

533

# OPPDRAKSMELDING

Fysiske kartparametre til bruk i  
en modell for beregning av  
produksjon av laksesmolt  
i vassdrag

Lars Erikstad  
Svein Erik Storeid  
Lars Petter Hansen



NINA • NIKU

NINA Norsk institutt for naturforskning

Fysiske kartparametre til bruk i  
en modell for beregning av  
produksjon av laksesmolt  
i vassdrag

Lars Erikstad  
Svein Erik Sloreid  
Lars Petter Hansen

**NINA•NIKUs publikasjoner****NINA•NIKU utgir følgende faste publikasjoner:****NINA Fagrapport  
NIKU Fagrapport**

Her publiseres resultater av NINAs og NIKUs eget forskningsarbeid, problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, og litteraturstudier. Rapporter utgis også som et alternativ eller et supplement til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

Opplag: Normalt 300-500

**NINA Oppdragsmelding  
NIKU Oppdragsmelding**

Dette er det minimum av rapportering som NINA og NIKU gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. I tillegg til de emner som dekkes av fagrapportene, vil oppdragsmeldingene også omfatte befaringsrapporter, seminar- og konferanseforedrag, årsrapporter fra overvåkningsprogrammer, o.a.

Opplaget er begrenset, normalt 50-100.

**Temahefter**

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov bl.a. for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "almenheten" eller særskilte grupper, turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.

Opplag: Varierer

**Fakta-ark**

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINA og NIKUs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

Opplag: 1200-1800

I tillegg publiserer NINA og NIKU-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

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

Oslo, mars, 1998

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-0918-7

Forvaltningsområde:

Norsk: Bærekraftig høsting, fisk

Engelsk: Sustainable harvesting, fish

Rettighetshaver ©:

Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning  
NINA•NIKU

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:

Erik Framstad

NINA, Oslo

Design og layout:

Ingrid M. Arnesen

NINA, Oslo

Kopiering: Kopisentralen A/S, Fredrikstad

Opplag: 100

Kontaktadresse:

NINA•NIKU

Dronningensgate 13

Postboks 736 Sentrum

0105 Oslo

Tlf: 22 94 03 00

Fax: 22 94 03 01

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.:15390

Ansvarlig signatur:



Oppdragsgiver:

Direktoratet for naturforvaltning

## Referat

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

Å etablere en regional forståelse av potensiale for lakseproduksjonen i norske vassdrag vil være svært resurskrevende om man bruker tradisjonelle metoder. Denne rapporten er ledd i et arbeid med å utnytte sammenhenger mellom naturforhold i elvene og deres nedbørfelt, smoltproduksjonen i vassdragene og overlevelsen i havet til å etablere modeller som kan bidra til framtidig lakseforvaltning. Dette arbeidet er i en tidlig fase. Rapporten behandler enkle tester først og fremst for å utnytte eksisterende kartdatabaser til å beregne vannareal i lakseførende del av elvene. Digitale data fra kartserien N50 (topografiske kart i målestokk 1:50000) ser ut til å være best egnet for regional sammenligning.

Rapporten behandler også muligheten til å utnytte det eksisterende kartverk til å beregne flere parametre som vil kunne benyttes i modellering av lakseproduksjonen. Dette gjelder særlig elvegradient, vegetasjons- og arealbruksforhold langs elven samt egenskaper knyttet til elvens nedbørfelt. Sammen med andre tilgjengelige data bør det på dette grunnlag være mulig å beregne potensielt smolthabitat på regional basis.

Emneord: laks - smolt - produksjon - beregning - kartparametere - modell

Lars Erikstad, Svein-Erik Storeid og Lars Petter Hansen, NINA, Boks 736 Sentrum, 0105 Oslo

## Abstract

Erikstad, L., Storeid, S.-E. & Hansen, L.P. 1998. Physical map parameters for use in a model to calculate production of salmon smolt in rivers. - NINA Oppdragsmelding 533: 1-22.

To establish a regional understanding of the potential for production of Atlantic salmon in Norwegian rivers by traditional field methods will be very resource demanding. This report is part of an extended effort to exploit relationships between the natural conditions of rivers and their catchments, smolt production in the rivers, and the survival of salmon in the sea to establish models which may contribute to the future management of salmon. These efforts are still in an early phase. This report mainly presents simple tests of the usefulness of existing digital map databases to calculate the water covered area of salmon carrying sections of rivers. Digital data from the map series N50 (topographic maps of scale 1:50000) appear to be best suited for regional comparisons.

This report also presents the possibility of using existing map data to calculate several parameters which may be employed in the modelling of salmon production. This includes in particular the river elevational gradient, vegetation and land cover along the river, as well as properties tied to the catchment area of the river. Together with other available data, this should form a suitable basis for estimating potential smolt producing habitat on a regional basis.

Key words: salmon - smolt - production - calculation - map parameters - model

Lars Erikstad, Svein-Erik Storeid og Lars Petter Hansen, NINA, Boks 736 Sentrum, N-0105 Oslo, Norway

## Forord

Denne rapporten er utarbeidet på oppdrag fra DN. Formålet med arbeidet har vært å teste i hvilken grad data fra eksisterende kartverk kan benyttes for å beregne regionalt sammenlignbare oversikter over elveareal i norske lakseelver, og om det ut fra samme datagrunnlag er mulig å klassifisere elvestrekninger i forhold til kvalitet for smoltproduksjon. Denne type regionale beregninger av fysiske elveparametre er ment å danne et viktig bidrag til framtidige modeller for smoltproduksjon i vassdragene.

Vi vil takke Jon Backer ved Ims forskningsstasjon for feltmålinger som ble utført for å kontrollere definisjoner i kartbasene.

Oslo, mars 1998  
Lars P. Hansen  
Prosjektleder

## Innhold

<b>Referat</b> .....	<b>3</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>3</b>
<b>Forord</b> .....	<b>4</b>
<b>Innhold</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>5</b>
<b>2 Arealmåling</b> .....	<b>6</b>
<b>3 Høydegradient</b> .....	<b>12</b>
<b>4 Klassifisering av elvestrekninger</b> .....	<b>14</b>
<b>5 Klassifisering av nedbørfelt og direkte måling av hydrologiske, fysiske og kjemiske parametre</b>	<b>17</b>
<b>6 Konklusjon</b> .....	<b>19</b>
<b>7 English summary</b> .....	<b>20</b>
<i>Area</i> .....	<i>20</i>
<i>Other physical parameters</i> .....	<i>20</i>
<i>Conclusion</i> .....	<i>21</i>
<b>8 Litteratur</b> .....	<b>22</b>

# 1 Innledning

For å kunne opprettholde en bærekraftig forvaltning av vill laks i Norge, er det svært viktig å vite hvor mye laksesmolt som produseres i elvene, og hvor mye av denne smolten som gjennom sitt livsløp igjen rekrutteres til gytefisk. I Norge er det mer enn 600 vassdrag hvor det er gyting av laks. Hvor mye smolt som årlig produseres i disse er imidlertid svært dårlig kjent. Vi har bare data om smoltproduksjon fra noen elver, for eksempel Imsa (Jonsson et al. 1998a), Kvasseheimsåna (Hesthagen et al. 1986), Orkla (Hvidsten et al. 1995) og Vardneselva (Berg 1977). I disse vassdragene varierer smoltproduksjonen fra ca. 3 til 15 individer pr m<sup>2</sup> og år.

Hvor mange gytere som trengs for å få en optimal smoltproduksjon, har vi kun data på fra ett vassdrag, Imsa i Rogaland (Jonsson et al 1998b). Her er det estimert antall egg pr. arealenhet som trengs for optimal smoltproduksjon. Denne er beregnet ut fra en langtidsserie med estimater av mengde egg lagt og smoltproduksjonen fra disse årsklassene (*stock - recruitment* sammenhengen). Det ble funnet at det trengs en langsiktig deponering av mellom 6 og 10 egg pr m<sup>2</sup> og år i Imsa for å nå gytemålet. Slike *stock - recruitment* sammenhenger er også tilgjengelige fra noen vassdrag i Storbritannia, Irland, Island, Frankrike og Canada. I de fleste tilfellene er slike data innhentet fra relativt små elver hvor prøvetaking og bestandsberegninger kan foregå uten for store feilkilder.

Smoltproduksjonen i vassdrag kan også grovt anslås ved å beregne tettheten av parr av forskjellig alder (spesielt den årsklassen som har kort tid til smoltifisering). Men andelen kjønnsmodne parrhanner kan være stor, og det er viktig å justere for dette. I store elver er det imidlertid vanskelig å beregne bestanden f.eks. ved hjelp av elfiskemetodikk.

Å etablere akseptable *stock - recruitment* sammenhenger er både kostbart og tidkrevende. Derfor er det urealistisk å tro at det er praktisk mulig å få dette til i mer en et lite utvalg av vassdragene. Det er atskillig enklere å estimere produksjonen av smolt, eventuelt av parr og av gytefisk. En alternativ metode til *stock - recruitment* kan derfor være å modellere potensialet for lakseproduksjon i vassdrag basert på kunnskap om sammenhenger mellom smoltproduksjon og fysisk-kjemiske egenskaper i vassdragene og deres nedbørfelt. Dette krever gode kunnskaper om hva slags biotiske og abiotiske faktorer som er viktige for produksjon av laks i ferskvann. Dessuten må en vite noe om hvordan miljøforhold i nedbørfeltet og ovenforliggende elvestrekninger påvirker biotiske og abiotiske forhold i de lakseproduserende elvestrekningene.

Slik modellering vil omfatte flere elementer:

1 I første omgang er det viktig å estimere det lakseproduserende arealet i norske vassdrag.

2 Dessuten er det viktig å estimere den årlige smoltproduksjonen pr. arealenhet i hele eller deler av forskjellige typevassdrag, for så å overføre denne kunnskapen til andre vassdrag. I denne sammenhengen er det viktig å karakterisere arealet mht ulike egenskaper ved habitatet for å gi best mulig grunnlag for å forutsi smoltproduksjonen.

3 For endelig å kunne forutsi den faktiske produksjonen av laks i et vassdrag, vil det være nødvendig å etablere sammenhenger mellom smoltproduksjonen og tap i ulike faser av laksens liv fram til gytefisken vandrer opp i vassdraget igjen.

