 1979-2005 i forhold til areal (ha) av lakseførende strekning.*

5.3 Ungfisktetthet og smoltproduksjon

Mengden av utvandrende smolt gir fasiten på hvor velfungerende et elvesystem er for produksjon av laks. Antallet smolt som produseres kan undersøkes ved tellinger i feller (f.eks. Imsa og Halselva; Jonsson m. fl. 1998, Jensen 2004), ved telling av utvandrende smolt ved hjelp av video (Skjoma: A. Lamberg og P. Fiske, upublisert, Utsjoki: Davidsen m. fl. 2005), eller estimeres ved hjelp av merking-gjenfangst-metodikk. Den siste metoden er brukt i flere regulerte elver i Norge (Orkla: Hvidsten m. fl. 2004; Stjørdalselva: Arnekleiv m. fl. 2000; 2007; Eira: Jensen m. fl. 2006; Suldalslågen: Saltveit & Bremnes 2004; Alta: Næsje m. fl. 2005; Aurland og Flåm: Hellen m. fl. 2006). Slik som undersøkelsene gjennomføres i Norge (merking av presmolt om våren før utvandring og fangst av utvandrende smolt i feller) er imidlertid disse estimatene sannsynligvis et overestimat på antall smolt som vandrer ut av vassdraget.

Mengden av laks i et vassdrag kan også undersøkes ved estimater av ungfisktetthet. Estimater av ungfisktetthet ved hjelp av elfiske er gjennomført i en rekke norske laksevassdrag (minst 105), men en gjennomgang av publiserte data i ulike rapporter viste at de bare i begrenset grad er egnet som hjelpemiddel til fastsettelse av gytebestandsmål (f. eks. ved fastsettelse av vassdragenes relative produksjonsnivå). De viktigste årsakene til dette er: metodiske problemer, ulikt metodevalg og dårlig beskrivelse av metodikk, stasjonsvalg og antall stasjoner i forhold til vassdragets størrelse, og det faktum at en majoritet av undersøkelsene er knyttet til undersøkelser i problemvassdrag eller i problemperioder. Vi har imidlertid benyttet noen langtidsserier av tetthetsestimater til å beregne SR-relasjoner i denne rapporten (se kap. 3). Estimater av tetthet av presmolt, fisk som sannsynligvis vil vandre ut av elva påfølgende vår, er det nærmeste en kommer rene smoltestimater. Data fra norske vassdrag viser at små vassdrag gjennomgående har større tetthet av presmolt (sum av laks og sjøaure) på elfiskbare områder enn større vassdrag (Sægrov m. fl. 2001; Fiske & Jensen 2004). Metodisk sett er det imidlertid vanskelig å overføre estimater av presmolttetthet (eller ungfisktetthet) til den totale mengden av laksunger i et vassdrag på grunn av problemene med oppskalering av tettheter fra små prøveflater til hele elva. Spesielt i større elver vil viktige habitattyper ikke la seg undersøke med tradisjonell elfiskemetodikk. Data for ungfisktetthet og eller presmolttetthet vil imidlertid være nyttige hjelpemidler i arbeid med fastsettelse av gytebestandsmål i fremtiden.

5.4 Overlevelse fra egg til smolt

Laksens overlevelse fra egg til smolt varierer fra lokalitet til lokalitet og fra år til år på grunn av mange faktorer, slik som eggtetthet, temperatur, vannføring, næringstilgang, sedimentering i elva, sedimenttransport og predasjon. Dødeligheten regnes vanligvis for å være størst i de første ukene etter at yngelen har kommet opp av grusen, men betydelig dødelighet forekommer på alle stadier. Nedenfor refereres noen undersøkelser som antyder hvor stor dødeligheten av laksunger kan være på forskjellige aldersstadier.

Basert på eldre litteratur gjengitt i Jones (1959) kan vi anta at normal eller middels overlevelse fra nybefruktet egg til klekking i naturlige gytegroper er ca. 95 %. Tilsvarende anslo Egglishaw & Shackley (1980) overlevelsen på eggstadiet å være høy, sannsynligvis mer enn 95 %, unntatt når det har vært flommer, isganger eller når forekomster av finmateriale tetter til elvesenga. Overlevelse av laks fra eggstadiet til ”swim-up” ble undersøkt i elva Dee i Skottland ved å plante nybefruktet rogn i klekkebokser som ble nedgravd på 50 cm dyp (Shearer 1961). Overlevelsen varierte mellom 85 og 91 %. Vi antar ut fra dette at overlevelsen fra gyting til ”swim-up” under ”normale” omstendigheter ligger i størrelsesorden 90 %. Men dette kan variere betydelig. Undersøkelser i Saltdalselva i Nordland har dokumentert at dødeligheten på plommesekkstadiet kan påvirke årsklassestyrken (Jensen & Johnsen 1999). Saltdalselva er imidlertid preget av stor vårflom og betydelig massetransport.

Egglishaw & Shackley (1980) undersøkte overlevelse i løpet av første sommer hos laks utsatt som øyerogn eller yngel oppstrøms lakseførende strekning i en skotsk elv i perioden 1971-1977. Overlevelsesraten fra utsetting til slutten av første sommer varierte mellom 9,4 og 31 %. Overlevelsen hos den utsatte fisken i første vekstsesong var høyere enn hos den naturlige bestanden i elva Shelligan Burn. Øyeblikkelig dødelighetsrate hos 0+ laks i Fender Burn i årene 1973-1977 varierte mellom 0,8 og 1,2 % pr. dag og kan sammenliknes med en gjennomsnittlig dødelighetsrate på 1,33 % pr. dag fra 1. juli til 30. november for årene 1966-1972 i Shelligan Burn (Egglishaw & Shackley 1977). Dette tilsvarer en overlevelse på 20 % første sommer (1. juli – 1. november).

Symons (1979) oppsummerte en rekke studier på overlevelse av forskjellige aldersgrupper av laksunger, og fant at naturlig dødelighet fra egg til 0+ varierte mellom 9 og 20 % (medium 13 %). Videre var overlevelsen fra 0+ til 1+ mellom 28 og 44 % (medium 41 %) og for eldre laksunger i størrelsesorden 35-65 %.

Symons (1979) oppsummerte videre at overlevelsen fra egg til 2-årig smolt varierte mellom 1 og 7 %, og med 3 % som gjennomsnitt. For 3-årig smolt lå variasjonen mellom 0,3 og 3,5 % (medium ca. 1,5 %) og for 4-årig smolt mellom 0,1 og 2 % (medium 0,6 %).

I en merke-gjenfangststudie i Altaelva vinteren 2004-2005 ble vinteroverlevelsen til parr og presmolt av laksunger i Gargia, som er lite påvirket av kraftutbygging, estimert til 61 % (Næsje m. fl. 2005).

Foreløpige stock-recruitment data fra Halselva i Finnmark viser en lineær sammenheng mellom antall egg lagt og antall smolt produsert av samme årsklasse (Hansen m. fl. 2006). Dette tyder på at gytebestandsmålet ikke er nådd i denne elva ved eggdeponeringer mellom 2 og 3 egg pr kvadratmeter. Gjennomsnittlig smoltalder er litt over 4 år, og gjennomsnittlig overlevelse fra egg til smolt har vært 2,3 % (A. J. Jensen, upublisert).

Dersom vi benytter gjennomsnittsverdiene for overlevelse som er referert ovenfor (95 % fra egg til yngel, 90 % fra yngel til ”swim-up”, 20 % fra ”swim-up” til første høst og 50 % vinterdødelighet første vinter), kan vi anta en total dødelighet det første året (fra egglegging til over første vinteren) på 90 %, med variasjon mellom 80 og 95 %. For eldre laksunger antar vi ut fra det som er referert ovenfor at det er normalt med en årlig dødelighet på 50 % (40 - 60 %).

I denne rapporten har vi som standard benyttet 10 % overlevelse det første året, og deretter 50 % overlevelse pr. år. Imidlertid kan de fysiske forholdene være så spesielle at vi skjønnsmessig har valgt å justere på disse tallene i enkelte vassdrag.

5.5 Overlevelse og vekst i sjøen

5.5.1 Overlevelse

Overlevelse fra smoltstadiet til kjønnsmoden laks kan variere mye mellom år, både innenfor og mellom bestander. Overlevelsen til laksen i havet regnes for å være tetthetsuavhengig (Charnov 1986). Den logiske forklaringen bak dette er at populasjonstettheten i havet ligger langt under den antatte bæreevnen. For laksen i Imsa er det funnet at antall voksne øker proporsjonalt med årlig antall smolt; dvs. dess flere smolt som vandrer ut et år, dess flere gytefisk fra disse vandrer tilbake til Imsa (Jonsson m. fl. 1998). For villsmoltgruppene som vandret ut fra Imsa mellom 1976 og 1994, ble rundt 30 % gjenfanget som voksne. Gjenfangstraten tilbake til Imsa var 7,8 %.

Både naturlige og menneskeskapte faktorer reduserer marin overlevelse. Den synes å være på under 10 % hos de fleste bestander (**tabell 2**). Overlevelsen er sannsynligvis lavest første år i havet (Chadwick 1987; Hansen & Quinn 1998), og synes å øke med smoltstørrelsen hos laks med samme sjøalder (Lundqvist m. fl. 1994). En årsak til dette er at stor smolt ikke så lett blir et bytte for størrelsesselektive predatorer, som mindre smolt. Smoltalder, derimot, kan ha motsatt effekt. Overlevelsen til 1- og 2-årig oppdrettssmolt er lik når de settes ut i naturen (Jonsson m. fl. 2003). Videre fant Chadwick m. fl. (1978) høyere overlevelse hos 1-sjø-vinter laks som vandret opp i ferskvann, fra yngre enn eldre smolt. Overlevelsen til 3-årig smolt var dobbelt så høy som 4-årig smolt og fire ganger så høy som 5-årig. Kroppsstørrelsen er derfor ikke eneste faktoren som påvirker sjøoverlevelsen.

Tidspunkt for smoltutvandring synes også å influere sjøoverlevelsen (Andreassen m. fl. 2001). Utsettingsforsøk med laks viser at overlevelsen var høyest når smolten vandret til saltvann om våren (Hansen & Jonsson 1989). Smolt som vandret ut på andre tider av året, overlevde dårligere. Muligens er det en kort tid om våren der overlevelsen til utvandrende smolt er høy (Staurnes m. fl. 1993; McCormick m. fl. 1998; 1999). Større smolt vandrer ut til sjøen tidligere på sesongen enn mindre smolt. Dette kan føre til forskjellig overlevelse for forskjellig størrelsesklasser av smolt (Jonsson m. fl. 1990; Bohlin m. fl. 1996).

Klima har innvirkning på overlevelsen til laksen i havet. Friedland m. fl. (2000) viste at postsmolt-overlevelsen hos laks fra Norge og Skottland økte med vanntemperaturen i kystvannet og til havs. Årsakene til hvorfor overlevelsen øker med økende vanntemperatur om våren er lite kjent, men kan både ha sammenheng med bedrede ernæringsmuligheter og redusert predasjon.

***Tabell 2**. Sjøoverlevelse (%) fra smolt til voksne førstegangsgytere, og fra voksne førstegangs- til annengangsgytere av laks.*

Livshistoriestadium/elv	Prosent	Kilde
Fra smolt til voksne		
Western Arm Brook, Newfoundland	3-12 %	Chadwick m. fl. 1978
River Bush, Nord-Irland, til kyst	14-21 %	Crozier & Kennedy
River Bush, til elv	2-10 %	1999
Imsa, Norge, til kyst	30 %	Jonsson m. fl. 1998
Imsa, til elv	7.8 %	
Fra første- til annengangsgytere		
Norske elver	2-25 %	Jonsson m. fl. 1991
Teno/Tana, Finland/Norge	17.3 %	Erkinaro m. fl. 1997
Magaguadavic River, New Brunswick	14.3 %	Martin 1984
Elver i England & Wales	5 %	Mills 1989
Shannon River, Irland	7.3 %*	Went 1964

* vekt

5.5.2 Vekst

Veksten hos laks første år i havet øker med Den nordatlantiske klimaindeksen (NAOI) for mai, når smolten vandrer til havs. Dette skyldes at høy sjøvannstemperatur på det tidspunktet fisken kommer ut, gir gode vekstmuligheter (Jonsson & Jonsson 2004). Friedland m. fl. (2000) viste at laksen ble større dess høyere sjøvannstemperaturen var de første ukene postsmolten var i havet. Dette tyder på at klima under utvandringen er viktig for veksten, og sannsynligvis får dette følger for kroppsstørrelsen ved kjønnsmodning og gytesuksessen når fisken kommer tilbake til ferskvann for å gyte.

Generelt synes god vekst første år å gi høy alder ved kjønnsmodning. For en stor del kjønnsmodnes laksen i Imsa etter ett år i havet. Dess høyere veksten er første år dess flere laks kjønnsmodnes etter to år i havet (2-sjøvinter fisk). Siden 1975 har andelen 2-sjøvinter fisk i Imsa variert fra 2 til 14 % når spesifikk vekstrate (*G*) har variert mellom 1,1 til 1,4 (G = 100 x ((ln kjønnsmodningslengde - ln smoltlengde)/antall år i sjøen)). Nicieza & Branna (1993) fant tilsvarende hos spansk laks fra to vassdrag. Antakelig er det slik at sjansen for å forbli umoden ennå ett år i havet, øker dess større fisken er om høsten, før "avgjørelsen" om kjønnsmodning tas.

5.6 Trender over tid

Ser vi på laksefangstene over tid, varierer de svært mye innenfor regioner og enkeltvassdrag. Noe av denne variasjonen skyldes variasjonen i fangsttrykk, som eksemplifisert ved utviklingen av linefisket i Norskehavet på 1960-tallet, drivgarnfisket på 1970 og 80-tallet og de store fiskeriene ved Vest-Grønland og Færøyene inntil midten av 1990-tallet – alle disse fiskeriene er nå ubetydelige eller ikke-eksisterende.

Variasjonen i laksefangster kan imidlertid også skyldes variasjon over tid hos laksens naturlige dødelighet i havet, eller også at sjøalderen ved kjønnsmodning ikke er stabil. Dette er dokumentert i langtidsstudier fra elver i Skottland og Sør-Norge (Friedland m. fl. 2000; Jonsson m. fl. 2003) og som forklart i avsnitt ovenfor. Som et eksempel har trender for vekstraten hos laksen i Imsa vært fallende gjennom 1980- og 1990-tallet, mens dødeligheten i samme perioden har økt gradvis. Resultatet er at elvas produksjon har blitt halvert i denne perioden (Jonsson & Jonsson 2004).

Slike trender gjør at selve grunnlaget for stock-recruitment-beregningene varierer, og dermed at man skal være forsiktig med å basere gytebestandsmål på informasjon fra tidsperioder som ikke reflekterer dagens situasjon.

6 Gruppering av gytebestandsmål i norske lakseelver

6.1 Eggtetthet og gytebestand

Basert på gjennomgangen av bestand-rekrutteringskurver (SR-kurver) i kapittel 2, og presentasjonen av mulige gytebestandsmål utledet fra SR-data i kapittel 3, foreslår vi følgende grupper av gytebestandsmål for laksebestander i Norge:

- 1 egg pr m^2 (< 1,5 egg pr m^2)
- 2 egg pr m^2 (1,5 – 3 egg pr m^2)
- 4 egg pr m^2 (3 – 5 egg pr m^2)
- 6 egg pr m^2 (> 5 egg pr m^2)

Denne grupperingen kan virke noe grov, siden gytebestandsmålet dobles fra første til andre, og fra andre til tredje, gruppe. Det er imidlertid betydelig usikkerhet i gytebestandsmålene selv der vi har gode data, slik som illustrert for Altaelva i figur 5 og 6. For Altaelva ser det ut til at to robuste gytebestandsmål, et parametrisk (*Shep*; S ved toppunktet fra Shepherd-kurven) og et ikke-parametrisk (*Max5R*; gjennomsnittlig S for de fem høyeste R-verdiene), gir forholdsvis like gytebestandsmål (henholdsvis 4,8 og 4,5 egg/m^2). Det ser også ut som om *Shep* og *Max5R* har relativt lav usikkerhet, siden de har smalere konfidensintervall enn alternative gytebestandsmål. Likevel ser vi at 95 % konfidensintervall for *Shep* i Altaelva ligger mellom 4,2 og 5,9 egg/m^2 (som er største, observerte S-verdi), og for *Max5R* ligger det mellom 3,6 og 5,1 egg/m^2.

Når vi overfører gytebestandsmål mellom elver, må vi regne med at usikkerheten er betydelig større enn innenfor samme elv. På denne bakgrunn er det viktig å "lese" gruppene av gytebestandsmål som intervaller det er sannsynlig at elvas laksebestand ligger innenfor.

Vi har anvendt disse gruppene av gytebestandsmål på alle de 80 vassdragene som er vurdert i rapporten. I dette arbeidet har vi brukt en enhetlig metode til å beregne areal av lakseførende strekning på alle de 80 vassdragene. Dette er det gjort rede for i kapittel 4. Arealene vi har beregnet er vist på oversiktsfigurene i **vedlegg 1**, basert på filen *Laksearеal.xls* (ikke vedlagt). Vi anerkjenner at det fins betydelig usikkerhet forbundet med hva som er det beste arealet for å beregne gytebestandsmål og produksjon av laks. Vi har her brukt den eneste metoden som i dag er tilgjengelig for å beregne areal i *alle* norske elver, og har basert tilsvarende beregninger i de elvene vi kjenner best, på samme metode for arealberegning. I elver der det er kjent at det fins store uproduktive områder, har vi nedgradert gytebestandsmålet (for hele arealet) eller også gjort en alternativ beregning basert på opplysninger om produktivt areal som er gitt et høyere gytebestandsmål pr arealenhet.

Innsjøer er kun tatt med i vurderingen der det er kjent at de er viktige for smoltproduksjonen i vassdraget. Vi har da først og fremst antatt at innsjøene er produktive i et smalt belte i strandsonen (5-10 m bredt), alternativet er å gi hele innsjøen en langt lavere produksjon pr arealenhet (7 smolt pr hektar).

Gytebestandsmålet er sammen med areal brukt til å beregne totalt antall egg som bør gytes i hele vassdraget for å nå målet for bestanden. Deretter har vi brukt en felles regresjon for antall egg pr kg hunnfisk (1450 egg/kg) til å beregne antall kg hunnfisk som bør delta i gytingen; – to unntak er Altaelva og Tanaelva der har vi brukt henholdsvis 1880 egg/kg (O. Ugedal m. fl., upublisert) og 1800/kg (E. Niemelä, RKTL, pers. medd.). Til slutt har vi dividert med gjennomsnittlig kroppsvekt for hunnlaksen i vassdraget for å beregne antall hunnfisk som skal til for å nå gytebestandsmålet. I disse beregningene har vi brukt informasjon om fiskens kroppsstørrelse fra fangststatistikken (www.laksereg.no) og upublisert informasjon fra omfattende undersø-

kelser av skjell fra kjønnsbestemt fisk i norske laksebestander (P. Fiske, A. J. Jensen m. fl., upublisert).

Ut fra vurderinger av fangstene pr arealenhet i norske vassdrag (**figur 8** og **figur 9** i kapittel 5.2) mener vi at det først og fremst er de små vassdragene som kan oppvise hele spekteret av gytebestandsmål fra < 1,5 egg/m^2 til > 5 egg/m^2. De fleste store vassdragene ser derimot ut til å ligge på en forholdsvis lik (og liten) fangst pr arealenhet, noe som med få unntak skulle tilsi lave gytebestandsmål. Når vi har gitt vassdragene i denne rapporten én av de fire mulige gruppene av gytebestandsmål, har vi basert oss på fangststatistikk (fangst pr areal), smoltalder fra skjellmaterialer (der disse finnes), samt generell informasjon om elvene og klimatiske forhold. I tillegg har vi vurdert mer detaljert informasjon om enkeltbestander (f. eks. smolt- og presmolttetthet) i de relativt få elvene der dette er rapportert.

I praksis har vi foreslått gytebestandsmål for hvert vassdrag som en "ekspertvurdering" blant 4-6 medlemmer av prosjektgruppa, som gikk gjennom vassdrag for vassdrag i løpet av tre møtedager. For mange av vassdragene forelå det så mye informasjon at vi kunne basere oss på mye av informasjonen som er listet over, mens vi for andre vassdrag hadde liten informasjon utover fangststatistikken og beskrivelsen i de to rapportene som utredet nasjonale laksevassdrag (Nasjonale lakseelver og nasjonale laksefjorder 2001; DN 2004a). I dette arbeidet baserte vi oss på rapporter som omhandler et større antall lakseelver (bl. a. Berg 1964; Halvorsen & Kristoffersen 1989; Sættem 1995; Pedersen & Kristoffersen 1989; Jørgensen m. fl. 1993; Sægrov 2001a, 2001b; DN 2004b; Jensen 2004; Korsen 2004; Hanssen & Halvorsen 2006) i tillegg til rapporter om enkeltvassdrag.

Følgende summariske karakteristikk av vassdraget og dets laksebestand ble fulgt i vurderingene av elvevise gytebestandsmål:

- 1 egg pr m^2 (< 1,5 egg pr m^2): Vassdraget er karakterisert ved dårlig habitat for produksjon av laksunger (store arealer uten skjulmuligheter), kort vekstsesong (lav sommertemperatur eller også lang vinter), dårlig produksjon av næringsdyr, og/eller et artsrikt fiskesamfunn (inkl. predatorer som gjedde). Bestanden er karakterisert ved dårlig vekst på ungfiskstadiet og høy smoltalder, eller også ved høy ungfiskdødelighet som følge av ugunstige abiotiske eller biotiske forhold. Fangsten av laks (pr arealenhet) er lav. En del store vassdrag hører hjemme i denne kategorien.

- 2 egg pr m^2 (1,5 – 3 egg pr m^2): Vassdraget er karakterisert ved variert habitat for produksjon av laksunger, middels lang vekstsesong, variert produksjon av næringsdyr, og i noen tilfeller et artsrikt fiskesamfunn. Bestanden er karakterisert ved middels vekst på ungfiskstadiet og forholdsvis høy smoltalder, eller også ved forholdsvis høy dødelighet på ungfiskstadiet. Fangsten av laks (pr arealenhet) er middels høy. Mange norske vassdrag hører hjemme i denne kategorien, inklusive de fleste store vassdragene.

- 4 egg pr m^2 (3 – 5 egg pr m^2): Vassdraget er karakterisert ved middels til godt habitat for produksjon av laksunger (gode skjulmuligheter) og middels til god produksjon av næringsdyr. Bestanden er karakterisert ved forholdsvis god vekst på ungfiskstadiet og lav smoltalder, eller også forholdsvis lav dødelighet på ungfiskstadiet. Fangsten av laks (pr arealenhet) er forholdsvis høy. Mange av vassdragene i denne kategorien er små, kystnære vassdrag. Noen få store vassdrag hører også hjemme i denne kategorien. Dette er spesielt vassdrag der hele elvebunnen er ypperlig habitat for laksunger (som for eksempel Lærdalselva og Altaelva).

- 6 egg pr m^2 (> 5 egg pr m^2): Vassdraget er karakterisert ved godt habitat for produksjon av laksunger, lang vekstsesong, god produksjon av næringsdyr, og et artsfattig fiskesamfunn. Bestanden er karakterisert ved god vekst på ungfiskstadiet og lav smoltalder. Fangsten av laks (pr arealenhet) kan være høy over mange år i strekk. Vassdraget har oftest et lite nedslagsfelt og ligger kystnært.

6.2 Smoltproduksjon

Det er ikke gjort en uavhengig vurdering av smoltproduksjon pr arealenhet i denne rapporten. Vi har tatt utgangspunkt i gytebestandsmålet for bestanden, uttrykt som totalt antall egg som bør gytes i hele vassdraget. Deretter har vi som standard benyttet 10 % overlevelse det første året, og deretter 50 % overlevelse pr. år inntil gjennomsnittlig alder for smoltutvandring (se kapittel 5.4). Der de fysiske forholdene er så spesielle at dette er urealistisk (for eksempel store flommer eller også høy predasjonsrate) har vi skjønnsmessig valgt å justere på disse tallene i enkelte vassdrag. I tillegg har vi vurdert mer detaljert informasjon om bestandene (f. eks. smolt- og presmolttetthet) i de relativt få elvene der dette er rapportert.

Andre studier har gjort beregninger av lakseproduksjon ut fra ulike grupperinger av smoltproduksjon pr arealenhet (Hesthagen & Hansen 1991; Erikstad m. fl. 1999; Fiskeriverket 1999). For eksempel beregnet Hesthagen & Hansen (1991) det årlige tapet av laks i Norge på grunn av forsuring ut fra en antatt smoltproduksjon på 3 til 6 individer pr 100 m^2 og en antatt overlevelse fra smolt til voksen fisk på 15 til 25 %. Med de omfattende arealberegningene som er gjort for denne rapporten, er det også mulig å gjøre tilsvarende beregninger for et stort antall vassdrag i Norge.

7 Forslag til gytebestandsmål for 80 lakseelver

Vassdragene vi har utarbeidet gytebestandsmål for, er beskrevet i to rapporter om vassdrag som er – eller er vurdert som – nasjonale laksevassdrag (Nasjonale lakseelver og nasjonale laksefjorder 2001; DN 2004a). Vi har presentert de 80 vassdragene med navn og vassdragsnummer fra Enningdalselva (001.1Z) i sørøst til Neiden (244.Z) i nordøst. Til sammen dekker disse vassdragene et bredt spektrum av elvenatur i Sør-Norge (**figur 10**) og Nord-Norge (**figur 11**).

Utstrekningen av lakseførende areal for hvert av de 80 vassdragene er gitt i oversiktsfigurer (**vedlegg 1**). På disse figurene er vandringsstoppene gjengitt i hovedelva og sideelver, slik at det skal være mulig å undersøke hvorvidt disse reflekterer kunnskapen om lakseførende strekning. For grensevassdragene Enningdalselva, Tana og Neiden har vi kun digitalisert informasjon om den norske delen av vassdraget. Vi har i tillegg søkt å hente informasjon fra henholdsvis svenske (Enningdalselva; Fiskeriverket 1999) og finske kilder (Tana og Neiden; Niemelä m. fl. 1999; J. Erkinaro & E. Niemelä, RKTL, pers. medd.).

For enkelte av vassdragene har vi delvis brukt andre arealer enn de som fremkommer ved GIS-beregning fra digitalt kartverk. Dette gjelder blant annet Tanavassdraget der vi har basert oss på beregning av produktivt areal i hovedelva og i enkelte sidevassdrag (Niemelä m. fl. 1999), mens andre sidevassdrag er basert på digital informasjon. I noen andre vassdrag har vi trukket fra deler av arealet som anses for å være svært dårlig egnet for produksjon av laksunger. I de tilfellene der arealberegningene avviker fra de som fremkommer fra digitalt kartverk, er dette notert i kommentarfeltet.

Gytebestandsmålene – elv for elv – er vist i **tabell 3**. Der er gytebestandsmålet gitt som én av fire mulige grupper av eggtettheter fra < 1,5 egg/m^2 til > 5 egg/m^2 (dvs gruppene er gitt som hhv. 1, 2, 4 og 6 egg/m^2) og multiplisert med lakseførende areal for å finne et gytebestandsmål for hele vassdraget (totalt antall egg). Ut fra dette antallet har vi utledet totalvekten og antallet av hunnfisk som bør gyte i vassdraget for å møte gytebestandsmålet, slik vi har gjort rede for i kapittel 6.1.

For enkelte store vassdrag har vi utarbeidet gytebestandsmål for deler av vassdraget. Det er flere grunner til at spesielt store vassdrag bør underlegges en detaljert vurdering av gytebestandsmål. Blant disse er ulike produksjonsgrunnlag i hovedvassdrag og sideelver, den genetiske strukturen til laksebestanden, den romlige fordelingen av gyteområder og gytefisk, og laksens tidspunkt for vandring i ulike deler av vassdraget (Ståhl & Hindar 1988; SALMODEL 2003; Niemelä 2004; Einum & Nislow 2005; Johansen m. fl. 2005).

De fleste vassdragene vi har behandlet, har fått gytebestandsmål på 2 egg/m^2 eller 4 egg/ m^2. Tanavassdraget har det høyeste vassdragsvise gytebestandsmålet vi har beregnet (**tabell 3**). Der mener vi det bør gyte om lag 55 000 kg hunnlaks pr år (12 500 individer) for å møte gytebestandsmålet, som varierer mellom 1 egg/m^2 og 6 egg/m^2 for ulike deler av vassdraget. Andre vassdrag med høye mål for gytebestanden er Gaula, Orkla og Namsen der vi mener det bør gyte mer enn 18 000 kg hunnlaks pr år, og Numedalslågen og Altaelva der vi mener det bør gyte mer enn 12 000 kg hunnlaks pr år. Beregnet som antall fisk mener vi det bør gyte om lag 4700 hunnlaks i Gaula, 4300 i Namsen, 3200 i Orkla, 2200 i Numedalslågen og 1300 i Altaelva. Altaelva har et betydelig lavere mål for antallet hunnlaks enn de andre elvene, siden gjennomsnittsvekten til hunnlaksen (10 kg) og antallet egg pr kg kroppsvekt (1880 egg/kg) er høyere enn for de andre bestandene.

I elver med lite areal og stor hunnlaks kan et fåtall individer (17 hunnlaks i Årøyelva og 19 i Olden) være nok til å dekke elvas gytebestandsmål. I så små bestander kan andre forhold enn bestand-rekrutteringsforhold sette en nedre grense for en levedyktig bestand, siden små bestander er sårbare for tilfeldig variasjon i miljø, demografi og genetisk sammensetning. Dette diskuteres ikke videre her, men er behandlet i SALMODEL (2003) og Hindar m. fl. (2004).

Femtito av de 80 vassdragene som vi har behandlet i tabell 3, er nylig vedtatt som nasjonale laksevassdrag (St.prp. 2006-2007). Deres samlete gytebestandsmål er oppnådd dersom det årlig gyter til sammen 255 000 kg hunnlaks (56 000 individer) der. I resten av de vassdragene som er behandlet i tabellen, er det samlede gytebestandsmålet oppnådd dersom det gyter til sammen 25 000 kg hunnlaks der (7500 individer).

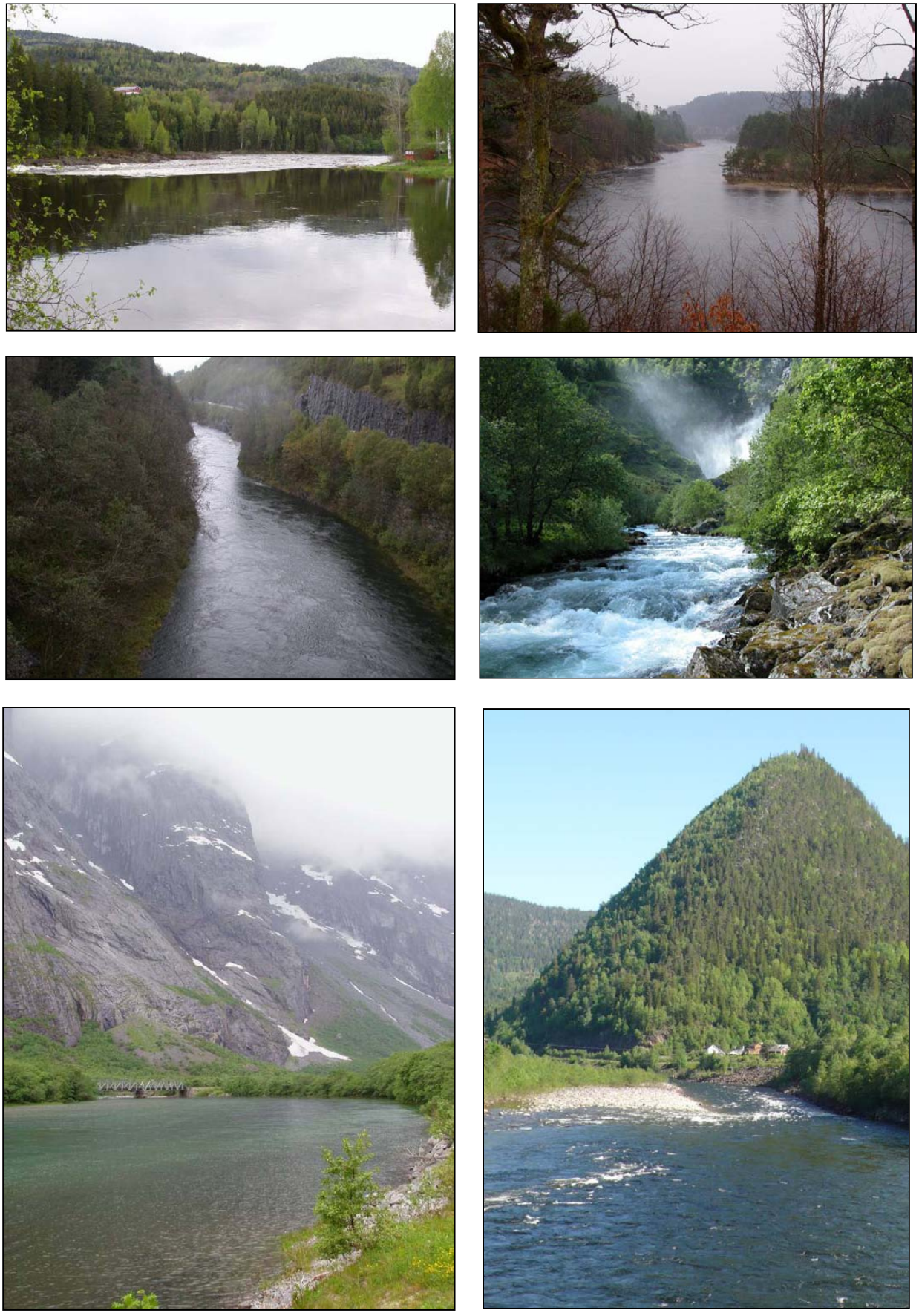
Potensiell smoltproduksjon er beregnet for de samme 80 vassdragene i **tabell 4**. Der har vi tatt utgangspunkt i beregnet eggdeponering ved oppnådd gytebestandsmål og beregnet potensiell smoltproduksjon under antagelser om overlevelse fra egg til smolt, slik vi har redegjort for i kapittel 6.2. Disse indirekte beregningene av potensiell smoltproduksjon er gjenstand for stor usikkerhet. I noen av elvene er smoltproduksjonen beregnet med andre, mer direkte metoder og henvisninger er da gitt i tabellen.

For Tanavassdraget har vi beregnet en potensiell smoltproduksjon på 1,1 million smolt (**tabell 4**). Andre vassdrag med høy smoltproduksjon er Gaula og Namsen, begge med en potensiell smoltproduksjon på mer enn 600 000 smolt pr år, og Orkla, Numedalslågen og Altaelva der vi har beregnet en potensiell smoltproduksjon på nærmere 500 000 smolt pr år. For de 52 vassdragene som er vedtatt som nasjonale lakseelver, har vi beregnet en samlet, potensiell smoltproduksjon på om lag 7 millioner smolt pr år. I resten av vassdragene som er behandlet i denne rapporten, har vi beregnet en samlet, potensiell smoltproduksjon på i overkant av 800 000 smolt pr år.

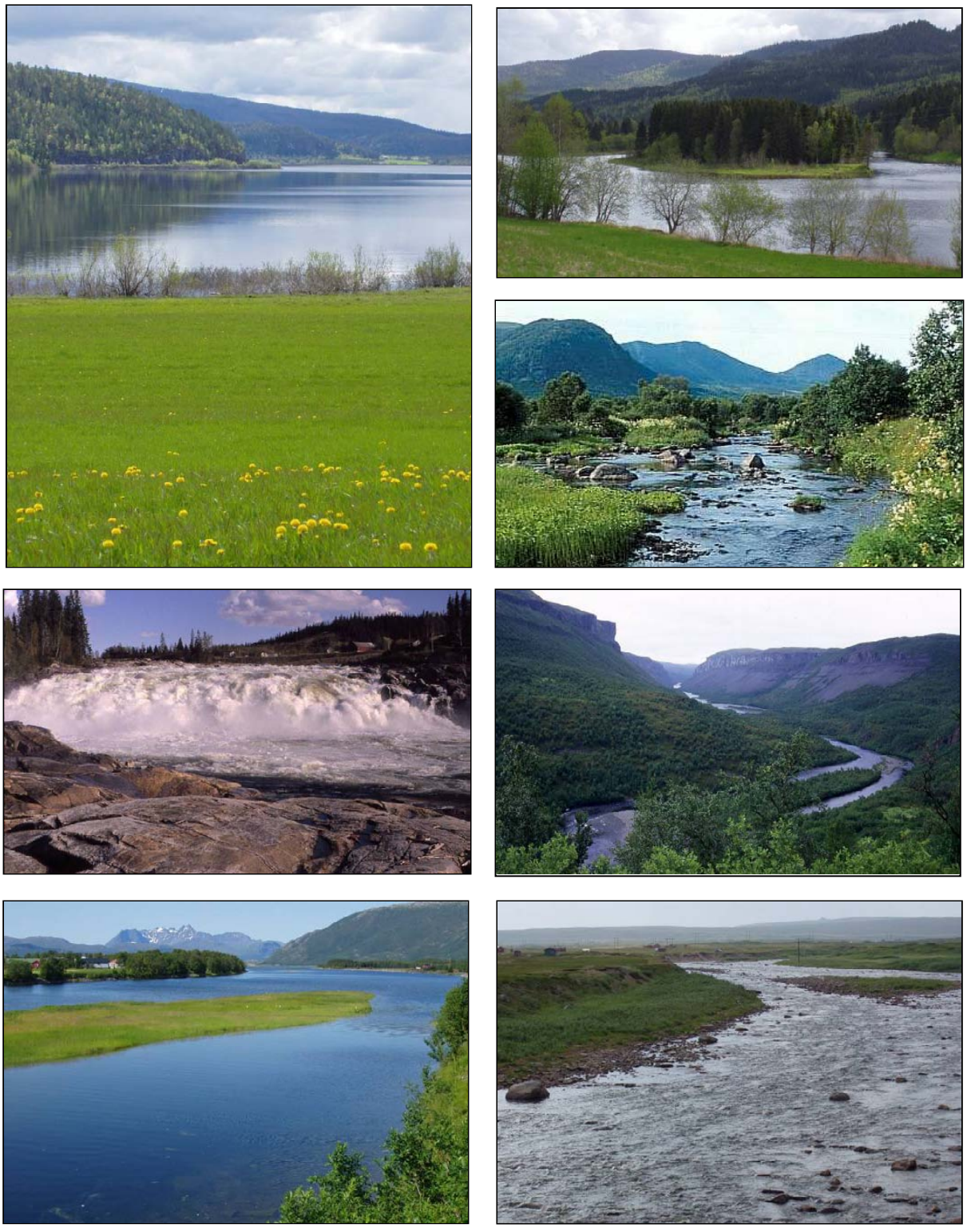
Høyest smolttetthet har vi beregnet for Ogna, Figgjo og Håelva på Jæren og Loneelva i Hordaland, som alle har fått en potensiell smolttetthet på mer enn 20 smolt pr 100 m^2 (**tabell 4**). Alle er kystnære vassdrag med lavtliggende nedslagsfelt, lang vekstsesong og lav smoltalder. Deres beregnete smolttetthet ligger i overkant av det som er målt i norske vassdrag (Hesthagen m. fl. 1986; Hvidsten m. fl. 2004) og nær de beste årene for smoltutvandring fra Imsa (Jonsson m. fl. 1998).

For Tanavassdraget har vi beregnet en gjennomsnittlig smolttetthet på 2,3 smolt pr 100 m^2 med betydelig variasjon mellom de ulike delene av vassdraget. I Namsen og Numedalslågen har vi også beregnet stor variasjon mellom smolttettheten i hovedelva (hhv. 2,3 og 5,3 smolt pr 100 m^2) og smolttettheten i de mest produktive sideelvene (hhv. 9,1 og 15,8 smolt pr 100 m^2). Gaula, Orkla og Altaelva har en beregnet smolttetthet på 7-9 smolt pr 100 m^2. Beregninger basert på merking-gjenfangst i Orkla viste et gjennomsnitt på 6,5 smolt pr 100 m^2 og en variasjon på mellom 4 og 10,8 smolt pr 100 m^2 i løpet av en 19-årsperiode (Hvidsten m. fl. 2004).

Flere av laksebestandene vi har vurdert, er truet av ulike forhold som for eksempel forsuring, *Gyrodactylus salaris*, vassdragsreguleringer, rømt oppdrettslaks og lakselus. Disse forholdene er kun i liten grad reflektert i tabell 3 og 4, med mindre de har en direkte effekt på det arealet som i dag kan produsere laksunger. I stedet har vi søkt å sette gytebestandsmål og beregne smoltproduksjon med utgangspunkt i det potensialet vassdraget har for lakseproduksjon. For enkelte vassdrag har vi gitt en kommentar der det helt tydelig har skjedd endringer som gjør at et arealbasert gytebestandsmål ikke er realistisk under nåværende forhold. Kjente og antatte påvirkninger og trusler i hvert av vassdragene er reflektert i DNs kategoriplassering av laksebestandene. Oppdatert informasjon om kategoriplassering av de ulike laksebestandene finnes på DNs hjemmesider (www.dirnat.no og www.laksereg.no). Endringer i rekruttering som skyldes høyt innslag av rømt oppdrettslaks i gytebestanden (se Fleming m. fl. 2000), er nylig behandlet i en egen rapport (Hindar & Diserud 2007).