I denne rapporten skal vi utrede mulighetene for å estimere størrelsen av lakseproduserende areal i norske vassdrag ved å bruke eksisterende kartverk. Deretter skal vi se på hvordan dette kan knyttes til elvegradienter, klassifisering av vassdrag og bruk av målte hydrologiske parametre. For å optimalisere mulighetene innenfor eksisterende kartverk, har vi gjort noen enkle sammenligninger mellom forskjellige metoder. Vi har ikke gått inn på en digital avgrensingsmetode for å bestemme lakseførende strekning, men forutsatt at lakseførende strekning er kjent med rimelig nøyaktighet.

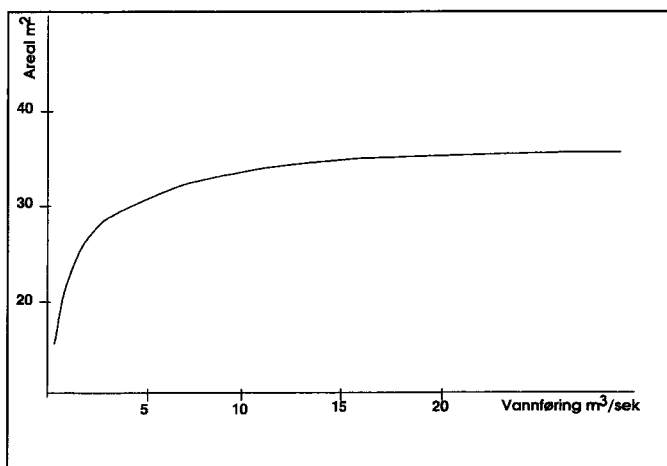
## 2 Arealmåling

Den mest grunnleggende parameteren for en elvs potensiale for produksjon av laks er arealet av lakseførende strekning. Elvens areal er imidlertid ikke en entydig parameter. Arealet er avhengig av elveløpets form og av vannføringen. Det varierer dermed over tid. Ethvert mål på elvearealet som baserer seg på måling ved et gitt tidspunkt, vil med andre ord være beheftet med usikkerhet knyttet til vannføringen på dette tidspunktet.

I forbindelse med utviklingen av en fysisk beskrivende vassdragsmodell (Vaskinn 1988) er det målt opp flere korte elvestrekninger der bl.a. elvens areal over disse strekningene er beregnet i forhold til vannføringen (**figur 1**). Som det fremgår av figuren, vil areal målt på svært lave vannføringer gi svært lave verdier, mens arealestimatet fort stabiliserer seg ved økende vannføring. Dette vil være et generelt bilde i alle elveløp med en klar løpsavgrensning og relativt vid, men ujevn bunn. Den nøyaktige formen på kurven vil variere med elveløpets mønster og profil. Kurven viser at arealmål som baserer seg på registrering på et gitt tidspunkt, må vurderes i forhold til vannføringen på dette tidspunktet. Er vannføringen spesielt lav, bør arealmålingen korrigeres. Er vannføringen normalt høy, ser vi av kurven at feilkildene knyttet til arealmålingen kan forventes å bli relativt beskjeden.

Følgende arealmål er vurdert i denne rapporten:

- areal målt fra eksisterende kartverk (ØK, N50 og N250)
- areal målt fra flyfoto
- areal beregnet ut fra lengde på elven og bredde målt med jevne mellomrom langs elven.



**Figur 1**  
Forholdet mellom areal og avløp ved en bestemt stasjon i Gjengedalselva, Sogn og Fjordane (Vaskinn 1988).  
Relationship between area and discharge on one investigated station in Gjengedalselva, Sogn og Fjordane county, South Norway (Vaskinn 1988).

Det siste målet har vært vanlig ved feltmessig beregning av areal (f. eks. Vaskinn 1988), men er neppe verken særlig nøyaktig eller særlig arbeidsøkonomisk for en regional anvendelse. Fordelen er at vurderingen gjøres i felt, og den kan derfor kombineres med andre feltobservasjoner som er relevante (f.eks. substratregistreringer). Arealvurdering i felt kan også kalibreres i forhold til vannføringen på registreringstidspunktet. Areal målt fra flyfoto er også relativt arbeidskrevende. Dette er en metode som ikke bør være nødvendig å gjennomgå siden vannflater og vannkonturer i eksisterende kartverk er konstruert med bakgrunn i flyfoto.

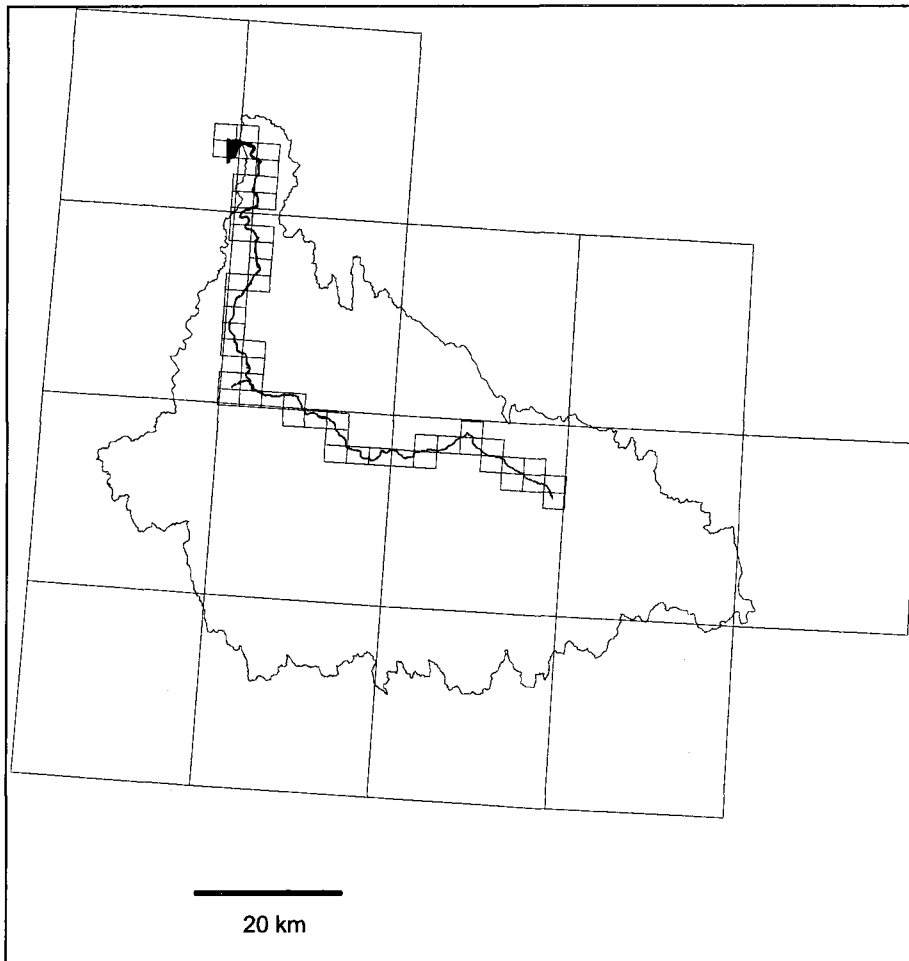
I det følgende skal vi derfor konsentrere oss om hva slags arealdata som kan utledes fra eksisterende kartverk. Rent praktisk har vi tatt utgangspunkt i eksisterende digitale kart. I større eller mindre grad finnes slike data tilgjengelig for økonomisk kartverk (ØK), N50 serien (M711, dvs. topografiske kart med målestokk 1:50 000) og N250 serien.

Det første punktet som her bør tas hensyn til, er mengden data som må anskaffes og inngå i analysen. **Figur 2** viser elvestrekningen for Gaula mellom Gaulosen og Støren, som er brukt som eksempel i denne rapporten. For å dekke denne strekningen med ØK kartverk trengs 23 kartblad, mens 2 kartblad er nødvendig i N50 serien og 1 kartblad i N250 serien. Dette har relevans både for arbeidskostnader og for kostnader ved innkjøp av kartdata. Det vil si at data innhentet ved analyse av ØK kart bør være vesentlig bedre enn de andre datasettene før analysen legges på dette skalanivået. En annen sak er at digitaliseringen av ØK kart ikke er kommet så langt som for de øvrige kartseriene. Tilgjengeligheten av digitale kartdata er derfor ikke så god for ØK, men dette forbedres gradvis.

Den første begrensningen i bruken av disse kartdataene er selve definisjonene av når en elv gis et areal (det vil si at elven oppgis som et polygon), og når den representeres ved en strek. Dette er standardisert og spesifisert i SOSI-standarden (Statens kartverk 1995). De relevante grensene er vist i **tabell 1**.

Det er 5 klasser for bredden av vannstrengen i elver og bekker i SOSI-standarden. Vannbredden er knyttet til midtlinjen eller til kantlinjene (som danner arealet) der disse er registrert. For at elven skal representeres på N250 kart gjelder at lengden av elven må være lengre enn 1000 m for alle tre kategorier for vannbredde. På N250 nivå må disse opplysningene om vannbredde tas som veiledende, da kartografiske vurderinger også har blitt gjort i framstilling og kategorisering av vannstrengen. På N50 vil elver bredere enn 3 m være registrert når lengden er minst 75 m, som polygon når elven er bredere enn 15 meter. Ved en rask kontroll i elven Imsa som ligger nettopp i dette breddenivået, ser det ut til at disse generelle reglene er fulgt bra opp i kartkonstruksjonen.

Arealberegninger på elver smalere enn 40 meter med utgangspunkt i N250 må følgelig utføres som et lengdemål med beregnet elvebredde. Ut fra kartdata fra Gaula (mellom



**Figur 2**  
 Gaulas nedbørfelt. ØK  
 kartinndeling er vist som små ruter.  
 De store rutene viser N50  
 kartinndeling.  
 The catchment area of the river  
 Gaula. Map sections of the ØK map  
 series is shown as small squares.  
 The larger squares show the  
 sections of the N50 map series.

**Tabell 1**

Sammenstilling av SOSI-definisjoner av vannbredde i ulike kartserier (Statens kartverk 1995). Avhengig av elvens størrelse representeres den som hhv en flate eller en lengde. - Overview of the standardized SOSI definitions for the width of water courses in various map series (Statens kartverk 1995). Dependent on the size of the river, it will be represented as either an area («Flate») or a linear segment («Lengde»).