***Figur 10**. Lakseelver i Sør-Norge (foto: E. Thorstad, H. Sægrov og L. M. Sættem)*



***Figur 11**. Lakse-elver i Nord-Trøndelag og Nord-Norge (foto: E. Thorstad, M. Halvorsen og B. O. Johnsen)*

Tabell 3. *Forslag til gytebestandsmål (GBM) for 80 vassdrag i Norge. Tabellen må leses slik at gytebestandsmålene (som er angitt som 1, 2, 4 eller 6 egg/m^2) gjelder for intervallene < 1,5, 1,5-3, 3-5 eller > 5 egg/ m^2). De samme intervallene gjelder også for tall som er utledet fra de fire kategoriene av egg-tettheter, slik som totalt antall egg og antall hunnfisk for å møte gytebestandsmålet.*

I de vassdragene der gytebestandsmålet er beregnet for deler av vassdraget for seg, er de enkelte delmengdene presentert med kursivert skrift.

Vassdragsnr.	Elv	Gytebestandsmål egg/m^2	Areal (m^2)	Egg lagt for å møte GBM	Totalvekt hunnlaks for å møte GBM (kg)	Snittvekt hunnlaks (kg)	Antall hunnlaks for å møte GBM	Kommentarer
001.1Z	Enningdalselva	1	328120	328120	226	6	38	Shep 1,5 og Max5R 1,2 for dette arealet (S/R i kap. 3)
	Enningdalselva alt.	*4*	*45000*	*180000*	*124*	*6*	*21*	*Produktivt areal norsk side ifølge Saltveit 2004 (17000 m^2 i Sverige)*
012.Z	Drammenselva	1	6314590	6314590	4355	6	726	*G salaris*
015.Z	*Numedalslågen hovedvassdrag*	*2*	*7455210*	*14910420*	*10283*	*5,5*	*1870*	
	Numedalslågen sideelver	*6*	*486390*	*2918340*	*2013*	*5,5*	*366*	*Høyproduktive områder i sideelvene*
015.Z	Numedalslågen totalt		7941600	17828760	12296		2236	
016.Z	Skienselva	1	2169640	2169640	1496	3	499	Bøelva, Heddøla og Falkumselva i tillegg til store uproduktive områder
016.4Z	Herrevassdraget	2	58020	116040	80	3	27	
020.Z	Tovdalselva	2	2697890	5395780	3721	2,4	1551	Nylig rekolonisert
0.22Z	Mandalselva	2	3737510	7475020	5155	2,5	2062	Nylig rekolonisert.
027.6Z	Ogna	6	280790	1684740	1162	2,4	484	
027.Z	*Bjerkreimsvassdraget*	*4*	*1401090*	*5604360*	*3865*	*2,5*	*1546*	
	*Bj-Fotlandsv. omkrets*10m*	*4*	*164530*	*658120*	*454*	*2,5*	*182*	*Høy smoltprod i Fotlandsv. ifølge Lura 2002*
027.Z	Bjerkreimsvassdraget totalt		1565620	6262480	4319		1728	
028.3Z	*Håelva*	*6*	*338770*	*2032620*	*1402*	*2,7*	*519*	
	*Håelva innsjøomkr*10*	*6*	*101330*	*607980*	*419*	*2,7*	*155*	
028.3Z	Håelva totalt		440100	2640600	1821		674	
028.Z	Figgjo	6	542720	3256320	2246	3	749	
033.Z	Årdalselva	2	646830	1293660	892	4	223	
036.Z	Suldalslågen	2	1680390	3360780	2318	8	290	S/R i kap. 3
038.Z	Vikedalselva	4	266820	1067280	736	3	245	
041.Z	Etneelva	4	371480	1485920	1025	3,3	311	Alternativ beregning i Sægrov 2001a

Vassdragsnr.	Elv	Gytebestandsmål egg/m^2	Areal (m^2)	Egg lagt for å møte GBM	Totalvekt hunnlaks for å møte GBM (kg)	Snittvekt hunnlaks (kg)	Antall hunnlaks for å møte GBM	Kommentarer
050.Z	Eidfjordvassdraget	2	309790	619580	427	6	71	Alternativ beregning i Sægrov 2001a
055.7Z	Oselva	4	307830	1231320	849	2,7	315	Sægrov 2001a beregner areal 180000 m^2 og 4 egg/m^2
060.4Z	Loneelva	6	36910	221460	153	2,1	73	Alternativ beregning i Sægrov 2001a
062.Z	*Vosso*	*2*	*1311910*	*2623820*	*1810*	*10*	*181*	*Alternativ beregning i Sægrov 2001a*
	*Vosso innsjøomkr*5m*	*2*	*218200*	*436400*	*301*	*10*	*30*	*Smoltprod i innsjø ifølge Haraldstad m fl. 1983*
062.Z	Vosso totalt		1530110	3060220	2110		211	(inkl areal i Teigdalselvi fra Barlaup 2004)
070.Z	Vikja	2	30920	61840	43	4	11	Dominert av utsettinger. Alternativ beregning i Sægrov 2001a
071.Z	Nærøyelvi	2	371710	743420	513	6	85	Alternativ beregning i Sægrov 2001b
072.2Z	Flåm	2	141890	283780	196	6	33	Alternativ beregning i Sægrov 2001b
073.Z	Lærdalselvi	4	1818590	7274360	5017	7,26	691	Alternativ beregning i Sægrov 2001b. *G salaris*
	Lærdalselvi alt til Sjurhaugfoss	*6*	*1118600*	*6711600*	*4629*	*7,26*	*638*	*S/R i kap 3 og i Prévost m. fl. 2003*
077.Z	Årøyelva	4	46350	185400	128	7,5	17	Alternativ beregning i Sægrov 2001b
083.Z	Gaularvassdraget	2	1046110	2092220	1443	3,3	437	Alternativ beregning i Sægrov 2001b
084.7Z	Nausta	4	786900	3147600	2171	3	724	Alternativ beregning i Sægrov 2001b
086.Z	Åelva og Ommedalselva	2	157800	315600	218	4,5	48	Alternativ beregning i Sægrov 2001b
087.Z	Gloppenelva	2	321160	642320	443	5	89	Alternativ beregning i Sægrov 2001b
088.1Z	Olden	2	109770	219540	151	8	19	Alternativ beregning i Sægrov 2001b
088.Z	Stryn	2	782590	1565180	1079	7,3	148	S/R i kap. 3. Alternativ beregning i Sægrov 2001b
089.Z	Eidselva	2	553210	1106420	763	5	153	Alternativ beregning i Sægrov 2001b
095.Z	Ørstaelva	4	490400	1961600	1353	2,3	588	
097.12Z	Bondalselva	4	211130	844520	582	2,1	277	
098.3Z	Strandaelva	2	248720	497440	343	2,1	163	
103.Z	Rauma	2	3781270	7562540	5216	7	745	*G salaris*
104.Z	Eira	2	704840	1409680	972	4,8	203	
109.Z	Driva	2	4402970	8805940	6073	7,6	799	*G salaris*
112.Z	Surna	2	3506090	7012180	4836	5	967	
121.Z	Orkla	4	6855280	27421120	18911	6	3152	S/R i kap. 3 og i Hvidsten m. fl. 2004

Vassdragsnr.	Elv	Gytebestandsmål egg/m^2	Areal (m^2)	Egg lagt for å møte GBM	Totalvekt hunnlaks for å møte GBM (kg)	Snittvekt hunnlaks (kg)	Antall hunnlaks for å møte GBM	Kommentarer
122.Z	*Gaula hovedvassdrag*	*4*	*7732920*	*30931680*	*21332*	*5,5*	*3879*	*Fratrukket 25 % av arealet*
	Gaula sidevassdrag	*4*	*1625580*	*6502320*	*4484*	*5,5*	*815*	
122.Z	Gaula totalt		9358500	37434000	25817		4694	
123.Z	Nidelva	4	989450	3957800	2730	6,5	420	
124.Z	Stjørdalselva	2	4902870	9805740	6763	5	1353	S/R i kap. 3
127.Z	Verdalselva	2	2911958	5823915	4016	4,2	956	Fratrukket 25 % av arealet
128.3Z	*Figga*	*2*	*599970*	*1199940*	*828*	*4*	*207*	*G salaris*
	*innsjøomkr*5m*	*2*	*177145*	*354290*	*244*	*4*	*61*	
128.3Z	Figga totalt		777115	1554230	1072		268	
128.Z	Steinkjervassdraget	2	1263930	2527860	1743	3,5	498	*G salaris*
135.Z	*Stordalselva*	*4*	*1030960*	*4123840*	*2844*	*2,2*	*1293*	
	*St-innsjøomkr*5m*	*4*	*89135*	*356540*	*246*	*2,2*	*112*	*Laksunger i Stordalsvatnet*
135.Z	Stordalselva totalt		1120095	4480380	3090		1405	
(ikke nr)	Nordalselva	2	604500	1209000	834	1,6	521	
138.Z	Årgårdsvassdraget	4	1945340	7781360	5366	1,6	3354	
139.Z	*Namsen-hovedvassdr*	*1*	*12588460*	*12588460*	*8682*	*5,5*	*1578*	
	Namsen-Sanddøla	*1*	*3824460*	*3824460*	*2638*	*5,5*	*480*	
	Namsen-Høylandsvassdr	*4*	*1560420*	*6241680*	*4305*	*6*	*717*	
	Namsen-andre sidevassdr	*4*	*1098490*	*4393960*	*3030*	*2*	*1515*	
139.Z	Namsen totalt		19071830	27048560	18654		4291	
144.Z	Åbjørvassdraget	1	1382610	1382610	954	2,6	367	
148.2Z	Sausvassdraget	4	271980	1087920	750	2,6	289	
151.Z	Vefsna	4	2286042	9144168	6306	6	1051	Stengt ved Laksforsen. Fratrukket 40 % areal nedenfor. *G.salaris*
156.Z	Ranavassdraget	1	1771810	1771810	1222	5	244	Stengt ved Reinforsen. *G salaris (Rotenon-behandlet 2003-2004)*
161.Z	Beiarelva	1	2470240	2470240	1704	5	341	Til ødelagt fisketrapp Høgforsen
163.Z	Saltdalselva	1	3458820	3458820	2385	5	477	
165.7Z	Fjærevassdraget	6	27320	163920	113	1,65	69	
170.5Z	Varpavassdraget	4	78850	315400	218	1,65	132	

Vassdragsnr.	Elv	Gytebestandsmål egg/m^2	Areal (m^2)	Egg lagt for å møte GBM	Totalvekt hunnlaks for å møte GBM (kg)	Snittvekt hunnlaks (kg)	Antall hunnlaks for å møte GBM	Kommentarer
178.62Z	*Roksøyelva*	*6*	*38460*	*230760*	*159*	*1,65*	*96*	
	*Roksøyelva innsjøomkr*10m*	*4*	*41290*	*165160*	*114*	*1,65*	*69*	
178.62Z	Roksøyelva totalt		79750	395920	273		165	
178.7Z	*Buksnesvassdraget*	*4*	*67390*	*269560*	*186*	*1,65*	*113*	
	*Buksnes innsjøomkrets*10m*	*4*	*140300*	*561200*	*387*	*1,65*	*235*	
178.7Z	Buksnesvassdraget totalt		207690	830760	573		347	
186.2Z	*Roksdalsvassdraget (Å-elva)*	*6*	*135720*	*814320*	*562*	*1,65*	*340*	
	*Roksdal innsjøomkrets*10m*	*4*	*190610*	*762440*	*526*	*1,65*	*319*	
186.2Z	Roksdalsvassdraget totalt		326330	1576760	1087		659	
194.5Z	*Tennelva*	*4*	*51500*	*206000*	*142*	*2*	*71*	
	Tennvatn strandsone	*4*	*41600*	*166400*	*115*	*2*	*57*	
194.5Z	Tennelva totalt		93100	372400	257		128	
194.6Z	Ånderelva	2	274300	548600	378	2,5	151	
194.Z	Laukhellevassdraget (Lakselva fra Trollbuvatnet)	2	1382830	2765660	1907	3,3	578	
196.Z	Målselv	2	2000000	4000000	2759	5	552	Produktivt areal beregnet av Svenning m fl 1998
202.11Z	Skipsfjordvassdraget	2	130050	260100	179	2,8	64	
205.Z	Skibotnvassdraget	2	1180520	2361040	1628	6	271	*G salaris*
208.Z	Reisa	2	2250290	4500580	3104	7	443	Prod areal 40-45 % bra til meget bra områder etter Halvorsen m fl 1994
209.Z	Kvænangsvassdraget	2	311660	623320	430	2,5	172	
212.2Z	Halselva	1	261750	261750	181	4	45	S/R i kap. 3
	Halselva nedstrøms Storvatnet	*4*	*27000*	*108000*	*74*	*4*	*19*	
212.Z	Alta	4	5701330	22805320	12130	9,5	1277	S/R i kap. 3
213.Z	Repparfjordelva	1	4786170	4786170	3301	5,6	589	
223.Z	Stabburselva	2	1171690	2343380	1616	5,6	289	
224.Z	Lakselva	2	2482722	4965444	3424	9,5	360	
225.Z	Børselva	1	3985500	3985500	2749	5,6	491	
233.Z	Langfjordvassdraget	2	1552940	3105880	2142	5,5	389	

Vassdragsnr.	Elv	Gytebestandsmål egg/m^2	Areal (m^2)	Egg lagt for å møte GBM	Totalvekt hunnlaks for å møte GBM (kg)	Snittvekt hunnlaks (kg)	Antall hunnlaks for å møte GBM	Kommentarer
234.Z	*Tana-hovedelva*	*2*	*19060000*	*38120000*	*21178*	*5*	*4236*	*Prod areal etter Niemelä m fl 1999*
	Tana-Anárjohka	*2*	*8300000*	*16600000*	*9222*	*4*	*2306*	*Prod areal etter Niemelä m fl 1999*
	Tana-Utsjoki	*6*	*600000*	*3600000*	*2000*	*2,25*	*889*	*Prod areal etter Niemelä m fl 1999*
	Tana-Kárásjohka	*2*	*10351020*	*20702040*	*11501*	*6*	*1917*	
	Tana-Iesjohka	*2*	*5175610*	*10351220*	*5751*	*6*	*958*	
	Tana-Láksjohka	*4*	*745365*	*2981460*	*1656*	*1,5*	*1104*	*Fratrukket 25 % av arealet*
	Tana-Máskejohka	*4*	*1069238*	*4276950*	*2376*	*4*	*594*	*Fratrukket 25 % av arealet*
	Tana-Leavvajohka	*1*	*502680*	*502680*	*279*	*2*	*140*	
	Tana-Válljohka	*1*	*618090*	*618090*	*343*	*2*	*172*	
	Tana-andre norske sidevass-drag	*1*	*808130*	*808130*	*449*	*2*	*224*	
234.Z	Tana totalt		47230133	98560570	54756		12539	
236.Z	Kongsfjordelva	2	798920	1597840	1102	4,2	262	
239.Z	Komagelva	2	1559690	3119380	2151	4	538	
240.Z	Vestre Jakobselv	1	1536200	1536200	1059	5,7	186	
244.Z	Neiden	2	2144000	4288000	2957	5,1	580	Norsk side. Finsk rapport (J Erkinaro, RKTL) angir 233 ha produktivt areal for hele

Tabell 4. *Potensiell smoltproduksjon av laks for 80 vassdrag i Norge, beregnet ut fra gytebestandsmålene (GBM) satt i tabell 3. Tabellen må leses slik at de intervallene som gjelder for hvert av de fire gytebestandsmålene, også gjelder for beregningene av potensiell smoltproduksjon og smolttetthet.*

I de vassdragene der potensiell smoltproduksjon er beregnet for deler av vassdraget for seg, er de enkelte delmengdene presentert med kursivert skrift.

Vassdragsnr.	Elv	Gytebestandsmål (egg/m^2)	Areal (m^2)	Egg lagt for å møte GBM	Antatt overlevelse egg-til-smolt	Beregnet smoltpro-duksjon (antall)	Beregnet antall smolt pr 100 m^2	Kommentarer
001.1Z	Enningdalselva	1	328120	328120	0,022	7342	2,2	Alternative beregninger i Saltveit 2004, 2006 og Fiskeriverket 1999
	Enningdalselva alt.	*4*	*45000*	*180000*	*0,022*	4028	9,0	Produktivt areal fra Saltveit 2004
012.Z	Drammenselva	1	6314590	6314590	0,025	157865	2,5	*G salaris*
015.Z	*Numedalslågen hovedvassdrag*	*2*	*7455210*	*14910420*	*0,026*	391399	5,3	
	Numedalslågen sideelver	*6*	*486390*	*2918340*	*0,026*	76606	15,8	*Høyproduktive områder i sideelvene*
015.Z	Numedalslågen totalt		7941600	17828760		468005	5,9	Alternativ beregning i Erikstad m. fl. 1999
016.Z	Skienselva	1	2169640	2169640	0,031	67801	3,1	Bøelva, Heddøla og Falkumselva i tillegg til store uproduktive områder
016.4Z	Herrevassdraget	2	58020	116040	0,031	3626	6,3	
020.Z	Tovdalselva	2	2697890	5395780	0,030	161873	6,0	Alternativ beregning i Hesthagen & Hansen 1991
0.22Z	Mandalselva	2	3737510	7475020	0,030	224251	6,0	Alt. beregning i Hesthagen & Hansen 1991 og Ugedal m. fl. 2006b
027.6Z	Ogna	6	280790	1684740	0,048	80025	28,5	
027.Z	*Bjerkreimsvassdraget*	*4*	*1401090*	*5604360*	*0,044*	243790	17,4	
	*Bj-Fotlandsv. omkrets*10m*	*4*	*164530*	*658120*	*0,044*	28628	17,4	*Høy smoltprod i Fotlandsv. ifølge Lura 2002*
027.Z	Bjerkreimsvassdraget totalt		1565620	6262480		272418	17,4	Alternativ beregning i Hesthagen & Hansen 1991
028.3Z	*Håelva*	*6*	*338770*	*2032620*	*0,038*	76223	22,5	
	*Håelva innsjøomkr*10*	*6*	*101330*	*607980*	*0,038*	22799	22,5	
028.3Z	Håelva totalt		440100	2640600		99023	22,5	
028.Z	Figgjo	6	542720	3256320	0,044	141650	26,1	Alternativ beregning i Erikstad m. fl. 1999
033.Z	Årdalselva	2	646830	1293660	0,025	32342	5,0	
036.Z	Suldalslågen	2	1680390	3360780	0,024	78978	4,7	Beregning av smoltutvandring i Saltveit & Bremnes 2004
038.Z	Vikedalselva	4	266820	1067280	0,030	32018	12,0	
041.Z	Etneelva	4	371480	1485920	0,037	54236	14,6	Alternativ beregning i Sægrov 2001a

Vassdragsnr.	Elv	Gytebestandsmål (egg/m^2)	Areal (m^2)	Egg lagt for å møte GBM	Antatt overlevelse egg-til-smolt	Beregnet smoltpro-duksjon (antall)	Beregnet antall smolt pr 100 m^2	Kommentarer
050.Z	Eidfjordvassdraget	2	309790	619580	0,014	8906	2,9	
055.7Z	Oselva	4	307830	1231320	0,045	55409	18,0	Sægrov 2001a beregner areal 180000 m2 og færre smolt
060.4Z	Loneelva	6	36910	221460	0,040	8748	23,7	Alternativ beregning i Sægrov 2001a
062.Z	*Vosso*	*2*	*1311910*	*2623820*	*0,024*	63956	4,9	*Alternativ beregning i Sægrov 2001a*
	*Vosso innsjøomkr*5m*	*2*	*218200*	*436400*	*0,024*	10637	4,9	*Laksunger i innsjø ifølge Haraldstad m fl. 1983*
062.Z	Vosso totalt		1530110	3060220		74593	4,9	Merking-gjenfangst i Barlaup 2004
070.Z	Vikja	2	30920	61840	0,025	1546	5,0	Dominert av utsettinger. Alternativ beregning i Sægrov 2001a
071.Z	Nærøyelvi	2	371710	743420	0,025	18586	5,0	
072.2Z	Flåm	2	141890	283780	0,018	5073	3,6	Merking-gjenfangst i Hellen m. fl. 2006
073.Z	Lærdalselvi	4	1818590	7274360	0,018	133666	7,4	Alt. beregning i Erikstad m. fl. 1999 og Sægrov 2001b. *G salaris*
	Lærdalselvi alt til Sjurhaugfoss	*6*	*1118600*	*6711600*	*0,018*	123326	11,0	
077.Z	Årøyelva	4	46350	185400	0,028	5145	11,1	
083.Z	Gaularvassdraget	2	1046110	2092220	0,034	71135	6,8	Alternativ beregning i Sægrov 2001b
084.7Z	Nausta	4	786900	3147600	0,023	72788	9,3	Alternativ beregning i Sægrov 2001b
086.Z	Åelva og Ommedalselva	2	157800	315600	0,028	8679	5,5	Alternativ beregning i Sægrov 2001b
087.Z	Gloppenelva	2	321160	642320	0,029	18788	5,9	Alternativ beregning i Sægrov 2001b
088.1Z	Olden	2	109770	219540	0,025	5489	5,0	Alternativ beregning i Sægrov 2001b
088.Z	Stryn	2	782590	1565180	0,031	47738	6,1	Alternativ beregning i Sægrov 2001b og Jensen 2004
089.Z	Eidselva	2	553210	1106420	0,030	33193	6,0	Alternativ beregning i Sægrov 2001b
095.Z	Ørstaelva	4	490400	1961600	0,023	45117	9,2	
097.12Z	Bondalselva	4	211130	844520	0,022	18474	8,8	
098.3Z	Strandaelva	2	248720	497440	0,022	10882	4,4	
103.Z	Rauma	2	3781270	7562540	0,014	103985	2,8	*G salaris*
104.Z	Eira	2	704840	1409680	0,023	31718	4,5	Alternativ beregning i Jensen m. fl. 2006
109.Z	Driva	2	4402970	8805940	0,014	121082	2,8	*G salaris*
112.Z	Surna	2	3506090	7012180	0,024	164786	4,7	Alternativ beregning i Erikstad m. fl. 1999
121.Z	Orkla	4	6855280	27421120	0,018	479870	7,0	Merking-gjenfangst i Hvidsten m. fl. 2004

Vassdragsnr.	Elv	Gytebestandsmål (egg/m^2)	Areal (m^2)	Egg lagt for å møte GBM	Antatt overlevelse egg-til-smolt	Beregnet smoltpro-duksjon (antall)	Beregnet antall smolt pr 100 m^2	Kommentarer
122.Z	*Gaula hovedvassdrag*	*4*	*7732920*	*30931680*	*0,017*	533571	6,9	*Fratrukket 25 % av arealet*
	Gaula sidevassdrag	*4*	*1625580*	*6502320*	*0,017*	112165	6,9	
122.Z	Gaula totalt		9358500	37434000		645737	6,9	Alternativ beregning i Erikstad m. fl. 1999
123.Z	Nidelva	4	989450	3957800	0,022	88556	9,0	
124.Z	Stjørdalselva	2	4902870	9805740	0,016	159343	3,3	Merking-gjenfangst i Arnekleiv m. fl. 2007
127.Z	Verdalselva	2	2911958	5823915	0,021	120846	4,2	Fratrukket 25 % av arealet
128.3Z	*Figga*	*2*	*599970*	*1199940*	*0,021*	25499	4,3	*G salaris*
	*innsjøomkr*5m*	*2*	*177145*	*354290*	*0,021*	7529	4,3	
128.3Z	Figga totalt		777115	1554230		33027	4,3	
128.Z	Steinkjervassdraget	2	1263930	2527860	0,021	53717	4,3	*G salaris*
135.Z	*Stordalselva*	*4*	*1030960*	*4123840*	*0,023*	95364	9,3	
	*St-innsjøomkr*5m*	*4*	*89135*	*356540*	*0,023*	8245	9,3	*Laksunger i Stordalsvatnet*
135.Z	Stordalselva totalt		1120095	4480380		103609	9,3	
(ikke nr)	Nordalselva	2	604500	1209000	0,023	27958	4,6	
138.Z	Årgårdsvassdraget	4	1945340	7781360	0,024	184807	9,5	
139.Z	*Namsen-hovedvassdr*	*1*	*12588460*	*12588460*	*0,023*	286387	2,3	
	Namsen-Sanddøla	*1*	*3824460*	*3824460*	*0,023*	87006	2,3	
	Namsen-Høylandsvassdr	*4*	*1560420*	*6241680*	*0,023*	141998	9,1	
	Namsen-andre sidevassdr	*4*	*1098490*	*4393960*	*0,023*	99963	9,1	
139.Z	Namsen totalt		19071830	27048560		615355	3,2	
144.Z	Åbjørvassdraget	1	1382610	1382610	0,019	25924	1,9	
148.2Z	Sausvassdraget	4	271980	1087920	0,019	20399	7,5	
151.Z	Vefsna	4	2286042	9144168	0,014	130304	5,7	Stengt ved Laksforsen. Fratrukket 40 % areal nedenfor. *G.salaris*
156.Z	Ranavassdraget	1	1771810	1771810	0,013	22148	1,3	Stengt ved Reinforsen. *G salaris (Rotenon-behandlet 2003-2004)*
161.Z	Beiarelva	1	2470240	2470240	0,010	24394	1,0	Til ødelagt fisketrapp Høgforsen
163.Z	Saltdalselva	1	3458820	3458820	0,010	35669	1,0	Alternativ beregning i Erikstad m. fl. 1999
165.7Z	Fjærevassdraget	6	27320	163920	0,019	3074	11,3	
170.5Z	Varpavassdraget	4	78850	315400	0,021	6584	8,4	

Vassdragsnr.	Elv	Gytebestandsmål (egg/m^2)	Areal (m^2)	Egg lagt for å møte GBM	Antatt overlevelse egg-til-smolt	Beregnet smoltpro-duksjon (antall)	Beregnet antall smolt pr 100 m^2	Kommentarer
178.62Z	*Roksøyelva*	*6*	*38460*	*230760*	*0,021*	4817	12,5	
	*Roksøyelva innsjøomkr*10m*	*4*	*41290*	*165160*	*0,021*	3448	8,4	
178.62Z	Roksøyelva totalt		79750	395920		8265	10,4	
178.7Z	*Buksnesvassdraget*	*4*	*67390*	*269560*	*0,021*	5627	8,4	
	*Buksnes innsjøomkrets*10m*	*4*	*140300*	*561200*	*0,021*	11715	8,4	
178.7Z	Buksnesvassdraget totalt		207690	830760		17342	8,4	
186.2Z	*Roksdalsvassdraget(Å-elva)*	*6*	*135720*	*814320*	*0,021*	16999	12,5	
	*Roksdal innsjøomkrets*10m*	*4*	*190610*	*762440*	*0,021*	15916	8,4	
186.2Z	Roksdalsvassdraget totalt		326330	1576760		32915	10,1	
194.5Z	*Tennelva*	*4*	*51500*	*206000*	*0,019*	3811	7,4	*Alternativ beregning i Pedersen & Kristoffersen 1989*
	Tennvatn strandsone	*4*	*41600*	*166400*	*0,019*	3078	7,4	
194.5Z	Tennelva totalt		93100	372400		6889	7,4	
194.6Z	Ånderelva	2	274300	548600	0,019	10149	3,7	Alternativ beregning i Pedersen & Kristoffersen 1989
194.Z	Laukhellevassdraget (Lakselva fra Trollbuvatnet)	2	1382830	2765660	0,018	50819	3,7	Alternativ beregning i Jørgensen m. fl. 1991
196.Z	Målselv	2	2000000	4000000	0,016	62000	3,1	Alternativ beregning (ungfisk) i Svenning og Johansen 2001
202.11Z	Skipsfjordvassdraget	2	130050	260100	0,009	2373	1,8	Alternativ beregning i Halvorsen & Kristoffersen 1989
205.Z	Skibotnvassdraget	2	1180520	2361040	0,013	29513	2,5	*G salaris*
208.Z	Reisa	2	2250290	4500580	0,011	49788	2,2	Prod areal 40-45 % bra til meget bra områder fra Halvorsen m fl 1994
209.Z	Kvænangsvassdraget	2	311660	623320	0,012	7246	2,3	Alternativ beregning i Jørgensen m. fl. 1993
212.2Z	Halselva	1	261750	261750	0,011	2977	1,1	Telling av smolt i Jensen 2004
212.2Z	Halselva nedstrøms Storvatnet	4	27000	108000	0,020	2123	7,9	
212.Z	Alta	4	5701330	22805320	0,020	465502	8,2	Alternativ beregning i Erikstad m. fl. 1999
213.Z	Repparfjordelva	1	4786170	4786170	0,010	47862	1,0	Alternativ beregning i Erikstad m. fl. 1999
223.Z	Stabburselva	2	1171690	2343380	0,011	25191	2,2	
224.Z	Lakselva	2	2482722	4965444	0,012	58965	2,4	
225.Z	Børselva	1	3985500	3985500	0,011	42844	1,1	
233.Z	Langfjordvassdraget	2	1552940	3105880	0,011	33388	2,2	

Vassdragsnr.	Elv	Gytebestandsmål (egg/m^2)	Areal (m^2)	Egg lagt for å møte GBM	Antatt overlevelse egg-til-smolt	Beregnet smoltpro-duksjon (antall)	Beregnet antall smolt pr 100 m^2	Kommentarer
234.Z	*Tana-hovedelva*	*2*	*19060000*	*38120000*	*0,012*	466970	2,5	*Prod areal etter Niemelä m fl 1999*
	Tana-Anárjohka	*2*	*8300000*	*16600000*	*0,013*	219950	2,7	*Prod areal etter Niemelä m fl 1999*
	Tana-Utsjoki	*6*	*600000*	*3600000*	*0,010*	37125	6,2	*Videotelling fra 2002 (Davidsen m. fl. 2005; P. Orell, pers. medd.)*
	Tana-Kárásjohka	*2*	*10351020*	*20702040*	*0,009*	195376	1,9	
	Tana-Iesjohka	*2*	*5175610*	*10351220*	*0,009*	96396	1,9	
	Tana-Láksjohka	*4*	*745365*	*2981460*	*0,007*	19939	2,7	*Fratrukket 25 % av arealet*
	Tana-Máskejohka	*4*	*1069238*	*4276950*	*0,012*	49185	4,6	*Fratrukket 25 % av arealet*
	Tana-Leavvajohka	*1*	*502680*	*502680*	*0,006*	3142	0,6	
	Tana-Válljohka	*1*	*618090*	*618090*	*0,009*	5331	0,9	
	Tana-andre norske sidevassdrag	*1*	*808130*	*808130*	*0,013*	10102	1,3	
234.Z	Tana totalt		47230133	98560570		1103514	2,3	
236.Z	Kongsfjordelva	2	798920	1597840	0,010	16178	2,0	
239.Z	Komagelva	2	1559690	3119380	0,011	33533	2,2	
240.Z	Vestre Jakobselv	1	1536200	1536200	0,011	16514	1,1	
244.Z	Neiden	2	2144000	4288000	0,011	46096	2,2	Norsk side. Finsk rapport (J Erkinaro, RKTL) angir 233 ha produktivt areal for hele vassdraget

8 Diskusjon

De *førstegenerasjons* gytebestandsmål som er presentert i denne rapporten er basert på relativt lite data fra det enkelte vassdrag. Vi har utledet SR-sammenhenger fra ni vassdrag, og gjort en vurdering av ulike typer biologiske referansepunkter og i hvilken grad de er formålstjenlige som gytebestandsmål i disse vassdragene. Vi har deretter klassifisert de ni vassdragene i ulike grupper av gytebestandsmål, formulert som antall egg som bør gytes pr kvadratmeter vanndekt areal på lakseførende strekning.

Vi har så anvendt disse gruppene av gytebestandsmål på alle de 80 vassdragene som er vurdert i rapporten. I dette arbeidet har vi brukt en enhetlig metode til å beregne areal av lakseførende strekning på alle de 80 vassdragene. Deretter har vi i hovedsak basert oss på fangststatistikk (omregnet til fangst pr arealenhet), sjøalderfordeling og smoltalder fra skjellmaterialer (der disse finnes), en felles regresjon for antall egg pr kg hunnfisk, samt generell informasjon om klimatiske forhold. I tillegg har vi vurdert mer detaljert informasjon om bestandene (f. eks. smolt- og presmolttetthet), i de relativt få elvene der dette er rapportert.

Her diskuterer vi noen av premissene for den modelleringen vi har gjort, og overføringen av informasjon fra data-rike til data-fattige laksebestander. Vi gjør også en vurdering av hvilke retninger forskningen bør ta for å produsere mer presise *andregenerasjons* gytebestandsmål.

8.1 Noen premisser for SR-modellene

For å kunne modellere en realistisk SR-sammenheng er det, for det første, avgjørende at tidsserien vi baserer beregningene på er hentet fra en periode med relativt like forhold (reguleringsgrad, vannføringsregime etc.) og at de er representative for de forholdene som kommer til å være aktuelle for den perioden som gytebestandsmålet skal anvendes. Større, menneskeskapte endringer av forholdene for lakseproduksjon vil påvirke SR-sammenhengen.

De aller fleste variablene som benyttes i modelleringen vil (nødvendigvis) være beheftet med stor usikkerhet. Tellinger av gytebestand og smoltproduksjon er kun tilgjengelig for et fåtalls elver, og for de fleste vassdragene vil informasjon om bestand og rekrutter være av variabel kvalitet. For gytebestanden, eller eggtettheten, kan usikkerhetskildene være:

1. Fangststatistikken. Kvaliteten på fangststatistikken varierer mellom vassdrag. Spesielle forhold kan gi en systematisk over- eller underrapportering av fangsten. Videre har presisjonen i rapporteringen forandret seg mye over tid i de fleste vassdragene. De få undersøkelsene som finnes om rapporteringsrutiner i fangststatistikken antyder at andelen urapportert fangst var høy i tidligere tider (Gjøvik 1981), og at andelen av fangsten som blir rapportert er betydelig høyere i dag (Anon. 2006).
2. Fangstandel. Hvor mange gytefisk blir igjen etter at fisket er over? Det fins direkte gytefisktellinger i få elver, og vi må som oftest basere oss på anslag over fangstandeler. I mange tilfeller må vi også anta at fangstandelen er konstant fra år til år. Dette er lite realistisk i forhold til kjente tidsserier (Sættem 1995; Sandhaugen & Hansen 2001; Hvidsten m. fl. 2004; Forseth m. fl. 2005). Hvis vi for en gitt fangst reduserer estimatet for fangstandelen fra 50 % til 33 % vil dette medføre et dobbelt så stort estimat for gytebestanden.
3. Kjønns- og sjøalderfordelinger. Hvor mange ”kilo hunnfisk” tilsvarer en gitt gytebestand i ei elv? Gytebestandens sjøalderfordeling kan utledes fra analyse av skjellprøvemateriale, men for noen vassdrag finnes ikke dette. Det er også ofte stor usikkerhet i kjønnsbestemmelsen, som tradisjonelt i høy grad har vært bestemt fra ytre trekk. Kvaliteten kontrolleres nå ved hjelp av de nye skjellkonvoluttene til fiskerne gjennom spørsmål om fisken er åpnet før kjønnsbestemmelse.
4. Fekunditet. Hvor mange egg gir hver kilo hunnfisk? Vi har kommet fram til 1450 egg/kg som et gjennomsnitt for norske elver. Selv om dette ser ut til å være representativt for

mange vassdrag, er det kjent at fekunditeten kan variere fra ca 1000 til ca 2000 egg/kg mellom bestander (Klemetsen m. fl. 2003).

5. Areal. For å komme fram til en tetthet som er sammenlignbar mellom elver, og som gir oss muligheten til å si noe om gytebestandsmål i elver uten SR-observasjoner, trenger vi et elveareal. Et viktig spørsmål blir da hvilket areal skal vi bruke. Vi bruker her såkalte "GIS"-arealer der ikke annet er nevnt, dvs. areal målt med GIS-baserte metoder fra Statens Kartverk sin digitale 1:50 000-serie, siden dette er det arealet som er lettest tilgjengelig for sammenlikning av mange elver. Det kan også argumenteres for å bruke andre typer areal, for eksempel arealet på elva i gyteperioden, produktivt areal (som er egnet som laksehabitat), eller også arealet under en eller annen flaskehals i livshistorien (f. eks. minste vintervannføring). For mange vassdrag vil et avgjørende punkt være hvordan man vurderer innsjøarealet. For noen elver vil forholdet mellom forskjellige versjoner av arealer kunne nærme seg en faktor på 10, for eksempel pga. ulike vurderinger av uproduktivt areal som sandbunn.

For rekrutteringen (ungfisk og eller smolttetthet) vil de største usikkerhetskildene være:

1. Måleusikkerhet som skyldes innsamlings- og estimeringsmetodikk (elfiske m/Zippin-estimat for ungfisktetthet eller merking-gjenfangst av smolt).
2. Oppskalering av tetthetsestimat for hver enkelt lokalitet til et totalestimat for hele elva. Viktige problemstillinger er antall estimeringslokaliteter og representativitet i forhold til elvas forskjellige habitattyper. Dersom man for eksempel har valgt lokaliteter på de best egnede ungfiskhabitatene, vil tettheten for hele elva bli kraftig overestimert.
3. Den romlige fordelingen av produksjonen i vassdraget som skyldes variasjon i den romlige fordelingen av gyteområder og gytehunner (eggtetthet, Einum & Nislow 2005).

I tillegg har vi modellvariansen som vi så nærmere på i kapittel 2.2. Selv om vi kunne målt SR-punktene eksakt (ignorert usikkerhetskildene listet over) ville samme S-verdi kunne gi opphav til forskjellige R-verdier i forskjellige år pga. demografiske tilfeldigheter og varierende miljø. Har vi relevant informasjon om miljøforholdene de aktuelle årene kan vi foreta en residualanalyse, og forklare avvikene fra modellen ved for eksempel vannføringsvariasjoner eller temperatur. Størrelsen på, og effekten av, miljøvariasjon vil kunne variere betydelig fra elv til elv, noe som må tas hensyn til ved overføringen av referansepunkter til data-fattige elver. Elver med de samme gjennomsnittsverdier vil derfor kunne oppvise svært ulike lakseproduksjoner.

Vi har kun i liten grad utnyttet informasjonen som ligger i å bruke laksefangstene som et mål på antallet rekrutter (egg-til-egg). Overlevelsen i havet fra smolt til laksen kommer tilbake for å gyte varierer mye mellom år (Hvidsten m. fl. 2004; Hansen m. fl. 2006). Derfor vil bruk av laksefangster som et mål på antallet rekrutter fra de enkelte gytingene bli mye påvirket av "støy" forårsaket av variasjoner i overlevelse i havet mellom år. Overlevelsen i havet ser imidlertid ut til å samvariere over relativt store områder (Friedland m. fl. 2000), derfor kan det være mulig å bruke informasjon om overlevelse fra nærliggende bestander til å korrigere fangstene i enkeltelver. For eksempel vil overlevelsesestimater fra Orkla (Hvidsten m. fl. 2004) kunne brukes til å korrigere fangstene i andre elver i Trondheimsfjorden (Trøndelag). Hvis vi samtidig kjenner til variasjonene i smoltalder i bestandene, vil overlevelsesestimater kunne gi grunnlag for å beregne bestand-rekrutteringskurver på grunnlag av laksefangstene.

8.2 Implikasjoner for forskning og forvaltning (andregenerasjons gytebestandsmål)

De to største feilkildene for våre gytebestandsmål er sannsynligvis knyttet til (1) produktivt elveareal og (2) beregning av gytebestand ut fra informasjon om fangst. Fordi mye av forskning og overvåkning av laksebestander i Norge har vært knyttet til å dokumentere temporale bestandsendringer i forbindelse med ulike inngrep, finnes det overraskende lite kunnskap om romlig fordeling av produksjonen og gytebestanden.

En så vesentlig faktor som det totale arealet tilgjengelig for bestandene er ofte dårlig dokumentert, og vanskelig å beregne. De ulike kartgrunnlagene gir ulike arealer, og vandringsstoppene er dels usikkert definert i hovedvassdraget og dels manglende i sidevassdrag. Innsjøer kan være viktige oppvekstområder i noen vassdrag, og lite viktige eller ubrukbare i andre. I alle tilfeller vil bare en ukjent andel av innsjøarealene normalt kunne brukes av laksunger. Også store arealer i elvene kan være uproduktive, trolig hovedsakelig på grunn av manglende substrat egnet for gyting og oppvekst.

I utviklingen av andregenerasjons gytebestandsmål vil det være vesentlig å skaffe informasjon om det faktiske produktive arealet i vassdragene. Dette innebærer dels å skaffe bedre informasjon om totalarealet tilgjengelig for laksebestandene, og dels å forstå den romlige fordelingen av produksjonen innen dette arealet.