Vannbredde	Definisjon	N250	N50	ØK
5	>40m	(Stor elv) Flate	Flate	Flate
4	>15m <40m	(Middels elv) Lengde	Flate	Flate
3	>3m <15m	(Liten elv) Lengde	Lengde	Flate
2	>1m <3m		Lengde	Lengde
1	<1m			Lengde



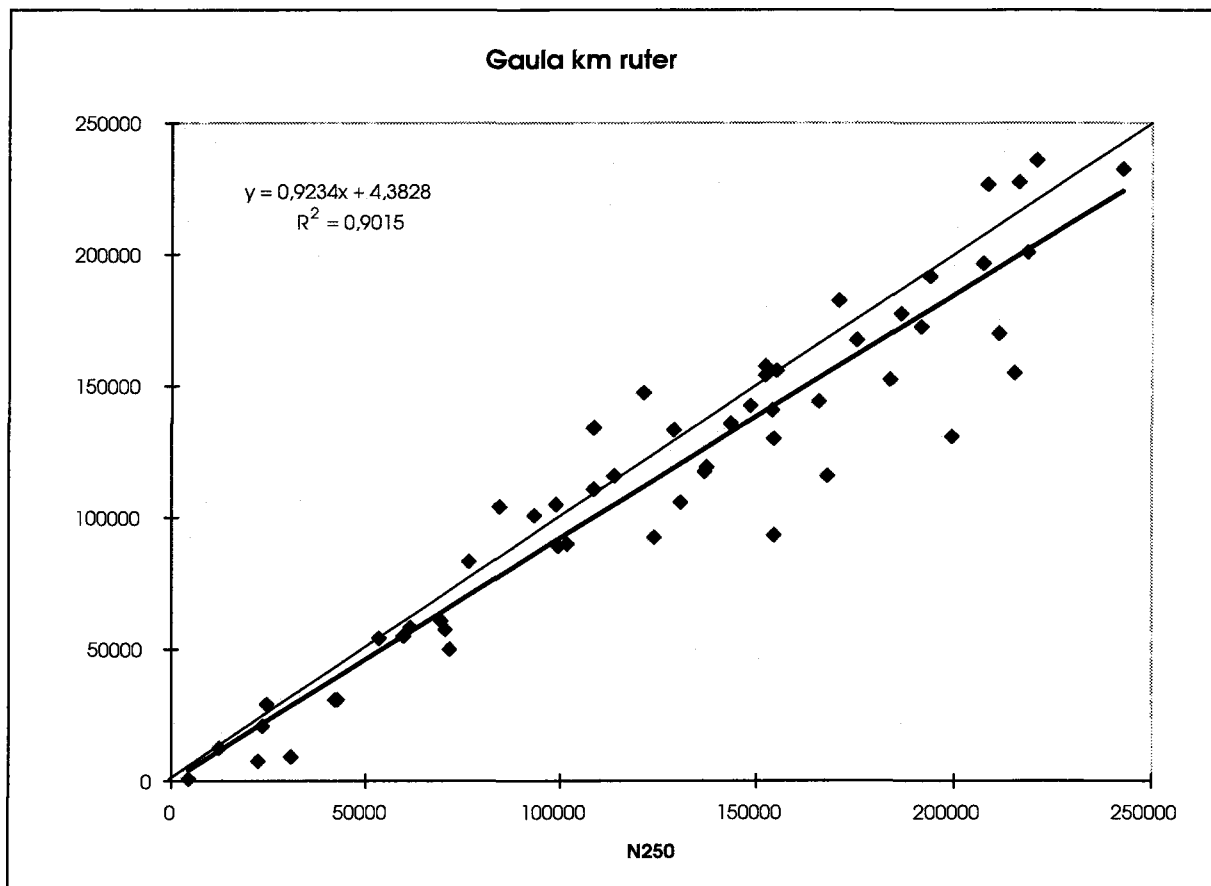
Gaulosen og Støren) har vi gjort praktiske tester på arealberegning basert på data fra de tre karttypene for elvestrekninger bredere enn 40 meter, det vil si der elven er avmerket som polygon i alle tre kartverk. Dette er utført ved at det er etablert et rutenett med ruter på 1 km<sup>2</sup> over hele kartmodellen. Elvearealet er målt i samtlige ruter og brukt til sammenligning mellom de ulike kartseriene (figur 3-4).

Det er en generell forestilling om at måling på detaljerte kart bør gi bedre resultater enn måling på mindre detaljerte kart. Dette behøver ikke å være tilfelle. Både ØK kart og N50 kartene er konstruert ut fra flyfoto som bør kunne gi gode nok data til en god arealberegning av elven. ØK kartene er som produkt mindre kvalitetssikret med tanke på synfaring og etterkontroll. Dette ses godt på bekkemønster i skog der normalt kun bekker som synes på flyfoto, er konstruert inn i kartmodellen. Det kan derfor godt tenkes at N50 serien gjennomgående kan ha vel så god kvalitet som ØK kartene.

Forholdet mellom N50 serien og N250 serien er ikke på samme måte uavhengig av hverandre. N250 serien er basert på N50 serien med en høyere generaliseringsgrad.

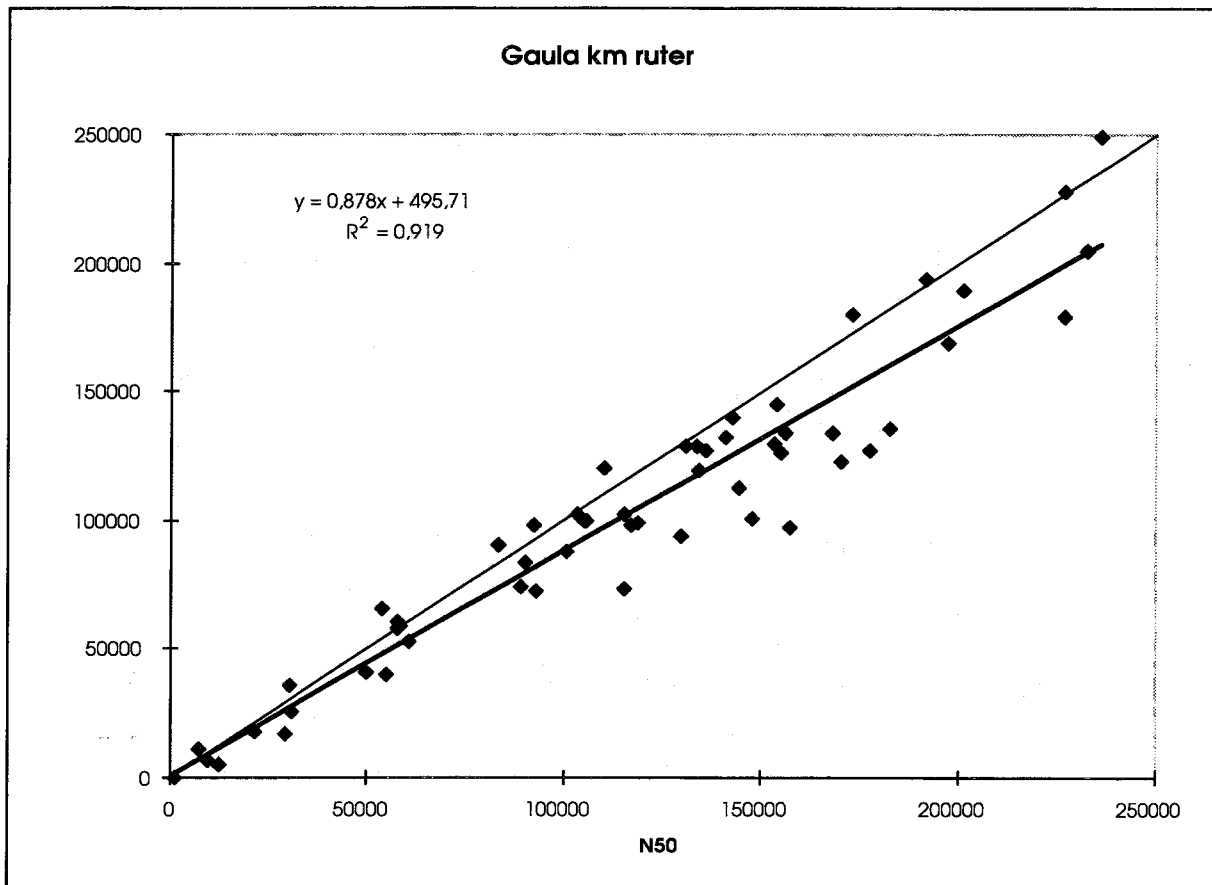
Det er godt kjent at måling av linjeelementer som kystlinjer m.v. er avhengig av målestokken de måles på. Jo mer detaljert kartverk, jo lenger blir den målte lengden av en gitt kyststripe. Nettopp denne typen geografiske målinger er grunnlaget for utviklingen av fraktal geometri som beskriver sammenhenger i tilsynelatende kaotiske datasett der dataene imidlertid oppviser det samme variasjonsmønsteret på ulike skalaer, dvs dataene karakteriseres som «selvlige» (*self-similar*) over flere skalasprang (Mandelbrot 1967).

Selv om bruken av konstruert midtlinje for å representere elvestrengen vil kunne dempe denne effekten noe, vil vi likevel forvente at lengdemålet av elven som streksymbol vil kunne bli betydelig lengre målt på ØK kart enn på f.eks. N250 kart. Det samme er neppe tilfelle ved måling av areal av kartpolygoner som avgrenses av linjer rundt hele objektet. Selv om omkretsen kan øke ved endret og mer detaljert målestokk, behøver ikke arealet gjøre det. Det fraktale elementet i polygonavgrensningene vil både føre til tillegg og fratrukk av areal slik at den totale arealberegningen i liten grad behøver å bli påvirket av endringer i målestokk. Det er derfor vanskelig med noen sikkerhet å forutsi virkningen av økt generalisering på en slik arealmål-



**Figur 3**

Forholdet mellom arealmåling basert på N50 og N250 kart innen et 1 km<sup>2</sup> rutenett i Gaula nedstrøms Støren.  
The relationship between area measurements based, respectively, on the N50 and N250 map series within a 1 km<sup>2</sup>



**Figur 4**

Forholdet mellom arealmåling basert på N50 og ØK kart innen et 1 km<sup>2</sup> rutenett i Gaula nedstrøms Støren. The relationship between area measurements based, respectively, on the N50 and ØK map series within a 1 km<sup>2</sup> grid covering the river Gaula below the settlement Støren.