I løpet av de siste årene er det også utviklet et enkelt og objektivt klassifiseringssystem for elver i Norge (Borsányi m. fl. 2004). Dette mesohabitatsystemet klassifiserer elvestrekningene til ti ulike elveklasser basert på fire kriterier (vannhastighet, vanndyp, overflatebølger og gradient). Evaluering av systemets evne til beskrive variasjon i produksjonsforhold for fisk (fisketetthet, vekst, veksteffektivitet og overlevelse) tyder imidlertid på at denne klassifiseringen alene ikke er tilstrekkelig til å beskrive den romlige fordelingen av produksjonsforholdene (O. Ugedal, pers. obs.).

Det finnes også mer tradisjonelle klassifiseringssystemer for elver (boniteringer) og målesystemer (partikkelstørrelser) eller klassifiseringssystemer (ruhet, 'embeddedness', dominerende og subdominerende partikkelstørrelse) for substrat. Disse preges imidlertid av at de tildels er subjektive (personavhengig) og/eller at de er vanskelig og tidkrevende å bruke i praksis. Et nytt system for direkte måling av hulromskapasitet eller antall skjulpasser er undere utvikling og evaluering (Finstad m. fl. 2007). Foreløpige resultater tyder på at systemet både beskriver romlig variasjon i fisketetthet i elver, og variasjon i substratets profitabilitet for fisk, i alle fall i kontrollerte forsøk.

I den videre utvikling av gytebestandsmål for norske laksebestander må det således gjennomføres en kartlegging, med standardisert metodikk, av vassdragene med hensyn på produktivt areal. Kombinasjoner av mesohabitatklassifisering og hulromsmålinger er kandidater for metodikk for en slik kartlegging. Kartleggingen vil ikke bare gi nødvendig kunnskap for etablering av andregenerasjons gytebestandsmål, men også kunne kombineres med den tilstandsoversikt for laksehabitat i alle laksevassdrag som er planlagt som grunnlag for en nasjonal plan for bevaring og restaurering av laksens leveområder (St. prp. 32, 2006-07). Det bør også utredes bedre i hvilken grad GIS-modellering kan forbedre vår kvantifisering av produktivt areal. En overordnet faktor for å beregne det produktive arealet vil være elvas gradient. Ved å differensiere det totale elvearealet i gradient-kategorier vil en kunne komme et skritt videre med GIS-modellering av produktivt areal. Erikstad m. fl. (1998; 1999) viste at en høydemodell basert på høydedata fra N50 ikke er godt nok til dette formålet. Gradienten fra stryk til stille partier i elva er så liten at høydemodellen må ha en høyere oppløsning enn det N50-dataene kan gi. Det bør undersøkes om høydedata fra Økonomisk Kartverk kan forbedre modellen slik at disse finere gradienter kan identifiseres eller om en må ytterligere ned i oppløsning. En ytterligere detaljert modell kan muligens lages fra satelittdata eller fra Statens Kartverk sin nye landsdekkende flyfotografering som skal gjennomføres for hele landet de kommende år.

I tillegg til å finne en løsning på arealproblematikken vil gode rutiner for rapportering av fangststatistikken og estimering av fangstandel være av avgjørende betydning for å få gode gytebestandsmål. Systematiske skjevheter i fangstrapporteringen, og estimatet for fangstandel for et vassdrag, vil direkte påvirke estimert gytebestand og dermed også gytebestandsmålet. Dette vil ikke nødvendigvis påvirke denne bestandens livskraftighet, eller forvaltningen av denne, så lenge den samme systematiske feilrapporteringen fortsettes også i framtiden. Men vi vil få et feilaktig inntrykk av bestandens faktiske størrelse, og dette vil igjen kunne påvirke overføringen av kunnskap mellom elver. Hvis det er grunn til å tro at rapporteringspraksis og -rutiner

for et vassdrag endres, er det av stor betydning at dette blir klargjort slik at det ikke tolkes som en del av populasjonsdynamikken.

Ved bruk av et konstant estimat for fangstandel fra år til år i et vassdrag kan vi risikere at reelle reduksjoner i bestandsstørrelse blir kamuflert av en intensivert fangstinnsats. Informasjon om variasjon i fangstandel mellom år kan muligens hentes fra oversikter over salg av fiskekort og antall "fisker-timer" bokført for hvert år.

Finregning på usikkerhetsmarginen for gytebestandsmålene vil i de aller fleste tilfeller være meningsløs siden vi mangler nærmest all informasjon om størrelsene på de forskjellige usikkerhetskildene. For å omgå dette problemet har vi foretatt en gruppering av de aktuelle elvene i ulike produksjonsklasser, hvor grupperingen baseres på lett tilgjengelig informasjon om elvas egenskaper som laksehabitat. Denne grupperingen vil da indirekte inkludere en sikkerhetsmargin ved intervallbredden. Er man i tvil bør elva, etter føre-var prinsippet, flyttes opp en gruppe eller forvaltes etter øvre grense innen intervallet.

Når det tas høyde for de premissene som ligger til grunn for SR-modelleringen og annen metodikk som vi har brukt, mener at vi i denne rapporten har utviklet en metode som kan brukes til å gi forslag til gytebestandsmål for alle de mer enn 400 lakseførende vassdragene i Norge.

9 Referanser

Andreassen, P. M. R., Martinussen, M. B., Hvidsten, N. A. & Stefansson, S. O. 2001. Feeding and prey-selection of wild Atlantic salmon post-smolts. Journal of Fish Biology 58: 1667-1679.

Anon. 2006. Forbedret fangstrapportering av laks, sjøaure og sjørøye. Forprosjekt av Norske Lakseelver november 2006. Norske Lakseelver: 1-26.

Arnekleiv, J. V., Kjærstad, G., Rønning. L., Koksvik, J. & Urke, H. A. 2000. Fiskebiologiske undersøkelser i Stjørdalselva 1990-1999. Del 1: vassdragsregulering, hydrografi, bunndyr, ungfisktettheter og smolt. - Vitenskapsmuseet, Rapport Zoologisk Serie 2000-3. 91 s.

Arnekleiv, J. V., Rønning. L., Koksvik, J., Kjærstad, G., Alfredsen, K., Berg, O. K. & Finstad, A. G.. 2007. Ferskvannsbiologiske undersøkelser i Stjørdalselva 1990-2006. Faglig oppsummering: kraftverksregulering, bunndyr, drivfauna, ungfisk og smolt. – NTNU Vitenskapsmuseet, Rapport Zoologisk Serie 2007-1. 141 s.

Barlaup, B. T. (red.). 2004. Vossolaksen – bestandsutvikling, trusselfaktorer og tiltak. DN-utredning 2004-7. 156 s.

Barrowman, N. J. & Myers, R. A. 2000. Still more spawner-recruitment curves: The hockey stick and its generalizations. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 57: 665-676.

Berg, M. 1964. *Nord-norske lakseelver*. Tanum, Oslo. 300 s.

Berg, M. 1977. Tagging of migrating salmon smolts (*Salmo salar* L.) in the Vardnes river, Troms, Northern Norway. Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 56: 5-11.

Beverton, R. J. H., & Holt, S. J. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Fishery Investigations, London, Series 2, 19, 1-533.

Bohlin, T., Dellefors, C. & Faremo, U. 1996. Date of smolt migration depends on body-size but not age in wild sea-run brown trout. Journal of Fish Biology 49: 157-164.

Borsányi, P., Alfredsen, K., Harby, A., Ugedal, O. & Kraxner, C. 2004. A meso-scale habitat classification method for production modelling of Atlantic salmon in Norway. Hydroécologie Applique 14: 119-138.

Chadwick, E. M. P. 1985. Fundamental research problems in the management of Atlantic salmon, *Salmo salar*, in Atlantic Canada. J. Fish Biol. 27 (Suppl. A), 9-25.

Chadwick, E. M. P. 1987. Causes of variable recruitment in a small Atlantic salmon stock. American Fisheries Society Symposium 1: 390-401.

Chadwick, E. M. P., Porter, T. R. & Downton, P. 1978. Analysis of growth of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in a small Newfoundland river. Journal of Fisheries Research Board of Canada 35: 60-68.

Charnov, E. L. 1986. Life history evolution in a “recruitment population”: Why are adult mortality rates constant? Oikos 47: 129-134.

Crozier, W.W. & Kennedy, G.J.A. 1999. Relationships between marine growth and marine survival of one sea winter Atlantic salmon, *Salmo salar*, from the River Bush, Northern Ireland. Fisheries Management and Ecology 6: 89-96.

Cushing, D. H. 1971. The dependence of recruitment on parent stock in different groups of fishes. *Journal du Conseil permanent international pour l'exploration de la mer* **33**: 340–362.

Davidsen, J., Svenning, M.-A., Orell, P., Yoccoz, N., Dempson, J. B., Niemelä, E., Klemetsen, A., Lamberg, A. & Erkinaro, J. 2005. Spatial and temporal migration of wild Atlantic smolts determined from a video camera array in the sub-Arctic River Tana. - Fisheries Research 74: 210-222.

Direktoratet for naturforvaltning 2004a. Nasjonale laksevassdrag og laksefjorder. Ferdigstilling av ordningen. Høringsnotat, Direktoratet for naturforvaltning, Trondheim, april 2004. 147 s.

Direktoratet for naturforvaltning 2004b. Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2003. Notat 2004-2. Direktoratet for naturforvaltning, Trondheim. 433 s.

Egglishaw, H. J. & Shackley, P. E. 1977. Growth, survival and production of juvenile salmon and trout in a Scottish stream. 1966-75. J. Fish Biol. 11, 647-672.

Egglishaw, H. J. & Shackley, P. E. 1980. Survival and growth of salmon, *Salmo salar* L. planted in a Scottish stream. J. Fish Biol. 16, 565-584.

Einum, S. & Nislow, K. H. 2005. Local-scale density-dependent survival of mobile organisms in continuous habitats: an experiment using Atlantic salmon. Oecologia 143: 203-210.

Elliott, J.M. 1994. *Quantitative Ecology and the Brown Trout.* Oxford, Oxford University Press, 286 s.

Elliott, J. M. 2001. The relative role of density in the stock-recruitment relationship of salmonids, s. 25-66 i Prévost, E. & Chaput, G. (Red.). *Stock, recruitment and reference points – Assessment and management of Atlantic salmon.* Hydrobiologie et aquaculture, INRA, Paris.

Elson, P. F. 1957. Number of salmon needed to maintan stocks. Can. Fish-Cult. 21, 18-23.

Erikstad L., Sloreid S. E. og Hansen L. P. 1998. Fysiske kartparametre til bruk i en modell for beregning av produksjon av laksesmolt i vassdrag. NINA Oppdragsmelding 533: 1-22.

Erikstad L., Sloreid S. E. og Hansen L. P. 1999. Estimering av produksjon av laksesmolt i norske vassdrag ved hjelp av GIS. NINA Oppdragsmelding 602: 1-10.

Erkinaro, J., Dempson, J. B. Julkunen, M. & Niemelä, E. 1997. Importance of ontogenetic habitat shifts to juvenile output and life history of Atlantic salmon in a large subartic river: an approach based on analysis of scale characteristics. Journal of Fish Biology 51: 1174-1185.

Erkinaro, J., Økland, F., Moen, K. & Niemelä, E. 1999. Return migration of the Atlantic salmon in the Tana River: distribution and exploitation of radiotagged multi-sea-winter salmon. Boreal Environ. Res. 4: 115-124.

Finstad, A.G, Einum, S., Forseth, T. & Ugedal, O. 2007. Shelter availability affects behaviour, size-dependent and mean growth of juvenile Atlantic salmon. Freshwater Biology 52: 1710-1718.

Fiske, P. & Jensen, A. J. 2004. Mot en modell for sammenhengen mellom vannføring og fiskeproduksjon. Rapport Miljøbasert Vannføring 7-2004. 30 s.

Fiskeriverket 1999. Västkustens laxåar. Fiskeriverket Information 9:1999. Fiskeriverket, Göteborg. 156 s.

Fleming, I. A., K. Hindar, I. B. Mjølnerød, B. Jonsson, T. Balstad & A. Lamberg. 2000. Lifetime success and interactions of farm salmon invading a native population. *Proc. R. Soc. Lond. B* **267***,* 1517-1524.

Forseth, T., Ugedal, O., Fiske, P., Lamberg, A., Bongard, T., Harby, A., Barlaup, B. T., Jensås, J. G. & Backer, J. G. 2005. Naustaprosjektet. Rapport 2 - 2005: 1-34.

Friedland, K.D., Hansen, L.P., Dunkley, D.A., & MacLean, J.C. 2000. Linkage between ocean climate, post-smolt growth and survival of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the North Sea area. *ICES Journal of Marine Science* **57**: 419-429.

Gabrielsen, S.-E., Barlaup, B. T., Skoglund, H., Gladsø, J. A., Mo, T. A. & Sættem, L. M. 2004. Fiskebiologiske undersøkelser i Lærdalselva høsten 2003 – sammenfatning av ungfisktettheter av laks og aure i perioden 1991 – 2003. LFI, Universitetet i Bergen, Rapport 128.

Gjøvik, J. A. 1981. Undersøkelser av lakse- og sjøaurefisket i Gaula og Driva 1979 og 1980. Direktoratet for Vilt og Ferskvannsfisk. Fiskerikonsulenten i Midt-Norge, Trondheim. Rapport:1-73.

Halvorsen, M. 1996. Lake use by Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) parr and other salmonids in northern Norway. Dr. scient. thesis, Tromsø museum, Universitetet i Tromsø.

Halvorsen, M. & K. Kristoffersen. 1989. Ungfiskregistrering, bonitering og produksjonspotensiale i vassdrag med anadrome laksefisk i Troms. Del 2. Fylkesmannen i Troms, Tromsø. Rapport nr. 19. 132 s.

Halvorsen, M., Gravem, F. & Kristoffersen, K. 1994. Fiskeribiologiske undersøkelser i Reisaelva. Fylkesmannen i Troms, Tromsø. Rapport nr. 58. 54 s. + vedlegg.

Hansen, L. P. & Jonsson, B. 1989. Salmon ranching experiments in the River Imsa: effect of timing of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolt migration. Aquaculture 98: 61-67.

Hansen, L. P. & Quinn, T. R. 1998. The marine phase of the Atlantic salmon (*Salmo salar*) life cycle, with comparisons to Pacific salmon. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 55 (Supplement 1): 104-118.

Hansen, L. P., Fiske, P., Holm, M., Jensen, A. J. & Sægrov, H. 2006. Bestandsstatus for laks. Rapport fra arbeidsgruppe. – Utredning for DN 2006-3. 48 s.

Hanssen, Ø. K. & M. Halvorsen. 2006. Bedre fiske i regulerte vassdrag i Nordland 1998-2004. Sluttrapport. Fylkesmannen i Nordland, Bodø. 8 s + årlige fagrapporter.

Haraldstad, Ø. (red.), M. Ballestad, F. R. Gravem, K. Hindar, B. Jonsson, D. Matzow, T. A. Schei, K. Synnes & L. M. Sættem. 1983. Vosseprosjektet. Ferskvannsøkologisk forskning i Vossevassdraget 1972-1982. Rapport Vosseprosjektet, Zool. Inst., Univ. Oslo, 11, 83 s.

Hellen, B. A., Sægrov, H., Kålås, S. & Urdal, K. 2006. Fiskeundersøkingar i Aurland og Flåm, årsrapport for 2005. - Rådgivende Biologer, Rapport 897. 81 s.

Hesthagen, T. & Hansen, L. P. 1991. Tap av laks i forsurede lakseelver i Norge. - NINA Oppdragsmelding 94: 12 s.

Hesthagen, T., J.-O. Ousdal & A. Bergheim. 1986. Smolt production of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a small Norwegian river influenced by agricultural activity. – Polskie Arch. Hydrobiol. 33: 423-432.

Hindar, K. & Diserud, O. 2007 Sårbarhetsvurdering av ville laksebestander overfor rømt oppdrettslaks. - NINA Rapport 244. 45 s.
Hindar, K., Tufto, J., Sættem, L. M. & Balstad, T. 2004. Conservation of genetic variation in harvested salmon populations. – ICES Journal of Marine Science 61: 1389-1397.
Hutchings, J. A. 2001. Conservation biology of marine fishes: perceptions and caveats regarding assignment of extinction risk. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 58: 108-121.
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 79. 94 s.
Jensen, A. J. (red.) 2004. Geografisk variasjon og utviklingstrekk i norske laksebestander. NINA Fagrapport 80. 79 s.
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.
Jensen, A. J., Finstad, B., Hvidsten, N. A., Jensås, J. G., Johnsen, B. O., Lund, E., Kjøsnes, A. J. & Solem, Ø. 2006. Fiskebiologiske undersøkelser i Auravassdraget. Årsrapport 2005. - NINA Rapport 115. 53 s.
Jensen, K. W. 1979. Lakseundersøkelser i Eira, s. 165-173 i T. B. Gunnerød & P. Mellquist (red.) Vassdragsreguleringers biologiske virkninger i magasiner og lakseelver. Norges Vassdrags- og elektrisitetsvesen, Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk, Trondheim.
Johansen, M., Elliott, J. M. & Klemetsen, A. 2005. A comparative study of juvenile salmon density in 20 streams throughout a very large river system in Norway. Ecol. Freshwater Fish 14: 96-110.
Johnsen, B. O. & Jensen, A. J. 1997. Tetthet av lakseunger og forekomst av *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva høsten 1996. NINA Oppdragsmelding 459
Jones, J.W. 1959. *The salmon*. London, Collins, 192 pp.
Jonsson, B. & Jonsson, N. 2004. Factors affecting marine production of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 61: 2369-2383.
Jonsson, N., Hansen, L. P. & Jonsson, B. 1991. Variation in age, size and repeat spawning of adult Atlantic salmon in relation to river discharge. Journal of Animal Ecology 60: 937-947.
Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L.P. 1990. Partial segregation in the timing of migration of Atlantic salmon of different ages. Animal Behaviour 40: 313-321.
Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L.P. 1998. The relative role of density-dependent and density-independent survival in the life cycle of Atlantic salmon *Salmo salar*. Journal of Animal Ecology, 67, 751-762.
Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L.P. 2003. Marine survival and growth of wild and released hatchery reared Atlantic salmon. Journal of Applied Ecology 40: 900-911.
Jørgensen, L., M. Halvorsen & K. Kristoffersen. 1991. Laks, sjøørret og sjørøye i Laukhelle/Lakselva, Senja. Fylkesmannen i Troms, Tromsø. Rapport nr. 31. 51 s.
Jørgensen, L., K. Kristoffersen, F. R. Gravem & M. Halvorsen. 1993. Ungfiskregistrering, bonitering og produksjonspotensiale i vassdrag med anadrome laksefisk i Troms. Del 3. Fylkesmannen i Troms, Tromsø. Rapport nr. 48. 54 s.
Karppinen, P., Erkinaro, J., Niemelä, E., Moen, K. & Økland, F. 2004. Return migration of one-sea-winter Atlantic salmon in the River Tana. Journal of Fish Biology 64: 1179-1192.
Klemetsen, A., Amundsen, P.-A., Dempson, J. B., Jonsson, B., Jonsson, N., O'Connell, M. F. & Mortensen , E. 2003. Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. Ecology of Freshwater Fish 12: 1-59.
Korsen, I. 2004. Kultiveringsplan for vassdrag i Sør-Trøndelag. Del II. Anadrome laksefisk. Fylkesmannen i Sør-Trøndelag, Trondheim. Rapport 1/2004. 343 s.
Kristoffersen, K. 2004. Laksebestanden i Målselvvassdraget – oppvandring, beskatning og antall gytefisk. Notat, Miljøvernavdelingen, Fylkesmannen i Troms. 22 s.
Lande, R., Engen, S. & Sæther, B.-E. 2003. *Stochastic population models in ecology and conservation.* Oxford University Press. Oxford.
Lund, R. A. 1997. Beskatning, fangstselektivitet og utøvelse av fisket i Namsen og Årgårdsvassdraget. NINA Oppdragsmelding 458:1-29.
Lundqvist, H., McKinnel, S., Fangstam, H. & Berglund, I. 1994. The effect of time, size and sex on recapture rates and yield after river releases of *Salmo salar* smolts. Aquaculture 121: 245-257.
Lura, H. 2002. Laksesmoltproduksjon i Fotlandsvatnet i Bjerkreimsvassdraget. Rapport 10009, Ambio Miljørådgivning, Stavanger. 14 s.

Magnell, J.-P., Sandsbråten, K. & Kvambekk, Å. S. 2004. Hydrologiske forhold i Suldalsvassdraget. Sluttrapport prøvereglement. Suldalslågen-Miljørapport 38.

Martin, J. D. 1984. Atlantic salmon and alewife passage through a pool and weir fishery on the Magaguadavic River, New Brunswick, during 1983. Canadian Manuscript Reports of Fisheries and Aquatic Sciences 1776: 1-14.