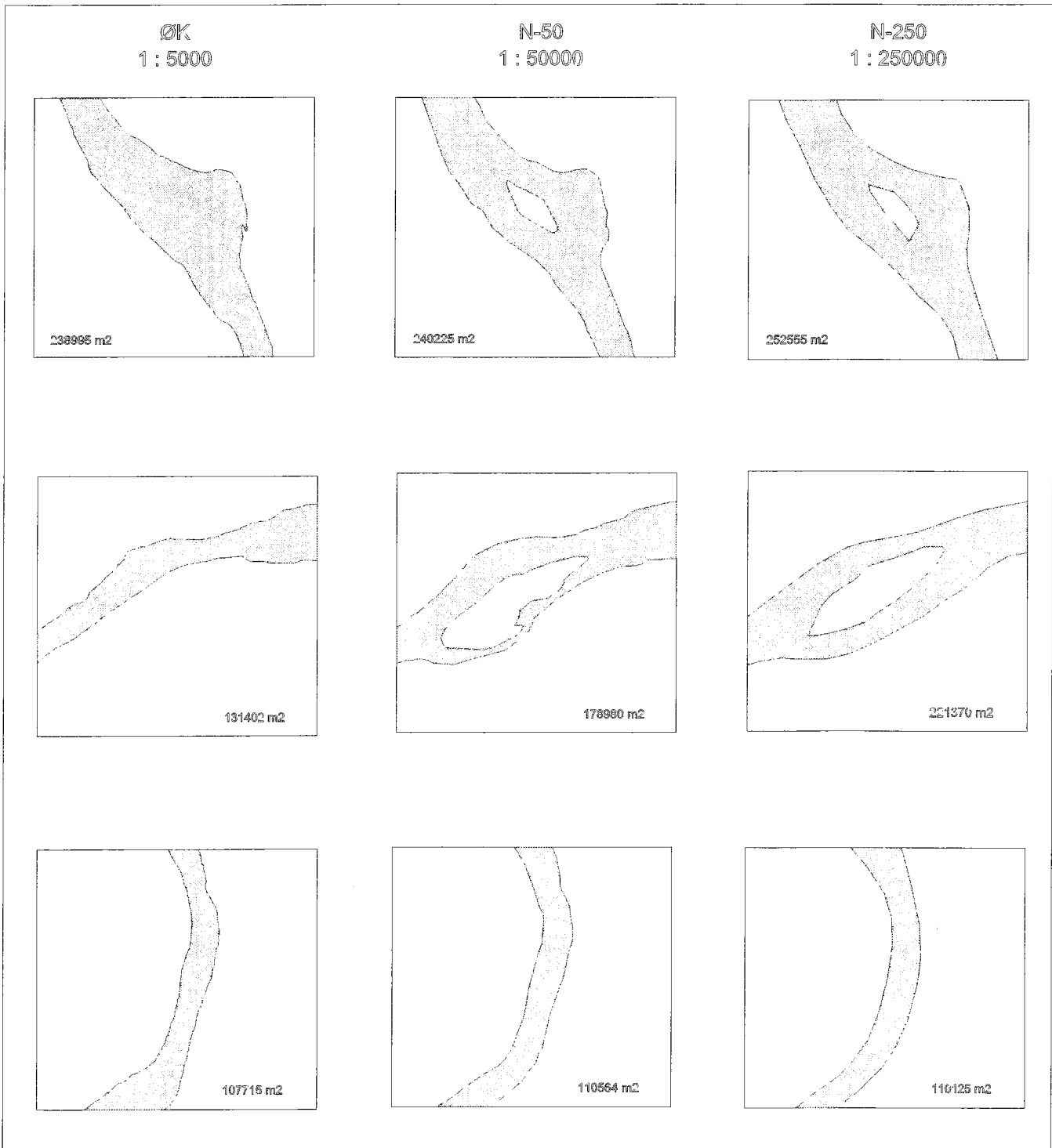
ingsprosedyre.

Dette illustreres i **figur 3** der arealmål fra N50 serien er sammenlignet med N250 serien. Utgangspunktet for de to kartseriene er det samme, slik at det kun er generaliseringsnivået som er forskjellig. Figuren viser da også stor sammenheng mellom de to måleseriene selv om arealmålene fra N50 serien gjennomgående er litt lavere enn for N250 serien. **Figur 4** viser tilsvarende sammenligning mellom arealmål basert på ØK kartverk og N50 serien. Her er forskjellene noe større. Også her er det den minst detaljerte kartserien (N50) som gjennomgående gir størst areal.

For å se nærmere på hva denne type forskjeller bunner i, har vi tatt ut tre eksempler fra Gaula (**figur 5**) som viser elvestrengen innen et mindre område fremstilt fra de tre kartseriene. Det nederste eksemplet viser et elveløp som er klart definert og med små forskjeller mellom kartseriene. I det mellomste tilfelle ser vi en forgrenet del av elveløpet som er tegnet inn på N50 og N250 kartet, men ikke på ØK kartet. Årsaken til dette ligger i at de to kartseriene ikke er

direkte sammenlignbare. ØK viser konstruert vannflate slik den er synlig på de flyfotoene som er brukt til konstruksjonen, det vil si et øyeblikksbilde. N50 kartserien derimot fremstiller elvekonturen med «normal høyvannføring» (Statens Kartverk 1989), det vil si med en innebygget korreksjon for svært lav vannføring og eventuelt flom på tidspunktet for flyfotografering.

Flyfotograferingen for ØK av Gaula ble gjort 5.7.1991. Ifølge vannføringsdata fra nærliggende vannstasjon (**figur 6**) var vannføringen denne dagen relativt lav, slik som den ofte er midtsommers. Dette indikerer at arealmåling på ØK kartene kan være usikre (**figur 1**). Ut fra dette er det nærliggende å påpeke at flyfototidspunktet for ØK kan representere en større feilkilde for arealmålet sammenlignet med N50 enn endringen i skala. På den annen side er det rimelig å anta at en normal lavvannsføring sommerstid (eventuelt også vinterstid) er vel så relevant for smolt-produksjonen som normal høyvannsføring slik det fremstilles på N50. Problemet er imidlertid å fremskaffe tall som er regionalt sammenlignbare. Vi vurderer sammenlignbarheten foreløpig som viktigst og vil derfor tro at det er best å ta utgangspunkt i N50 dataene fremfor ØK.

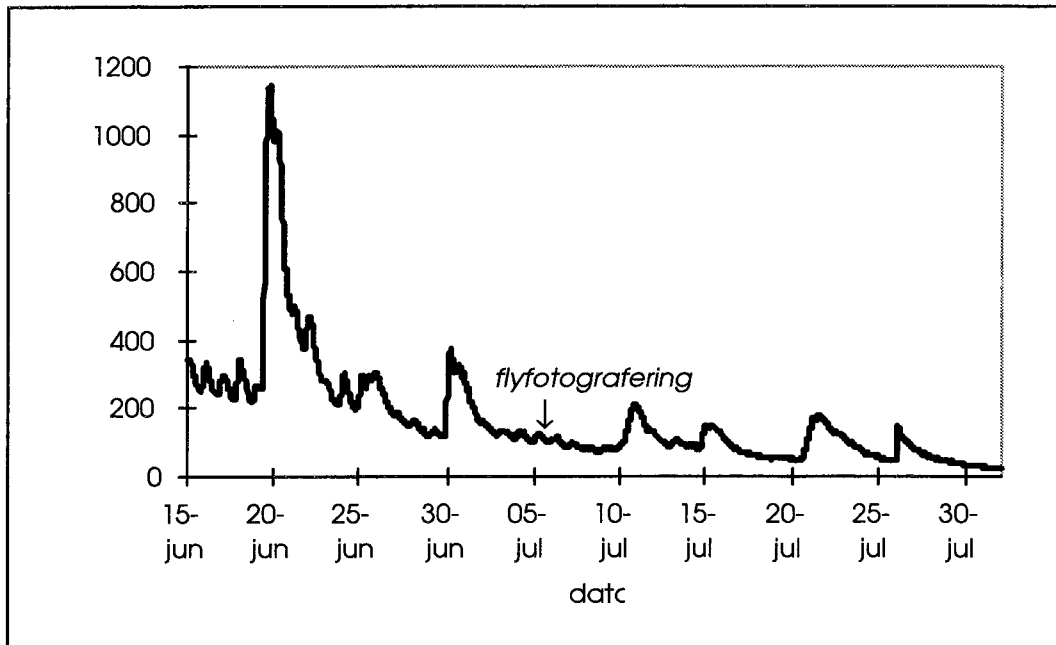
**Figur 5**

Sammenligning av form og areal av utvalgte elvestrekninger i Gaula fra ØK, N50 og N250 kartbase. Firkantene er ca 1 km brede.

Comparison of form and area of selected section of the river Gaula from the ØK, N50, and N250 map series. The rectangles are about 1 km wide.

Dette vil i så fall implisere at arealmåling fra kartdataene ikke kan gjøres for elvestrekninger smalere enn 15 meter (tabell 1). For disse elvestrekninger (vannbredde 3, det vil si vannbredde mellom 3 og 15 meter) vil det være nødvendig å beregne areal ut fra elvelengden med en middels vannbredde på 9 meter. Dette vil gi en feilkilde på

+/- 6 meter eller maksimal feil i arealestimatet på +/- 6000 m<sup>2</sup> pr km elv. For større elver vil arealberegningene for de delene av elva som er bredere enn 15 meter dominere det totale arealestimatet slik at denne feilkilden neppe blir særlig alvorlig. For små elver kan imidlertid feilkilden her være betydelig, og dette bør utredes nærmere med bakgrunn i et bedre datamateriale.



#### Figur 6

Vannføringskurve for en stasjon i Gaula sommeren 1991. Tidspunkt for flyfotografering for ØK er avmerket.  
 Water discharge curve for a station in the river Gaula during summer 1991. The time of aerial photography for the ØK map series is indicated.

Det øverste eksemplet i **figur 5** viser en situasjon der en elvebanke er tegnet inn på N50 og N250 kartene, men ikke på ØK kartet. Dette kan dels være en reell endring i elveløpet. Elvebanker kan skifte posisjon, bygges opp og forsvinne, men det kan også være en feil i ØK kartet som ikke er rettet opp pga. manglende synfaring og etterkontroll.

### 3 Høydegradient

Laksen trives best på rennende vann, men det kan også være en viss lakseproduksjon i områder hvor vannstrømmen er svært liten eller i innsjøer. Det er derfor viktig at arealet blir fordelt på ulike habitater. Av fysiske parametre som beskriver elven og dens egenskaper er høydegradienten helt sentral. Denne styrer vannets hastighet, løpsform og dermed erosjons- og sedimentasjonsregimet i elven. Gjennom dette bør en også forvente korrelasjon mellom elvegradienten og substratfordelingen i elven.

Laksungene finnes ofte i hurtig rennende vann. Der hvor laksen finnes sammen med for eksempel ørret, foretrekker den de mer strømhårde områdene enn ørreten. Høydegradienten for den lakseførende elvestrekningen kan derfor gi informasjon om elvens potensiale for produksjon av laksesmolt.

På den annen side er detaljerte informasjoner for elvegradient ikke så lett tilgjengelige. SOSI-standarder har definert stryk og foss som egne linjetema (Statens kartverk 1995). Foss er definert som vann i tilnærmet fritt fall med minste lengde 10 m. Stryk er definert som partier på minst 15 m bredde der vannet går i stryk og skiller seg klart ut fra øvrige partier i elva. Minste lengde må være 150 m, maks 1500 m. Dette er til en viss grad registrert på N50 kartene. Registreringene er imidlertid ikke gjennomført i sin helhet, og N50 kartgrunnlaget kan dermed ikke uten videre benyttes til å bestemme områder i elven karakterisert som foss eller stryk.

Skal gradienten beregnes fra høydeinformasjonen i de ulike kartseriene, er datakvaliteten avhengig av ekvidistansen på kartet. Økonomisk kartverk har ekvidistanse 5 m, N50 har 20 m og N250 har 100 m. De lakseførende strekningene av vassdragene er de lavereliggende delene, gjerne med relativt beskjedent fall. Det eneste kartdatagrunnlaget som er aktuelt i denne sammenhengen, er ØK, og selv her er nøyaktigheten i minste laget. Skal gradientforholdene i f.eks. Imsa (som er en liten elv) fremstilles med ØK-kart som utgangspunkt, er fallet i den lakseførende delen av vassdraget totalt på under 25 meter. Det betyr at man på denne strekningen kun har 5 datapunkter tilgjengelig. Videre vil stryk og fosser på under 5 meter kunne være inkludert i vassdraget uten at dette kommer klart frem på kartene, noe som ytterligere svekker materialet.

Gjennom en konstruksjon av en digital høydemodell kan bildet bli noe mer nyansert i og med at høydeforholdene i et større område kan fremstilles. En vanlig metode for å beregne en slik høydemodell er ved interpolering mellom høydekotene. Med utgangspunkt i koter fra ØK vil oppløsningen på en høydemodell av rimelig kvalitet være 10x10 meter. Gradientforholdene i elven vil på denne måten ikke bli mer nøyaktig enn beskrevet ovenfor. Tvertimot

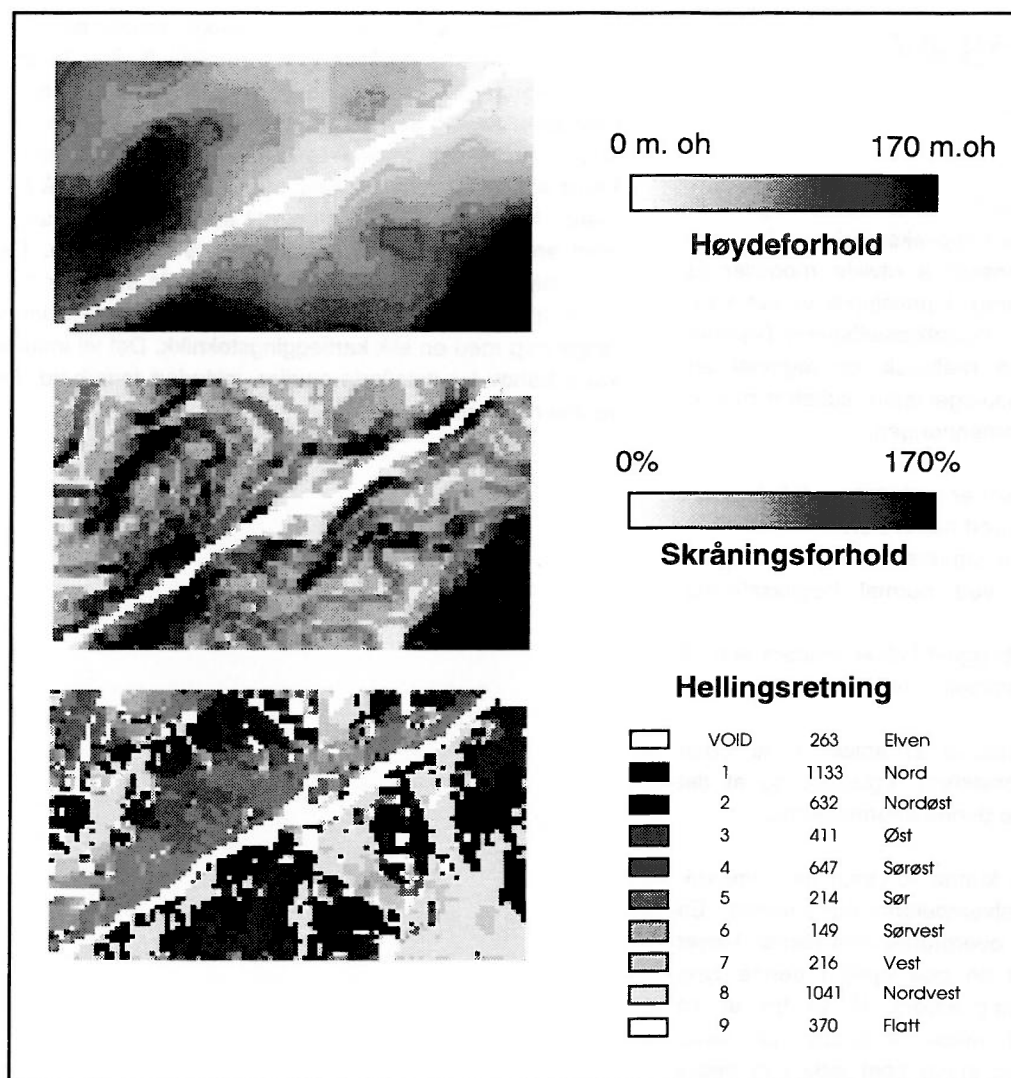
risikerer man ved de fleste algoritmer at gradientverdien kan avvike fra elvens gradient i og med at bratteste skråning mellom datamodellens pixelverdier beregnes, og denne like gjerne kan reflektere bratte dalsider ned mot elven som gradienten langs elven. Det finnes imidlertid dataprogram som tar hensyn til dette og tvinger modellen til å følge oppgitt elveløp slik at slik inkonsistens ikke oppstår (Hutchinson 1989).

Fordelen med en digital høydemodell er at terrenget langs elven blir fremstilt. Der elven går i bratt terreng med en klar gradient, er det trolig at også selve elvegradienten er større enn i flatt terreng. Dette kan trekkes inn som en parameter i klassifiseringen av elveløpet. Det er også mulig å fremstille andre parametre som f.eks. helningsretningen på terrenget (figur 7), som også kan trekkes inn i klassifiseringen av elvestrekningen. Konklusjonen på det nåværende tidspunkt er imidlertid at eksisterende kartdata neppe har tilstrekkelig oppløsning til å danne et godt grunnlag for å dekke det aktuelle behovet for å modellere elvegradienter i forhold til laksens habitat.

Den tradisjonelle metoden for fremstilling av elvegradienter er ved nivellering av knekkpunkter langs elveprofilen. Dette er gjort for endel elvestrekninger, men omfanget er ikke tilstrekkelig stort til at dette er datasett som kan komme til anvendelse i en regional sammenheng. Det er NVE som har utført slike målinger og har tilgang på dataene.

Videre kan man tenke seg en klassifisering av strømning og gradientforhold i elvene basert på flyfotoanalyse. Dette vil neppe gi tilstrekkelig nøyaktighet på gradientmålet uten at det foretas i kartkonstruksjonsmaskin med tilgjengelige oppmålte fastpunkter. Dette vil være relativt tidkrevende. Kombinasjonen med øvrig elveløpskartlegging og klassifisering vil imidlertid kunne gi et totalt bilde av elveløpets forløp som vil kunne være et godt bidrag i aktuelle modeller.

I forbindelse med kartlegging av elvestrekninger som er utsatt for flom, tas det også i bruk mer moderne metoder som radarscanning fra fly. Slik scanning vil gi nøyaktige høydemodeller som vil kunne danne grunnlag for svært presis fysisk modellering av elveløpet. Arbeidet er imidlertid bare såvidt kommet igang, og det er lite trolig at omfattende regionalt materiale vil være tilgjengelig før det er gått lang tid.



**Figur 7**  
 Terrengforholdene i nedre del av Imsa.  
 Terrain parameters (elevation, slope, orientation)

## 4 Klassifisering av elvestrekninger

Det er klart at bedre klassifikasjon av elvestrekningene og deres kvalitet i forbindelse med oppvekstvilkårene for smolt er sentralt ettersom man ønsker å utvikle modeller for produksjon av smolt i vassdrag. I prinsippet vil det være ønskelig med en fullstendig habitatklassifisering (Vaskinn 1988), men dette er neppe realistisk for regional anvendelse. Parametre som kantvegetasjon, substrat m.v. er viktige elementer i denne sammenheng.

Andre arealklassifikasjoner som er omfattet av definisjoner i SOSI, og som kan være registrert på N50 er:

- *Tørrfall i vassdrag*: Større sandbanker og avleiringer i elv som oversvømmes ved normal høgvassføring. Minste område 5000 m<sup>2</sup>.
- *Elve-terskel*: Kunstig oppbygging i elver bredere enn 15 m. Brukes for å lage «vannspeil» i elveløpet.

Felles for slik tilleggsinformasjon er imidlertid at disse kategoriene slett ikke er konsistent registrert, og at det dermed er vanskelig å benytte denne informasjonen.