McCormick, S. D., Cunjak, R. A., Dempson, B., O`Dea, M. F. & Carey, J. B. 1999. Temperature-related loss of smolt characteristics in Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the wild. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 56: 1649-1658.

McCormick, S. D., Hansen, L. P., Quinn, T. P. & Saunders, R. L. 1998. Movement, migration, and smolting of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 55 (Supplement 1): 77-92.

Metcalfe, N. B. & Thorpe, J. E. 1990. Determinants of geographical variation in the age of seaward migrating salmon, Salmo salar. *J. Anim. Ecol.* **59**, 135- 145.

Mills, D. 1989. *Ecology and Management of Atlantic Salmon*. Chapman & Hall, London, UK.

Muladal, R. 2005. Gytefiskundersøkelser i Lakselva, Storelva, Langfjordelva og Vestre Jakobselv, Finnmark, høsten 2005. Naturtjenester i Nord. Rapport-2. 27 s.

NASCO. 1998. North Atlantic Salmon Conservation Organisation. Agreement on the adoption of a precautionary approach. Report of the fifteenth annual meeting of the Council. NASCO, Edinburgh. CNL(98)46, 4 pp.

Nasjonale laksefjorder og laksevassdrag. 2001. Grunnlagsmateriale for departementenes arbeid. – Materiale vedrørende nasjonale laksevassdrag er utarbeidet i samarbeid mellom Direktoratet for naturforvaltning og Norges vassdrags- og energidirektorat. Materiale vedrørende nasjonale laksefjorder er utarbeidet i samarbeid mellom Direktoratet for naturforvaltning, Fiskeridirektoratet og Statens Dyrehelsetilsyn. Direktoratet for naturforvaltning, Trondheim, mars 2001. 256 s.

Nicieza, A. G. & Brana, F. 1993. Relationship among smolt size, marine growth, and sea age at maturity of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in northern Spain. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 50: 1632-1640.

Niemelä, E. 2004. Variation in the yearly and seasonal abundance of juvenile Atlantic salmon in a long-term monitoring programme. Methodology, status of stocks and reference points. PhD thesis, University of Oulu, Finland.

Niemelä, E., Julkunen, M. & Erkinaro, J. 1999. Densities of the juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the subarctic Teno River watercourse, northern Finland. Boreal Environment Research 4: 125-136.

NOU 1999. Til laks åt alle kan ingen gjera? Om årsaker til nedgangen i de norske villaksbestandene og forslag til strategier og tiltak for å bedre situasjonen. Norges Offentlige Utredninger, 1999:9. Statens forvaltningstjeneste, Oslo. 297 s.

Næsje, T. F., Haukland, J. H., Lamberg, A. & Sættem, L. 1998. Gytegroper og gytelaks i Altaelva i 1996: Bestandsstørrelse, rekruttering og beskatning. Altaelva Rapport nr. 3. Statkraft Engineering. 28 s.

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 s.

O'Connell, M. F. & Dempson, J. B. 1995. Target spawning requirements for Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in Newfoundland. Fish. Manage. Ecol. 2, 161-170.

Pedersen, T. & K. Kristoffersen. 1989. Ungfiskregistrering, bonitering og produksjonspotensiale i vassdrag med anadrome laksefisk i Troms. Del 1. Fylkesmannen i Troms, Tromsø. Rapport nr. 18. 52 s.

Prévost, E., & Chaput, G. (Red.). 2001. Stock, recruitment and reference points – Assessment and management of Atlantic salmon. Hydrobiologie et aquaculture, INRA, Paris. 223 s.

Prévost, E., E. Parent, W. Crozier, I. Davidson, J. Dumas, G. Gudbergsson, K. Hindar, P. McGinnity, J. MacLean & L. M. Sættem. 2003. Setting biological reference points for Atlantic salmon stocks: transfer of information from data-rich to sparse-data situations by Bayesian hierarchical modelling. ICES J. Mar. Sci. 60: 1177-1193.

Ricker, W.E. 1954. Stock and recruitment. J. Fish. Res. Board Can. 11, 559-623.

Rosseland, L. 1979. Litt om bestand og beskatning av laksen fra Lærdalselva, s. 174-186 i T.B. Gunnerød & P. Mellquist (red.) Vassdragsreguleringers biologiske virkninger i magasiner og lakseelver. Norges Vassdrags- og elektrisitetsvesen, Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk, Trondheim.

SALMODEL, 2003. A co-ordinated approach towards the development of a scientific basis for management of wild Atlantic salmon in the North-East Atlantic. *Final Report, CEC Contract QLK5-CT1999-01546*, Queen's University of Belfast, Northern Ireland, U.K. 420 pp.

Saltveit, S. J. 1986. Skjønn Borgund Kraftverk. Del II. Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo, 91.

Saltveit, S. J. 2004. Bestandsforhold hos laks i Enningdalselva, Østfold. Årsrapport for 2002 og 2003. **231**, 13 s.

Saltveit, S. J. 2006. Laks og ørret i Enningdalselva. Årsrapport for 2004 og 2005. Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo, 244**,** 16 s.

Saltveit, S. J. & Bremnes, T. 2004. Effekter på bunndyr og fisk av ulike vannføringsregimer i Suldalslågen. - Suldalslågen - Miljørapport nr. 42. 156 s.

Sandhaugen, A. I. & Hansen, L. P. 2001. Beskatning av atlantisk laks (*Salmo salar* L.) i Drammenselva. NINA Fagrapport 51: 1-44.

Shearer, W. M. 1961. Survival rate of young salmonids in streams stocked with "green" ova. I.C.E.S./C.M. no. 98. 3 pp.

Shepherd, J. G. 1982. A versatile new stock-recruitment relationship for fisheries and construction of sustainable yield curves. J. Cons. int. Explor. Mer 40: 65-75.

Skurdal, J., Hansen, L. P., Skaala, Ø., Sægrov, H. & Lura, H. 2001. Elvevis vurdering av bestandsstatus og årsaker til bestandsutviklingen av laks i Hordaland og Sogn og Fjordane. Utredning for DN 2001-2.

Staurnes, M., Lysfjord, G., Hansen, L. P. & Heggberget, T. G. 1993. Recapture rates of hatchery-reared Atlantic salmon (*Salmo salar*) related to smolt development and time of release. Aquaculture 118: 327-337.

St.prp. nr.32 (2006-2007). Om vern av villaksen og ferdigstilling av nasjonale laksevassdrag og laksefjorder. Miljøverndepartementet, Oslo. 144 s.

Ståhl, G. & K. Hindar. 1988. Genetisk struktur hos norsk laks: status og perspektiver. Rep. 1-1988, Fiskeforskningen, Direktoratet for naturforvaltning, Trondheim, 57 s.

Svenning, M.-A. & Johansen, M. 2001. Bonitering av Målselvvassdraget med hensyn på produksjon av laksunger. NINA Oppdragsmelding 711: 1-17.

Svenning, M.-A., Kanstad Hanssen, Ø. & Halvorsen, M. 1998. Etterundersøkelser i Målselvvassdraget med hensyn på tetthet av laksunger og fangst av voksen laks. NINA Oppdragsmelding 526: 1-24.

Symons, P. E. K. 1979. Estimated escapement of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) for maximum smolt production in rivers of different productivity. – J. Fish. Res. Board Can. 36: 132-140.

Sægrov, H. 2001a. Laksebestandane i Hordaland. Vedlegg III til Skurdal, J., Hansen, L. P., Skaala, Ø., Sægrov, H. & Lura, H. 2001. Elvevis vurdering av bestandsstatus og årsaker til bestandsutviklingen av laks i Hordaland og Sogn og Fjordane. Utredning for DN 2001-2, 40 s.

Sægrov, H. 2001b. Laksebestandane i Sogn og Fjordane. Vedlegg II til Skurdal, J., Hansen, L. P., Skaala, Ø., Sægrov, H. & Lura, H. 2001. Elvevis vurdering av bestandsstatus og årsaker til bestandsutviklingen av laks i Hordaland og Sogn og Fjordane. Utredning for DN 2001-2, 41 s.

Sægrov, H., K. Urdal, B. A. Hellen, S. Kålås & S. J. Saltveit 2001. Estimating carrying capacity and presmolt production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and anadromous brown trout (*Salmo trutta*) in West Norwegian rivers. *Nordic Journal of Freshwater Research* **75**: 99-108.

Sættem, L. M. 1995. Gytebestander av laks og sjøaure. En sammenstilling av registreringer fra ti vassdrag i Sogn og Fjordane fra 1960-94. Utredning for DN 1995-7, Direktoratet for naturforvaltning, Trondheim.

Thorstad, E. B., Forseth, T., Økland, F., Aasestad, I. & Johnsen, B. O. 2004. Oppvandring av radiomerket laks i Numedalslågen i 2003. NINA Oppdragsmelding 835:1-37.

Ugedal, O., Thorstad, E. B., Næsje, T. F., Saksgård, L., Reinertsen, H. R., Fiske, P., Hvidsten, N. A. & Blom, H. H. 2006a. Biologiske undersøkelser i Altaelva 2005. NINA Rapport 177: 1-52.

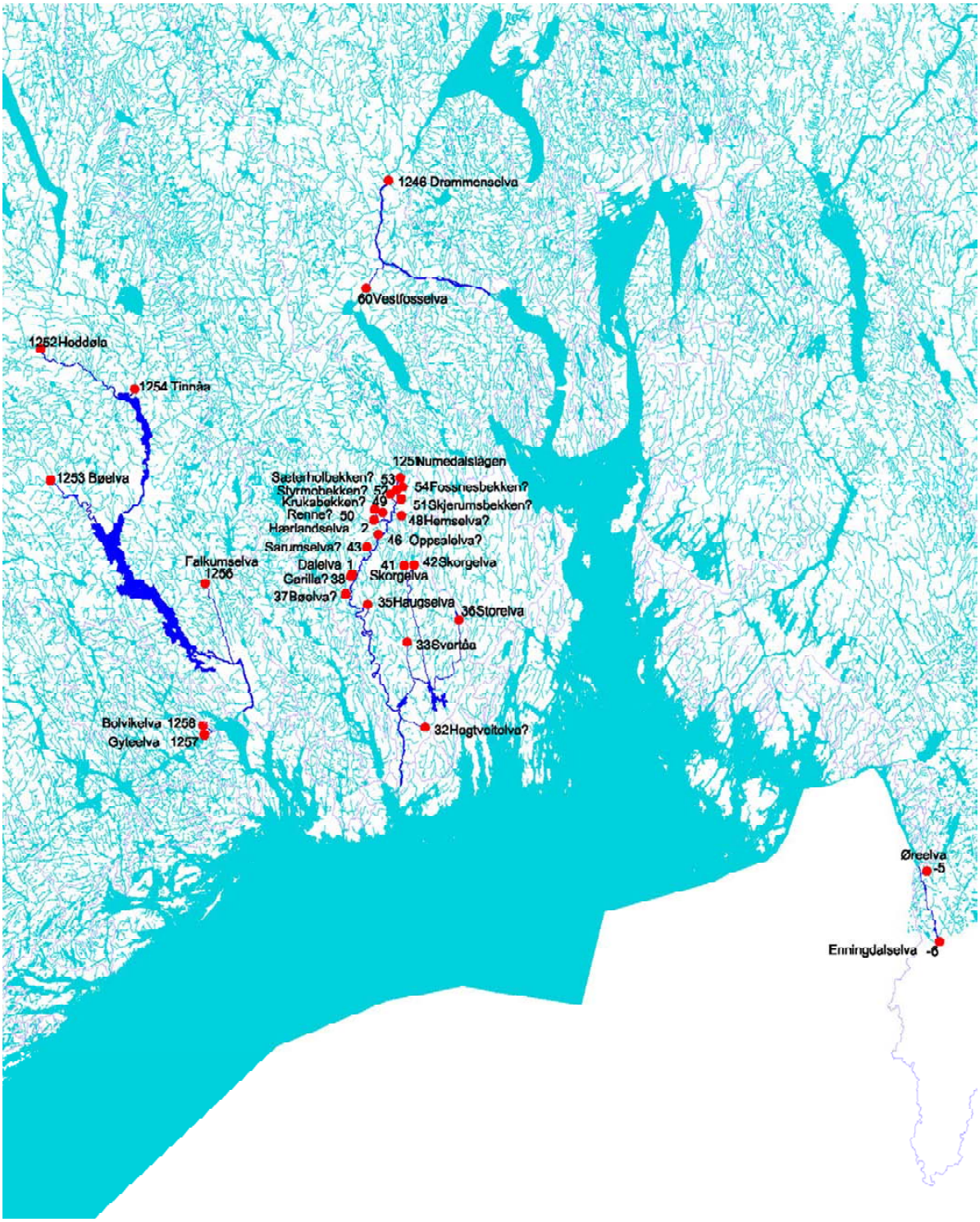
Ugedal, O., Larsen , B. M., Forseth, T. & Johnsen, B. O. 2006b. Produksjonspotensial for laks I Mandalselva og vurdering av tap som følge av kraftutbygging. NINA Rapport 146: 1-46.

Went, A. E. J. 1964. Irish salmon: A review of investigations up to 1963. Scientific Proceedings of Royal Dublin Society, Serie A, 1: 365-412.

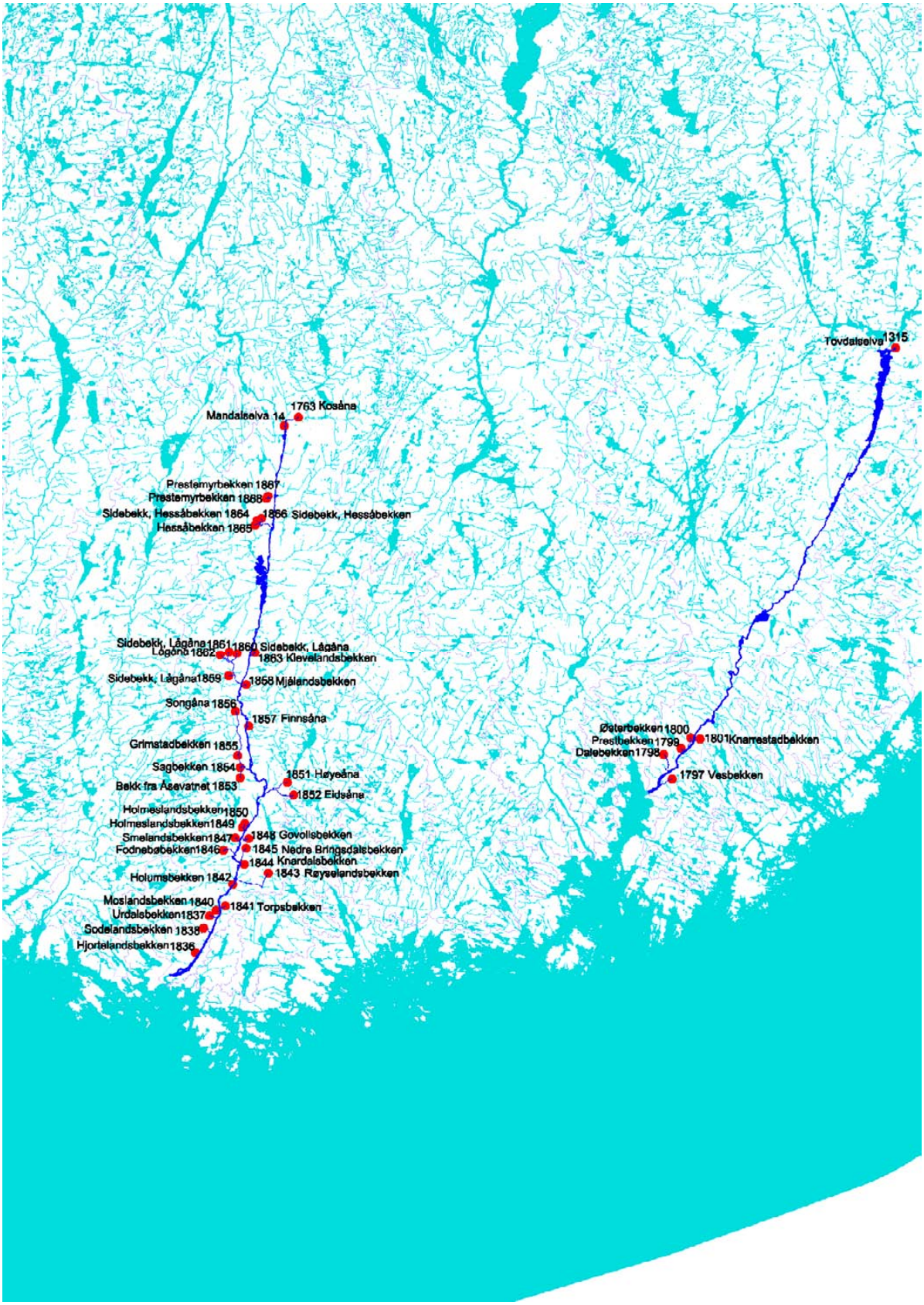
10 Vedlegg

Vedlegg 1. *Kartframstilling av grunnlaget for arealberegning av lakseførende strekning i 80 vassdrag i Norge. Tallene på hvert kart gjengir registrerte vandringsstopp for laks i de ulike vassdragene, og mørk strek/felt gjengir arealene som er beregnet fra vandringsstoppene og ned til vassdragenes utløp i sjøen.*

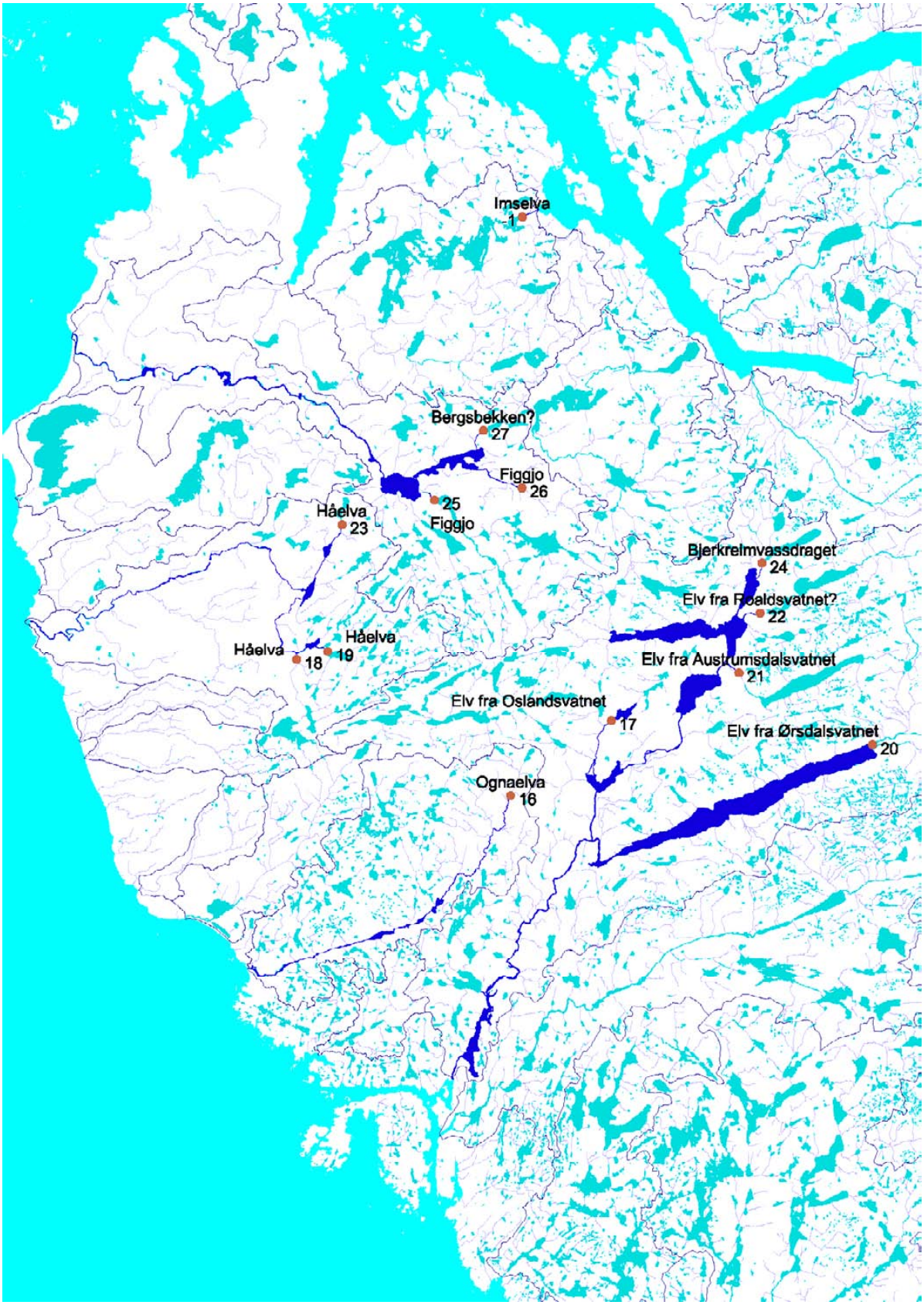
Østlandet



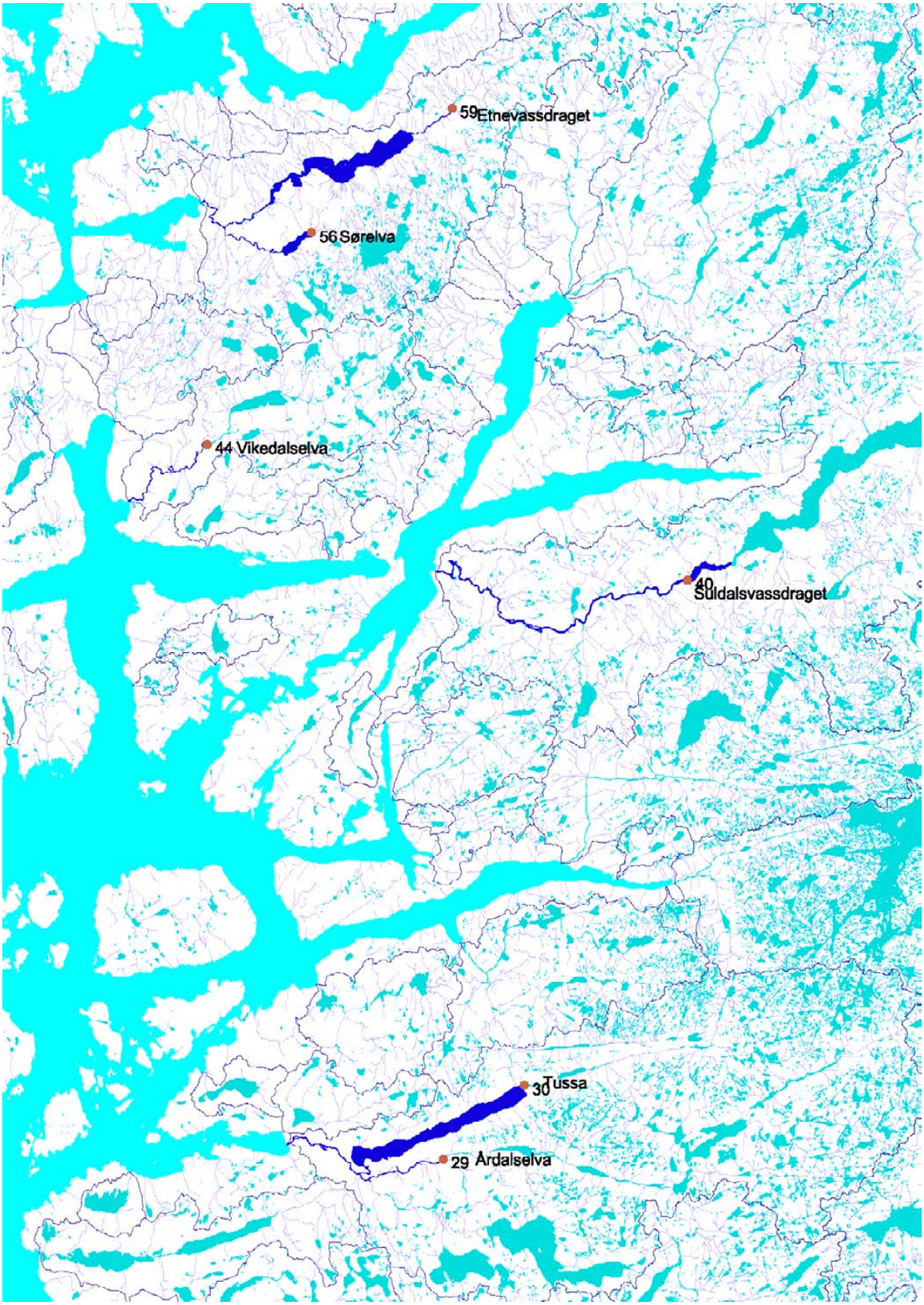
Sørlandet


Tovdalselva 1315
1763 Kosåna
Mandalselva 14
Prestemyrbekken 1887
Prestemyrbekken 1888
Sidebekk, Hessåbekken 1864
1866 Sidebekk, Hessåbekken
Hessåbekken 1865
Sidebekk, Lågåna 1861
1860 Sidebekk, Lågåna
Lågåna 1862
1863 Klevelandsbekken
Sidebekk, Lågåna 1859
1858 Mjålandsbekken
Songåna 1856
1857 Finnsåna
Grimstadbekken 1855
Sagbekken 1854
1851 Høyeåna
Bekk fra Åsevatnet 1853
1852 Eidsåna
Holmeslandsbekken 1850
Holmeslandsbekken 1849
Smelandsbekken 1847
1848 Govollsbekken
Fodnebøbekken 1846
1845 Nedre Bringsdalsbekken
1844 Knardalsbekken
1843 Røyselandsbekken
Holumsbekken 1842
Moslandsbekken 1840
1841 Torpsbekken
Urdalsbekken 1837
Sødalandsbekken 1838
Hjortelandsbekken 1836
Øgterbekken 1800
Prestbekken 1799
1801 Knarrestadbekken
Dalebekken 1798
1797 Vesbekken

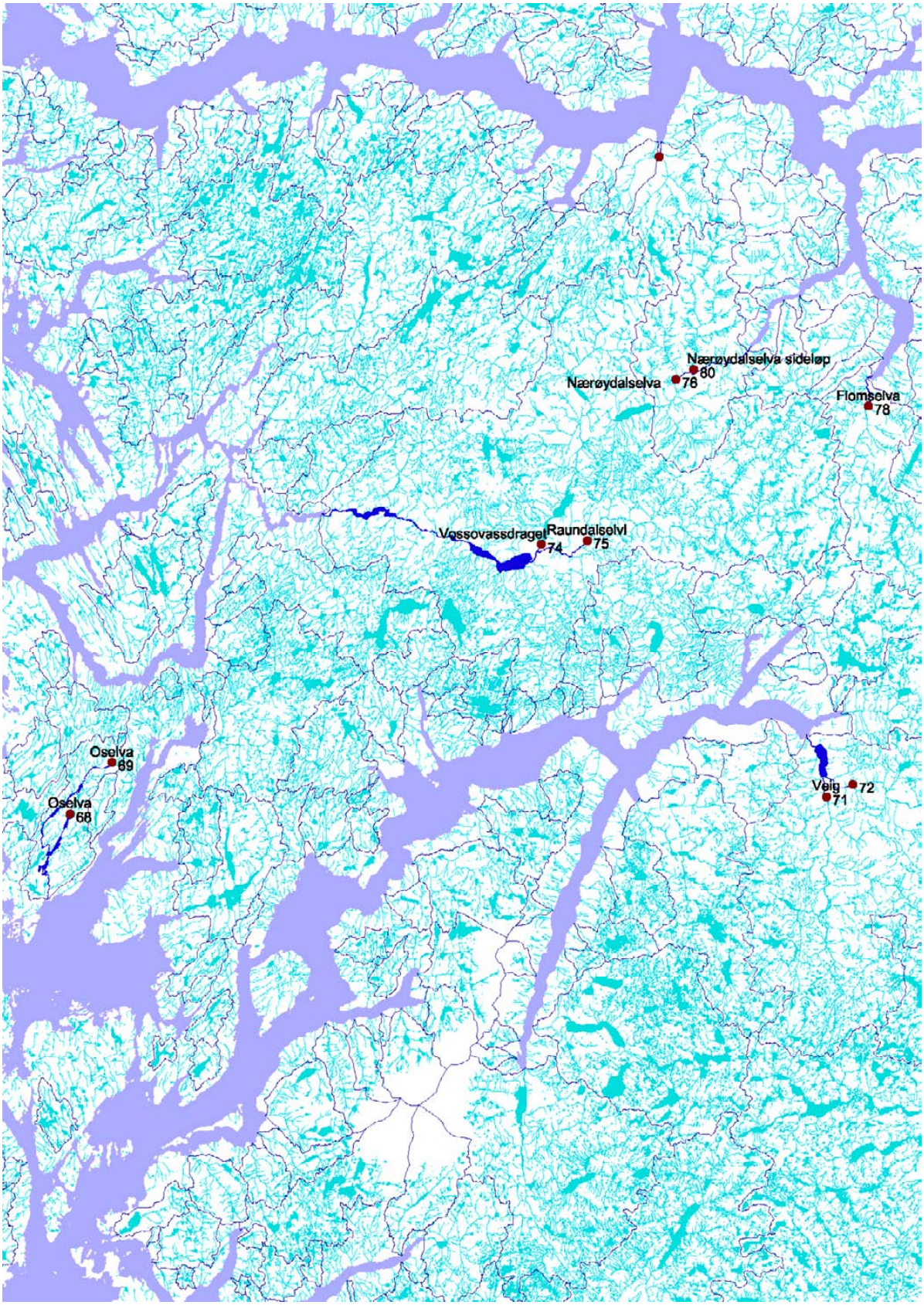
Rogaland


Imselva
1
Bergsbekken?
27
Figgjo
26
25
Figgjo
Håelva
23
Bjerkreimvassdraget
24
Elv fra Roaldsvatnet?
22
Håelva
19
Håelva
18
Elv fra Austrumsdalsvatnet
21
Elv fra Oslandsvatnet
17
Elv fra Ørsdalsvatnet
20
Ognaelva
16

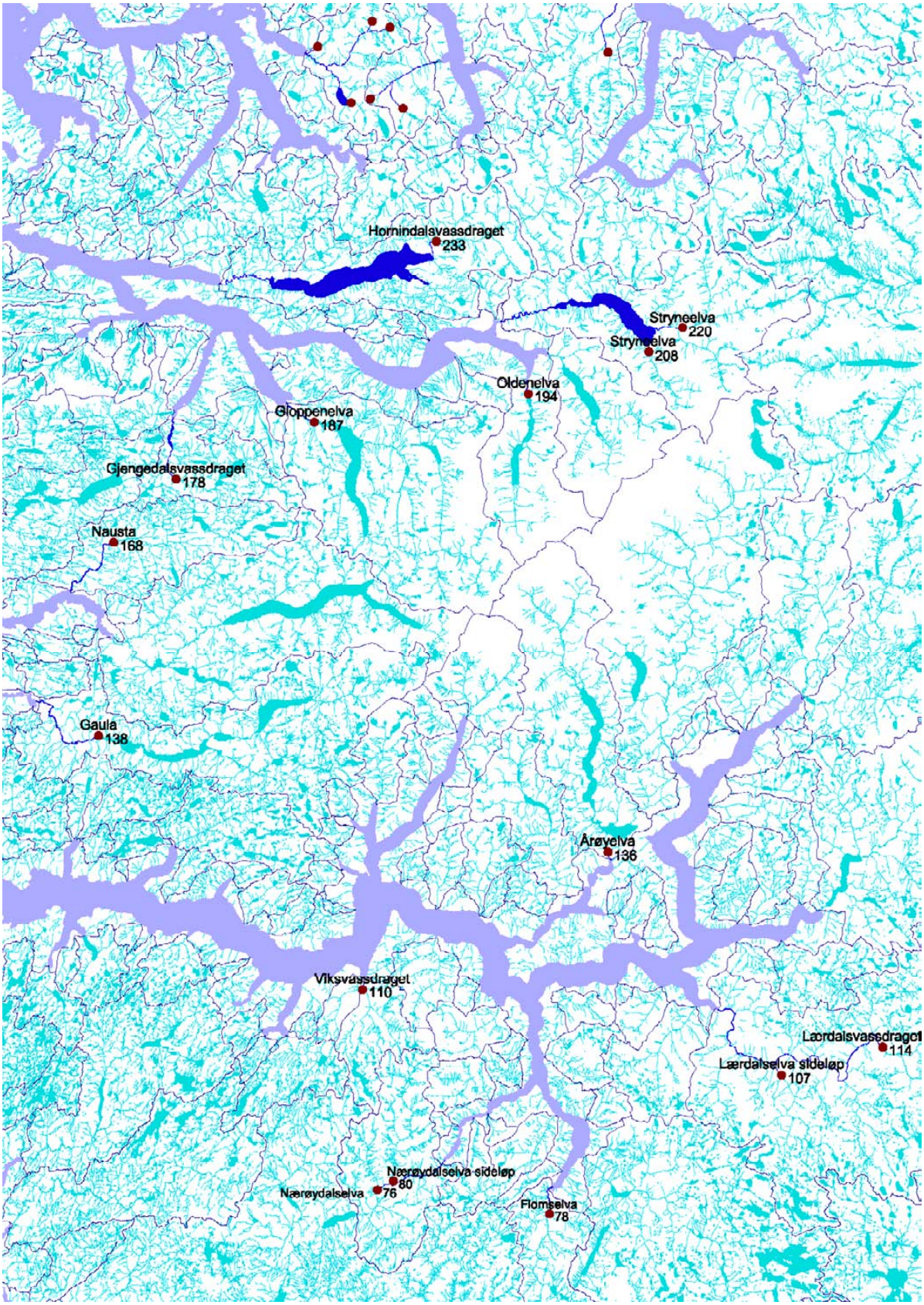
Ryfylke og Sunnhordland



Hordaland


Nærøydalselva sideløp
80
Nærøydalselva
76
Flomselva
78
Vossovassdraget
Raundalselvi
74
75
Oselva
69
Oselva
68
Veig
72
71