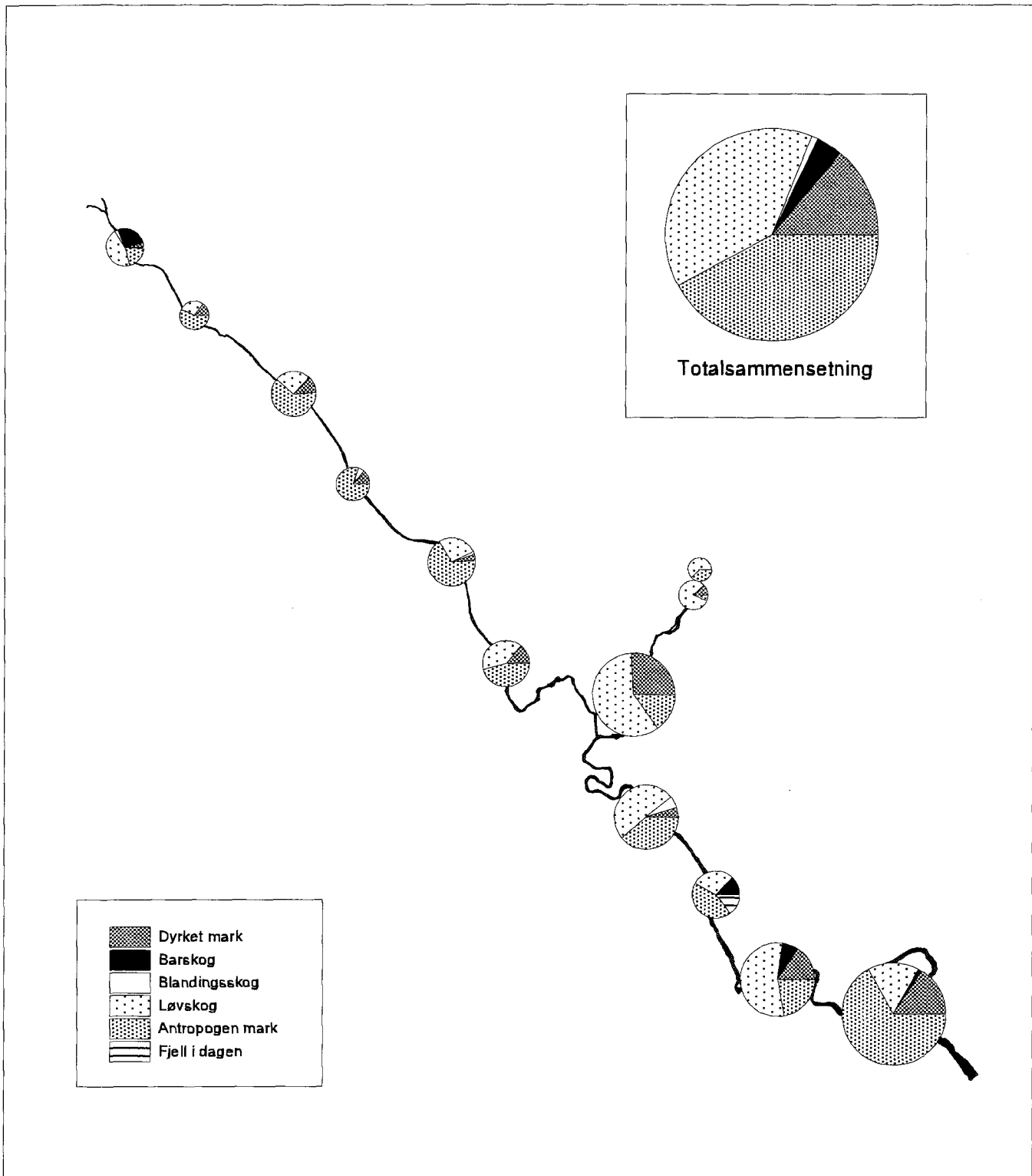
Som tidligere nevnt vil man kunne forvente en sammenheng mellom gradient og elveløpsform og substrat. En elvekartlegging på et relativt overordnet nivå (Smith-Meyer 1995) ville her kunne vært en god hjelp i denne type klassifiserings- og modelleringsarbeid. Vi vil tro at en systematisk kartlegging av norsk elvenatur på dette skalanivået bør vurderes satt igang som ledd i et bedre grunnlag for norsk vassdragsforvaltning. En slik elvekartlegging burde også omfatte biologiske forhold som kantvegetasjon m.v.

Når det gjelder vegetasjonsforholdene langs vassdraget, er det imidlertid mulig til en viss grad å trekke data ut av eksisterende kartmateriale. Kartserien N50 inneholder arealklassifisering som bl.a. tettbygde arealer, dyrket mark og skog. Fordelingen av disse arealklassene vil på regionalt skalanivå kunne gi en viss vurdering av ulike elvestrekninger, men må nok erkjennes å være i groveste laget.

Mindre regionalt dekkende, men mer interessant er markslagskartleggingen som inngår i ØK kartverk. Disse arealklassifiseringene er under digitalisering, og digitale markslagsdata kan lett integreres i en klassifisering av elvestrekninger. Tilordning av vegetasjonsdata fra digitale kart til elvekanten ved en arealklassifisering i en buffersone langs elven er en velkjent teknikk (Langan et al. 1997). Likevel spørs det om behovet for data om den aller nærmeste kantvegetasjonen er såvidt detaljert at feltinnsamling av data gjenstår som eneste mulighet.

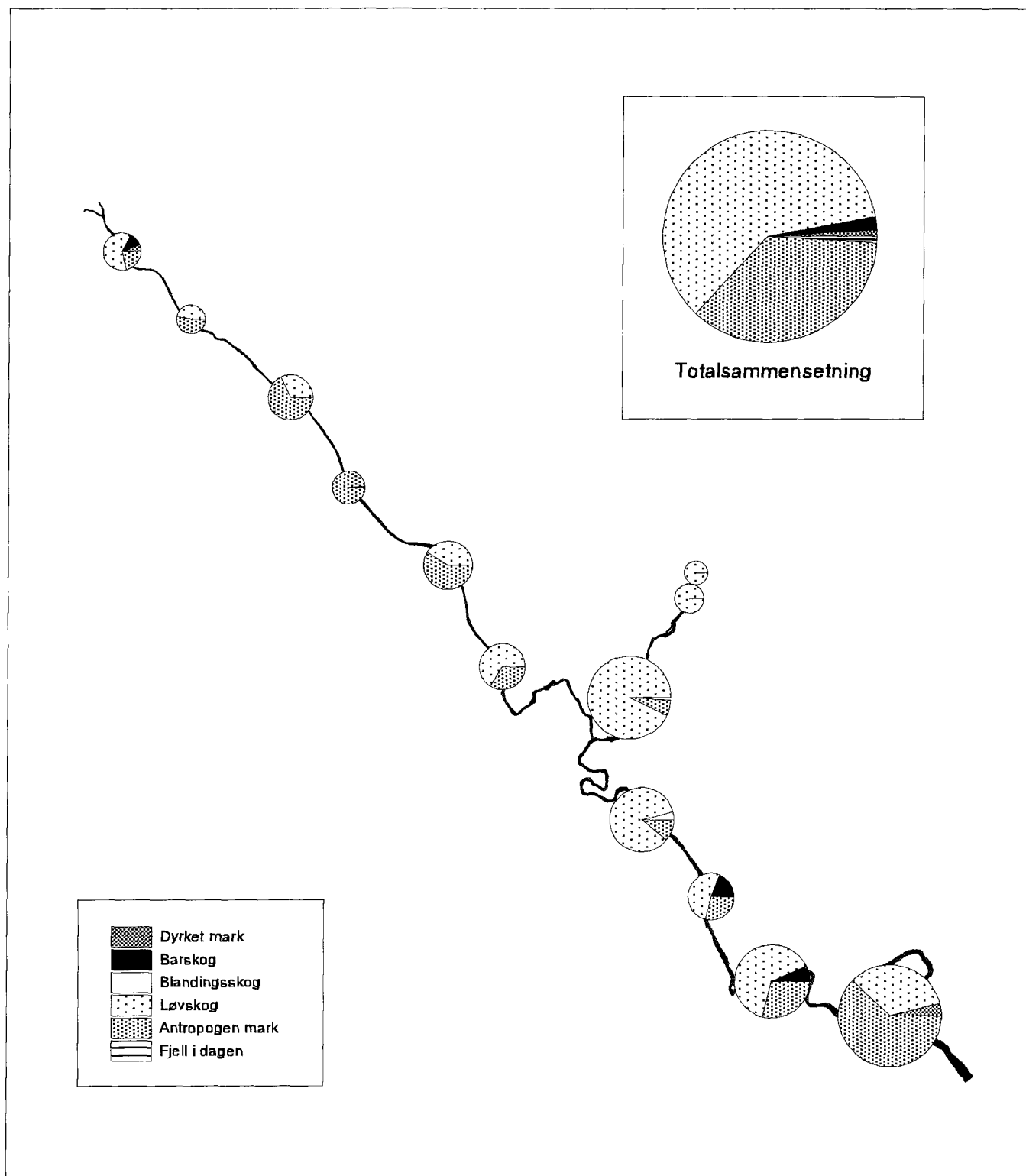
**Figur 8** viser digitale markslagsdata for den lakseførende delen av Sandvikselva målt i en 50 meters buffersone langs

elven. Dataene er talt opp i kvadratkilometerruter på samme måte som arealklassifiseringen i kapittel 2. Størrelsen på kakediagrammene antyder hvor stort areal som faller inn i hver rute. Særlig kan vi legge merke til den dominerende andel av tettbebyggelse langs sentrale elvestrekninger. **Figur 9** viser samme analyse, men med en buffer på kun 5 meter. Her kan en legge merke til at det tettbygde arealet, med enkelte unntak, er relativt mindre omfattende. Dette tyder på at det selv i et så tettbyggt distrikt som her finnes egnet kantvegetasjon, og at eksistensen av denne lar seg fange opp med en slik kartleggingsteknikk. Det vil imidlertid være behov for detaljerte studier, inkludert feltarbeid, for å verifisere en slik konklusjon.



**Figur 8**  
 Sammensetning av markslagstyper langs Sandvikselva i en 50 meter bred buffersone. Elva er delt i stykker etter et 1 km<sup>2</sup> rutenett. Sirkelens størrelse viser areal av elv som er representert i hver rute. Prosentvis sammensetning for hele elvesegmentet er også vist.  
 Distribution of land cover types along a segment of the river Sandvikselva in a 50 meter wide buffer zone. The river is divided into sections according to a 1 km<sup>2</sup> grid. The size of the circles indicate the area of the river in each grid square. The percentage distribution of land cover types for the whole river segment is also shown.





**Figur 9**

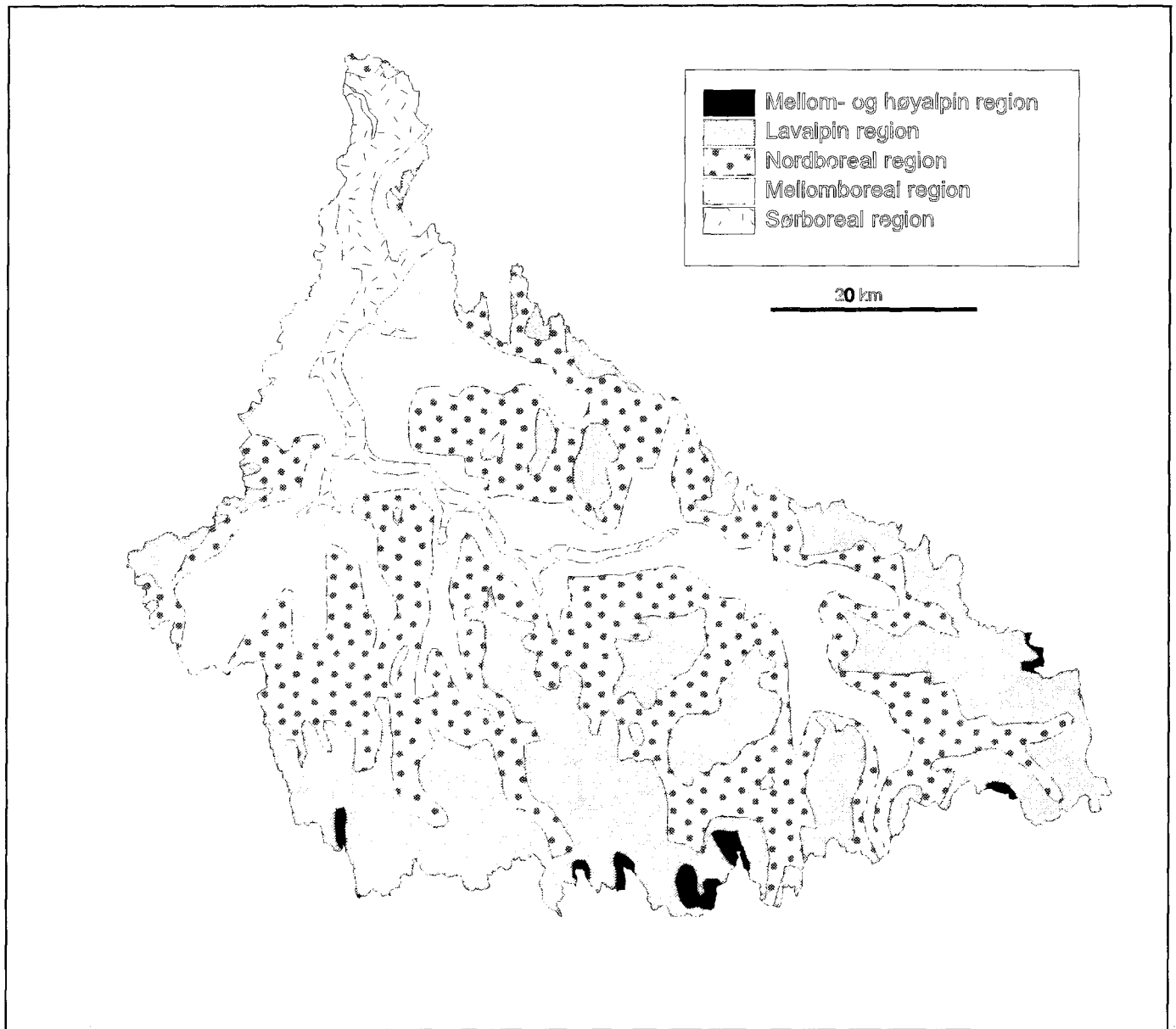
Sammensetning av markslagstyper langs Sandvikelva i en 5 meter bred buffersone. Elva er delt i stykker etter et 1 km<sup>2</sup> rutenett. Sirklenes størrelse viser areal av elv som er representert i hver rute. Prosentvis sammensetning for hele elvesegmentet er også vist.

Distribution of land cover types along a segment of the river Sandvikelva in a 5 meter wide buffer zone. The river is divided into sections according to a 1 km<sup>2</sup> grid. The size of the circles indicate the area of the river in each grid square. The percentage distribution of land cover types for the whole river segment is also shown.

## 5 Klassifisering av nedbørfelt og direkte måling av hydrologiske, fysiske og kjemiske parametre

Data for vannkvalitet, temperaturforhold, flomregime o.l. vil kunne være viktige parametre i en regional modell for beregning av smoltproduksjon. Bortsett fra vannføringsdata er det imidlertid et fellestrekk at det er vanskelig å fremskaffe tilstrekkelig regionalt dekkende data for hver enkelt elv. På den annen side finnes det data som er satt sammen til en regionalisert klassifisering av landet. Dette gjelder for eksempel flomregime (Nasjonalatlas for Norge 1987) og temperaturforhold (NVE hjemmeside b). Det er mulig at regiontilhørighet i forhold til denne type parametre i første omgang vil kunne gi tilstrekkelig bidrag til en fremtidig modell for beregning av smoltproduksjon.

Ellers vil denne typen egenskaper være avhengig av de topografiske, geologiske og vegetasjonsmessige forholdene i det aktuelle nedbørfeltet. Det vil dermed kunne være aktuelt å modellere nøkkelegenskaper for vassdraget ved hjelp av denne type nedbørfeltdata. I NVEs database Hydra2 (NVE hjemmeside a) er det satt av plass til nedbørfeltdata knyttet til de enkelte vannmålingsstasjonene i vassdragene, men beregningene er ikke gjennomført ennå. Aktuelle datakilder vil være høydeinformasjon fra de ulike kartseriene, eventuelt den digitale høydedatabasen til Statens kartverk (Erikstad 1997), og avledete parametre som helning, eksposisjon etc. Ellers vil også markslagsinformasjon i kartserien N50 såvel som i ØK (der dette kartverket dekker hele nedbørfelt) være viktige parametre. Videre vil kartdatabaser over vegetasjonsregioner, geologi og andre naturforhold kunne brukes (**figur 10**). Det vil imidlertid kreve et betydelig utviklingsarbeid for å etablere robuste sammenhenger mellom slike data og forhold som har direkte betydning for produksjonen av laksesmolt.



**Figur 10**  
*Vegetasjonsregioner i Gaulas nedbørfelt.*  
*Vegetation regions in the catchment area of the river Gaula.*

## 6 Konklusjon

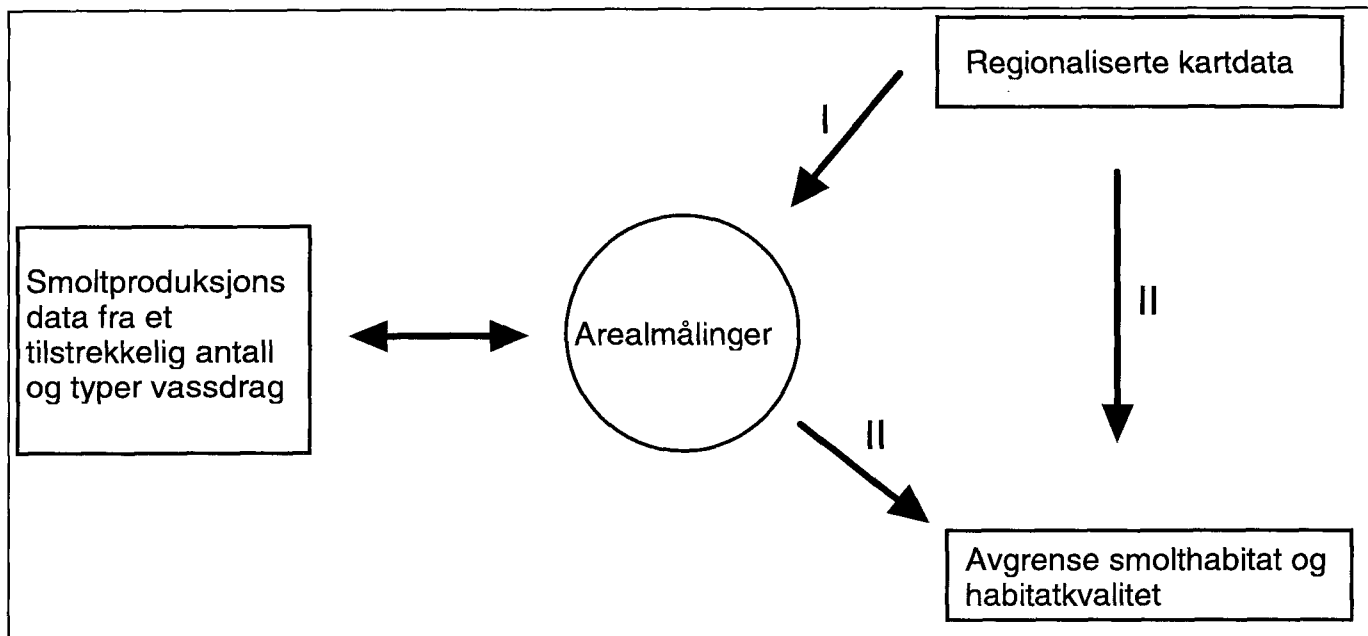
Det endelige målet om å estimere total smoltproduksjon pr år og arealenhet for laks i Norge er en omfattende oppgave og må sees i et lengre perspektiv. Det er viktig først å utarbeide en grov deskriptiv modell for på denne måte å sette igang en prosess. Det blir da lettere å identifisere hvor ressursene bør settes inn for å bedre det kvalitative og kvantitative grunnlaget.

Fundamentet i første fase i en slik modellering av smoltproduksjonen vil være å etablere et mål på tilgjengelig elveareal i de lakseførende elvestrekningene (**figur 11**). Vi har vist at arealmålinger utført med bakgrunn i ulike kartdatakilder gir relativt konsistente arealmål. Areal-målinger på ØK kart må imidlertid sjekkes mot vannføring på tidspunktet for flyfotografering. For å sikre mest mulig regionalt sammenlignbare resultater er trolig bruk av kartserien N50 best.

For å evaluere i hvilken grad slike enkle arealmål er korrelert med smoltproduksjonen, trengs smoltproduksjonsdata fra ulike strøk i landet. I et videre arbeid med å forbedre modellen vil introduksjon av ulike regionaliserte data (klimasoner, elvtemperatursoner, flomregimeregioner m.v.) være egnet (fase I, **figur 11**).

Videre er det mulig å hente inn ytterligere informasjon fra de ulike kartseriene, slik som gradient, nedbørfeltinformasjon samt informasjon om forholdene langs elven som vil ha betydning for elvens kvalitet som habitat (fase II, **figur 11**). For å komme fram til en operativ bruk av disse parametrene kreves det imidlertid betydelig mer arbeid. Det kan bl.a. vise seg nødvendig å benytte parametre som substrat, elveløpsform m.v. som må innsamles spesielt i felt, eller ved hjelp av flyfoto. Denne type ressurskrevende innsats bør først settes igang etter en behovsanalyse basert på fase I (**figur11**). Tilnærmingen vil uansett være nyttig i detaljerte modeller for enkelte lakseelver for der å kvantifisere potensielt smolthabitat av ulik kvalitet. Ved også å legge inn stedfestede biologiske data kan deler av modelleringen som knytter smoltproduksjon til ulike habitatparametere utføres innen det samme modell-systemet.