Sogn og Fjordane



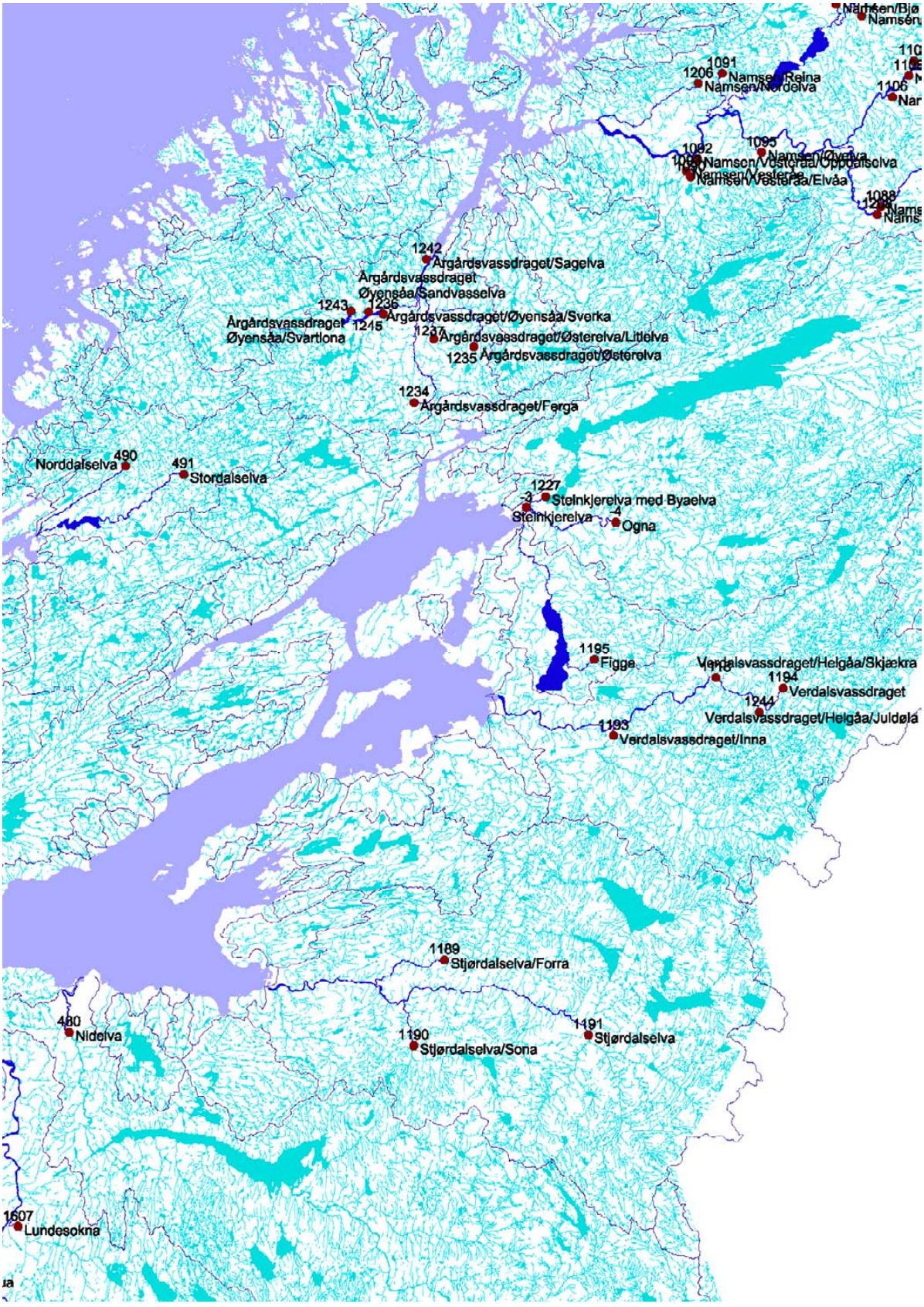
Møre og Romsdal



Sør-Trøndelag



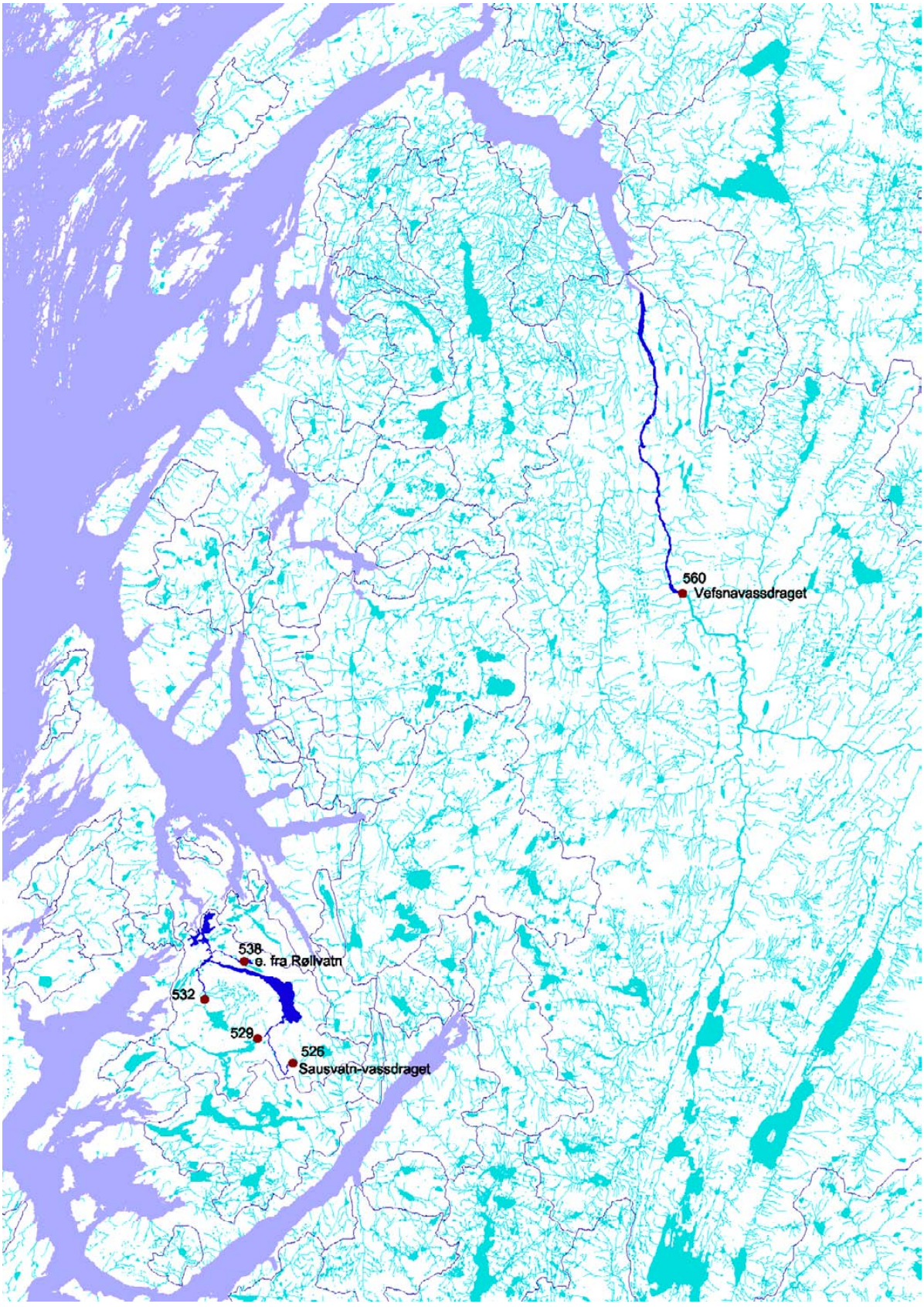
Fosen og Inn-Trøndelag



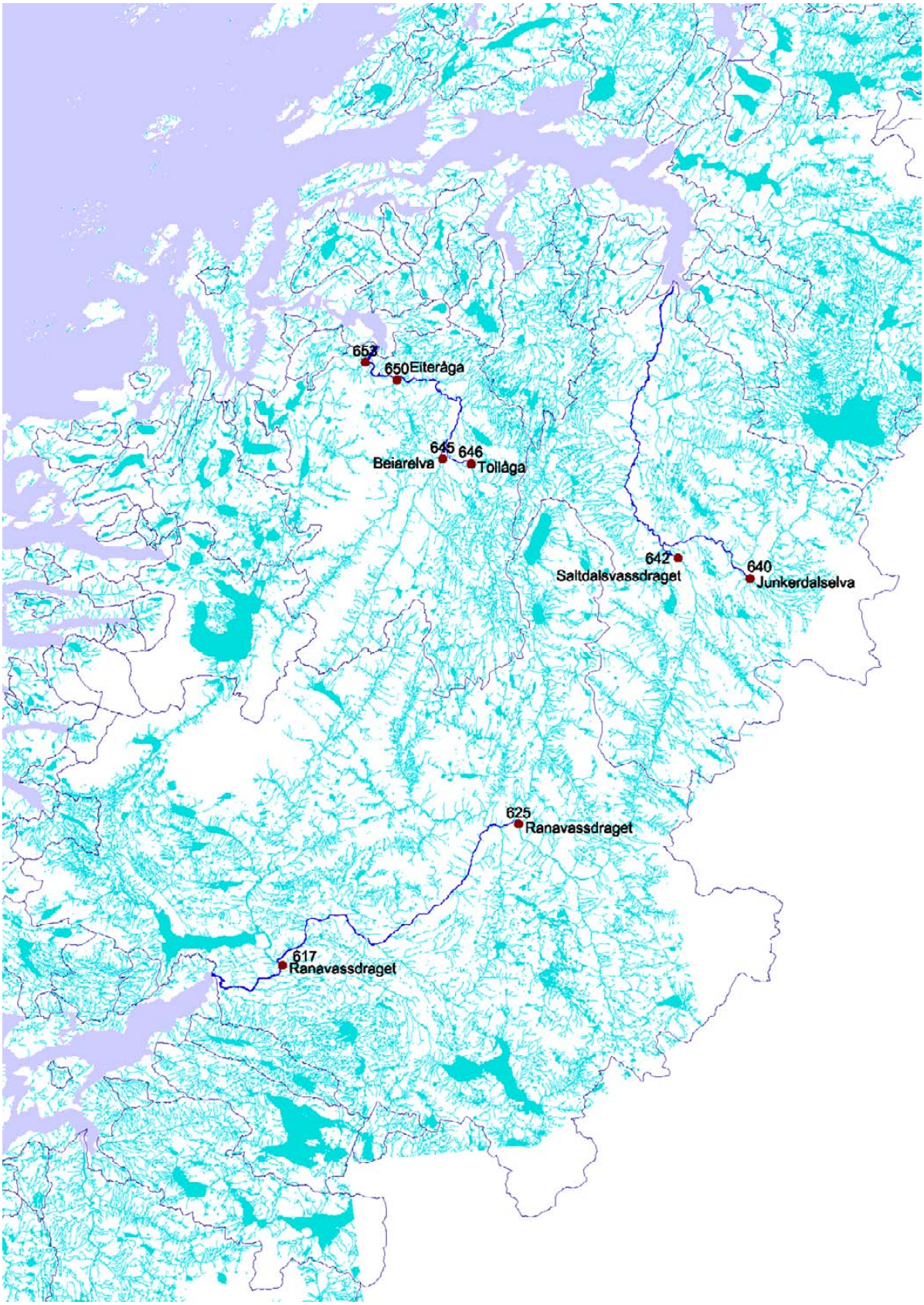
Namdalen og Åbjøra



Nordland Sør



Nordland Midt



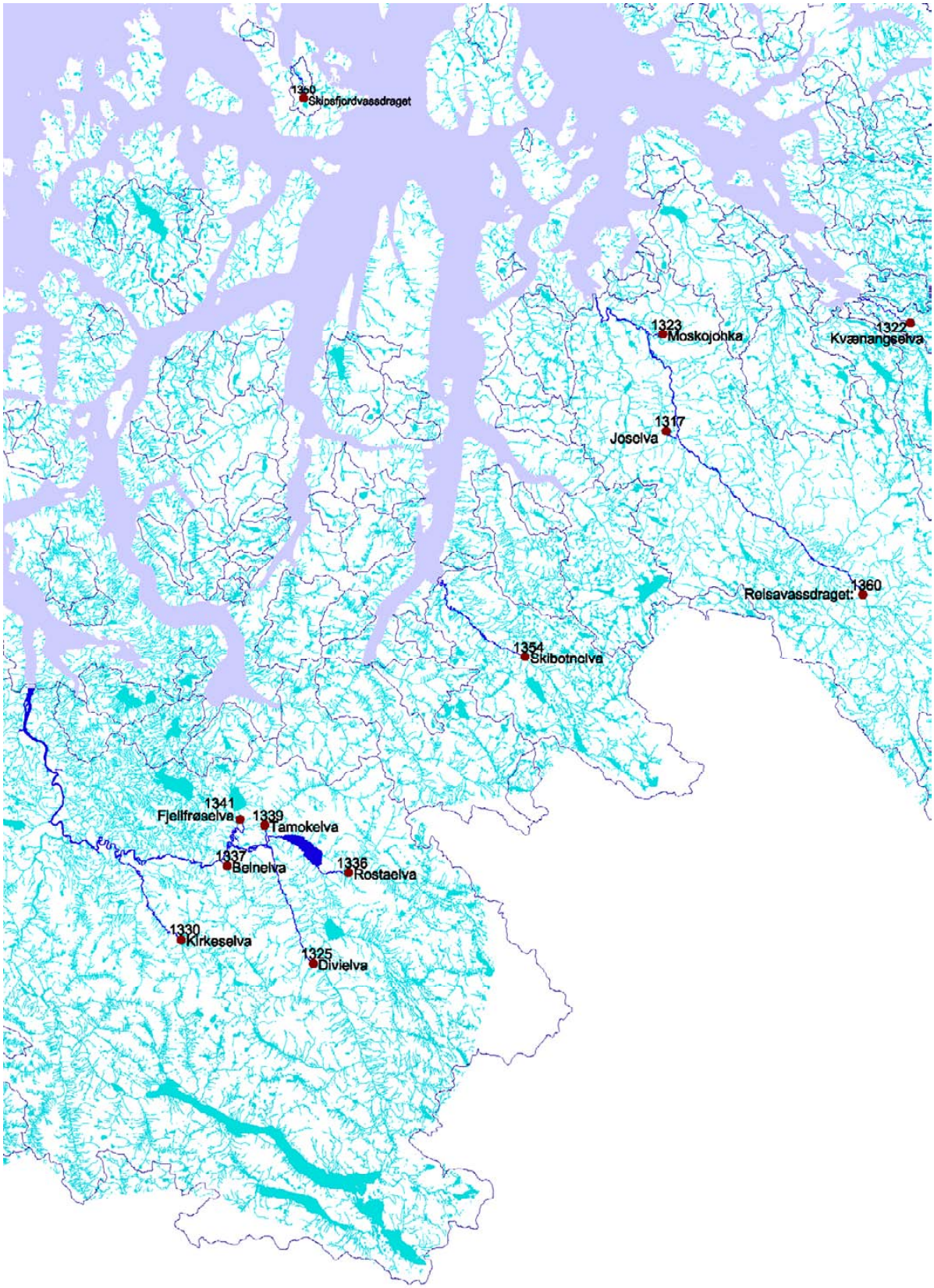
Nordland Nord



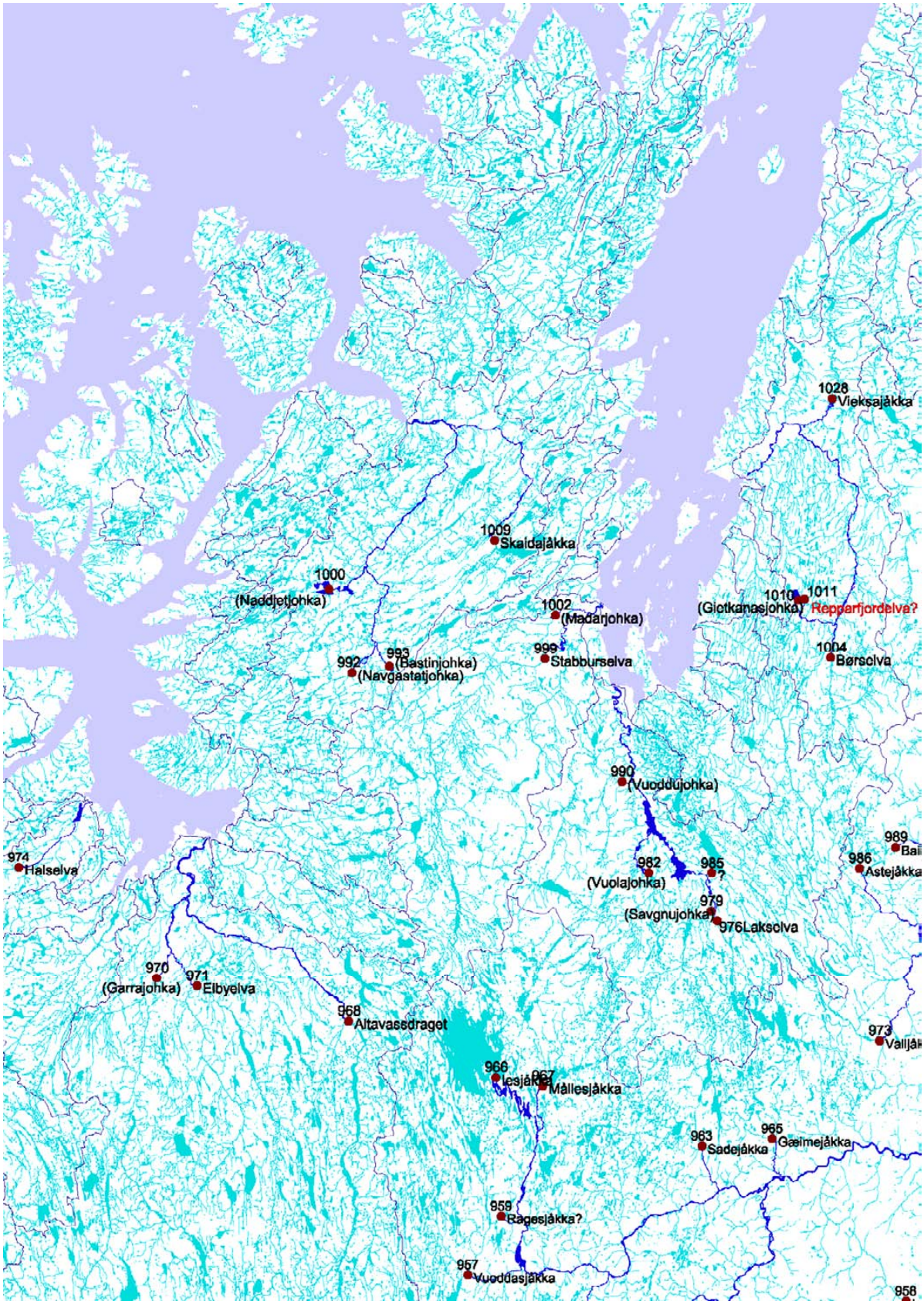
Vesterålen og Senja



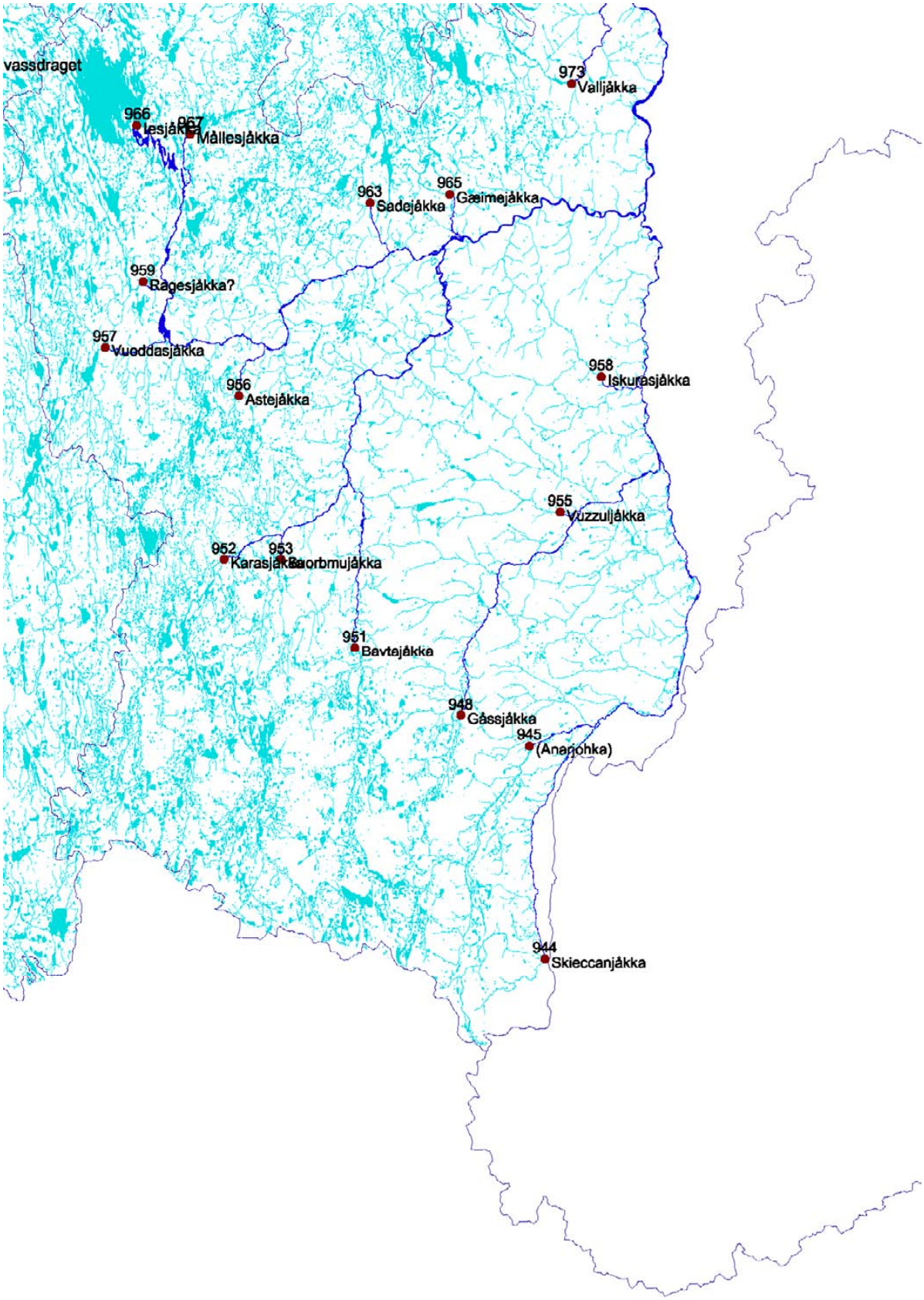
Troms


1360
Skipsfjordvassdraget
1323
Moskojohka
1322
Kvænangselva
1317
Josselva
1360
Reisavassdraget
1354
Skibotnelva
1341
Fjellfrøaelva
1339
Tamokelva
1337
Beinelva
1336
Rostaelva
1330
Kirkeselva
1325
Divielva

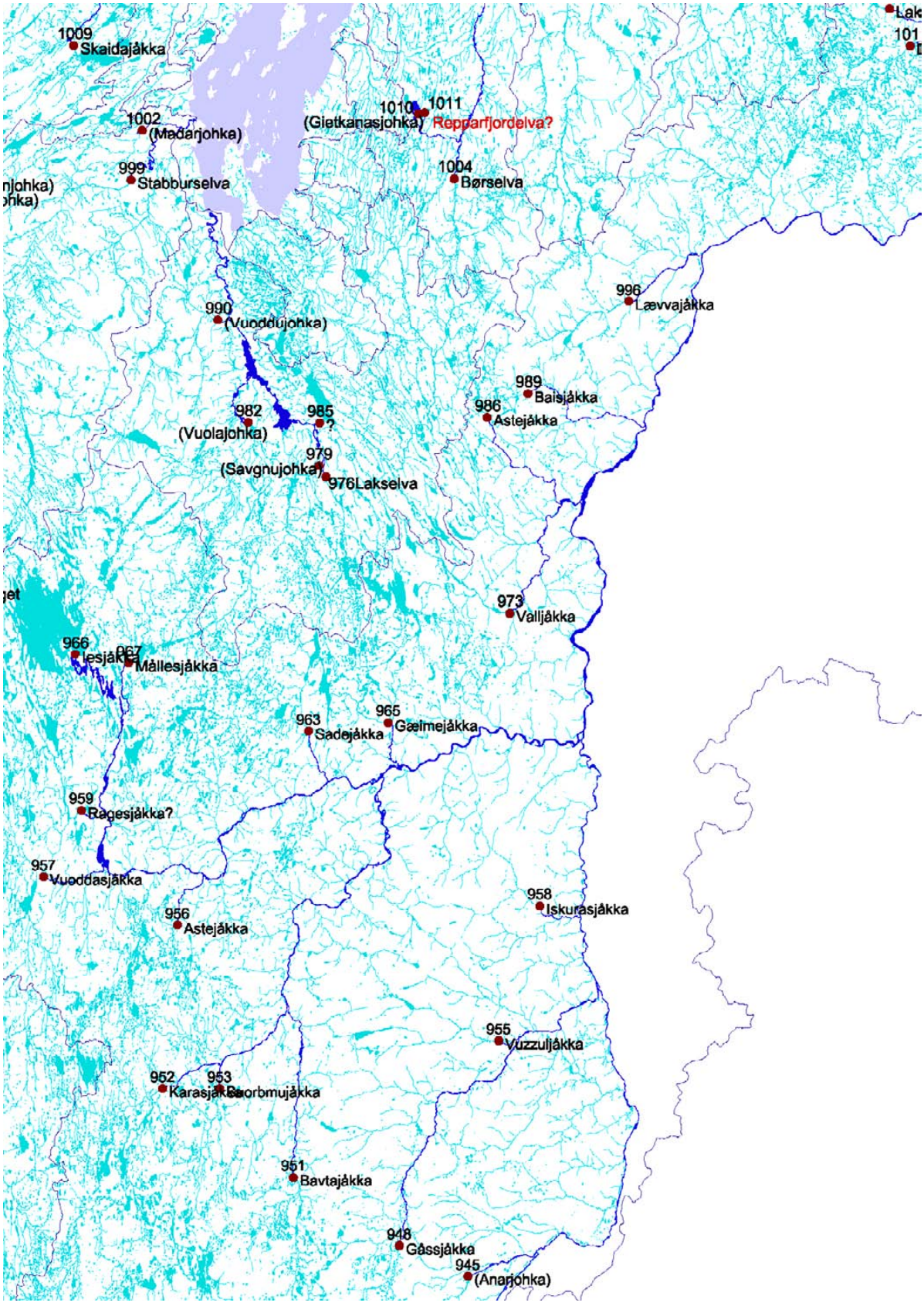
Finnmark Vest



Tana Syd


vassdraget
973
Valljåkka
966
Iesjåkka
967
Mållesjåkka
965
Gæimejåkka
963
Sadejåkka
959
Ragesjåkka?
957
Vuoddasjåkka
958
Iskurasjåkka
956
Astejåkka
955
Vuzzuljåkka
952
Karasjåkka
953
Saorbmujåkka
951
Bavtajåkka
948
Gåssjåkka
945
(Anarjohka)
944
Skieccanjåkka

Tana Midt og Laksefjorden



Finnmark Øst



NINA Rapport 226

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-1786-6



Norsk institutt for naturforskning
NINA hovedkontor
Postadresse: 7485 Trondheim
Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, 7047 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 73 80 14 01
Organisasjonsnummer: NO 950 037 687 MVA

www.nina.no

Grafisk utforming: NINA
Omslagsfoto: Per Jordhøy, Børre Dervo,
Knut Kringstad, Tycho Anker-Nilssen