Den skisserte tilnærmingen vil kunne gi betydelige synergieffekter. Vi forventer at slike modeller vil gi gode muligheter for effektiv estimering av de aktuelle arealene og for utprøving av ulike scenarier knyttet til forutsetninger i modellen. Ut fra det samme fundamentet vil vi også kunne modellere sammenhenger mellom naturgitt habitatkvalitet i vassdrag og forekomst av andre ferskvannsorganismer, eventuelt hvordan ulike menneskelige inngrep kan påvirke slike forekomster. I denne sammenhengen vil vi nevne NINAs strategiske instituttprogram på biodiversitet i tettstedsnære vassdrag (som utføres sammen med NIVA)



samt arbeidet med fysisk beskrivende vassdragsmodell.

### Figur 11

Skissert arbeid med modellering av smoltproduksjon i norske vassdrag (for detaljert forklaring se teksten).  
Principal sketch of the modelling work.

## 7 English summary

In Norway there are more than 600 rivers and streams supporting populations of Atlantic salmon. There is very little information on egg deposition and smolt production in these freshwater systems, and estimates of optimal egg deposition is only available from the River Imsa, SW Norway. This estimate is based on stock-recruitment data. It is time consuming and costly to establish stock-recruitment relationships for salmon. Therefore, in order to estimate how many eggs (spawners) which are required for optimal smolt production, methods to extrapolate data and insights between rivers have to be developed. But first of all, methods for reliable estimates of salmon producing areas for individual rivers should be developed.

### Area

The area of a river measured by the area covered by water is not an unambiguous property. It will depend the morphology of the river course and the discharge. It will therefore change with time. In an application of a descriptive physical river model (Vaskinn 1988), several short segments of a river were thoroughly measured and the area was calculated according to the discharge (**figure 1**). The calculated area was very low at the lowest discharge levels, but stabilised rather swiftly with rising discharge. This may be assumed to represent a general pattern.

The area of a river may be measured from existing maps, from aerial photographs and in the field. Field measurements will normally not be very accurate and are also time consuming. The advantage is that low measured area due to low discharge can be corrected on the spot. Measurement from aerial photographs is also rather time consuming, but forms a good alternative when good maps not are available. As long as the photographs are dated the measurements can be calibrated if discharge data are available.

Here, however, we have concentrated on measurements based on existing maps in digital form. In Norway three series of maps are quite widely available for digital analysis. These are topographic maps in the scales of 1:5000 (ØK), 1:50000 (N50) and 1:250000 (N250). One obvious consequence of the choice of scale is the cost and amount of data involved. For one of our test rivers, Gaula from the sea to Støren (Sør-Trøndelag county, Central Norway), 23 map sheets of ØK are necessary, while 2 map sheets of N50 and one of N250 are enough. Thus data quality based on ØK should be very much better than the others to justify the higher costs.

The first constraint on the use of the different map series is their definition of the river as a map polygon, that is, whether the river is represented as an area rather than a line segment. In the Norwegian map system rivers are represented as areas for: ØK: river wider than 3 meters, N50: river wider than 15 meters, N250: river wider than 40 meters. Thus, calculations of the area of rivers narrower than 40 meters in the map series N250 has to be based on length measurements and assumptions about average river width.

We have tested area measurements for the three different map series for approximately 60 km of the river Gaula. The measurements are carried out within a fixed 1x1 km network and the results are shown in **figure 3-4**. In general there is rather good consistency between the measurements, particularly when comparing the N50 with the N250 series. The N250 is produced as a generalisation of the N50 maps and the variance and difference between the two should therefore reflect only the generalisation process. However, the ØK and the N50 maps reflect two independent map constructions for two very different scales. Comparing the test results, the calculations appear to give somewhat larger river area when based on smaller scale maps. This is most pronounced for the ØK series compared to the N50 series.

**Figure 5** shows three different sections of the river Gaula, all with the largest calculated area for the small-scale maps than for the large-scale maps. The section at the bottom of the figure shows a consistent river course. In the middle, a part of a braiding river course is shown on the small-scale maps but not on the large-scale maps. This is due to different approaches in using aerial photographs for the map construction. The ØK series constructs wet areas directly as shown on the photograph. Thus the date of the photograph should be related to a water discharge curve to get a real impression of the situation (**figure 6**). The N50 series on the other hand, reflects a mean normalized high water discharge which will be easier to compare from river to river.

### Other physical parameters

We have also investigated the usefulness of other physical parameters such as the river elevational gradient and a classification of river courses by the characteristics of their surrounding area (Smith-Meyer 1995).

The river elevational gradient may be calculated from maps, but the data resolution is limited by the contour interval. The existing Norwegian map series has contour intervals of 5 meter (ØK), 20 meter (N50) and 100 meter (N250). Only the ØK maps approach the required resolution for a meaningful classification of river courses. We assess even this resolution to be too coarse and believe measurements on aerial photographs or in the field to be necessary. It should be stressed, however, that construction of digital elevation

models with resolution 10x10 meters would form a good basis for placing the river course into a total landscape model which includes gradient, orientation and other relevant geomorphometric parameters.

Classification of river courses by essential physical parameters such as riverbank vegetation, substrate and similar should also be explored. Several relevant parameters may be impossible to determine without field surveys, although indirect modelling may be possible. Other parameters may be obtainable from maps. If vegetation maps, geological maps etc exist it will be possible to obtain data along the river course by GIS techniques (Langan et al. 1997). We have tested the data resolution and relevance of the ØK maps in this respect. These maps contain information on land use and forestry which may be useful in this context.

For the salmon supporting parts of the Sandvikselva river course at Oslo, South Norway, we have measured the land characteristics in 50 and 5 meter wide zones on each side of the river (**figures 8, 9**). The data are classified in a 1x1 km network. The size of each circle in the figures reflects the area of the river that falls within each square. The results show both the relevance of such data sets and that the resolution of these data is on a level which makes it possible to isolate narrow river bank vegetation zones. Further investigation and fieldwork will be necessary to confirm this conclusion.

## Conclusion

Measurements of river area based on the map series N50 will give good estimates. These maps cover all Norway. Area measurements based on the more detailed 1:5000 scale ØK maps will not yield significantly better estimates. If ØK maps are used, however, they must be calibrated for water level based on the dates of aerial photographs and the level of water discharge on these dates.

There is a potential for calculating several additional physical parameters from digital maps, parameters which may be highly relevant for smolt models. More investigation, including field work, will be necessary to confirm their reliability. Relevant parameters should also be collected through measurements on aerial photographs and through field investigations. For regional models further work should be done to decide what data are necessary and the acceptable cost level for obtaining such data. This will form a basis for cost/benefit analyses between time consuming data collection and cheaper but less reliable data modelling.

## 8 Litteratur

- Berg, M. 1977. Tagging of migrating salmon smolts (*Salmo salar* L.) in the Vardnes river, Troms, Northern Norway. - *Inst. Freshw. Res. Drottningholm* 56, 5-11.
- Erikstad, L. 1997. Geofaglig landskapsanalyse. - I Erikstad, L. & Johnson, B. (red) NINAs strategiske instituttprogrammer 1991-95. Landskapsøkologi. Sluttrapport. NINA Temahefte 7: 43-49.
- Hesthagen, T., Ousdal, J.O. & Berheim, A. 1986. Smolt production of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and brown trout (*Salmo trutta* L.) in a small norwegian river influenced by agricultural activity. - *Pol. Arch. Hydrobiol* 33 (3/4), 423-432.
- Hutchinson, M.F. (1989). A new method for gridding elevation and stream line data with automatic removal of pits. *J. Hydrol.* 106: 211-232
- Hvidsten, N.A., Jensen, A.J., Johnsen, B.O. & Jensås, J.G. 1995. Bestand og rekruttering av laks i Orkla. - NINA Oppdragsmelding 389: 1-27.
- Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L.P. 1998a. Long term study of the ecology of wild Atlantic salmon smolts in a small Norwegian river. - *Journal of Fish Biology* 00: 00-00 (In press).
- Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L.P. 1998b. The relative role of density-dependent and density-independent survival in the life cycle of Atlantic salmon *Salmo salar*. - *Journal of Animal Ecology* 67: 00-00 (In press).
- Langan, S.J., Wade, A.J., Smart, R., Edwards, A.C., Soulsby, C., Billett, M.F., Jarvie, H.P., Cresser, M.S., Owen, R. & Ferrier, R.C. 1997. The prediction and management of water quality in a relatively unpolluted major Scottish catchment: current issues and experimental approaches. - *The Science of the Total Environment* 194/195: 419-435.
- Mandelbrot, B. 1967 How Long is the Coast of Britain? Statistical Self-similarity and Fractional Dimension. - *Science* 155: 636-638.
- Nasjonalatlas for Norge 1987. Avrenning. Kartblad 3.2.2.
- NVE hjemmeside a, Hydra 2. <http://www.nve.no/prosjekter/hydra2/>
- NVE hjemmeside b, Vanntemperatur. <http://www.nve.no/h/vanntemp.htm>
- SINTEF hjemmeside, The River System Simulator. <http://www.sintef.no/nhl/rss/index.htm>
- Smith-Meyer, S. 1995. Geofaglig klassifisering av norske vassdrag. - NVE Publikasjon Nr 10, 1995: 1-109.
- Statens kartverk 1995. Samordnet opplegg for stedfestet informasjon - SOSI. Et standardformat for digitale geodata. Versjon 2.2. - Manual: 1-833.
- Vaskinn, K. A. 1988. Fysisk beskrivende vassdragsmodell anvendt i Gjengedalsvassdraget i Sogn og Fjordane. - Rapport STF60 A88068: 1-208.

ISSN 0802-4103  
ISBN 82-426-0918-7

533

**NINA  
OPPDRAGS-  
MELDING**

NINA Hovedkontor  
Tungasletta 2  
N-7005 Trondheim  
Telefon: 73 80 14 00  
Telefaks: 73 80 14 02

NINA  
Boks 736 Sentrum  
N-0105 Oslo  
Telefon: 22 94 03 00  
Telefaks: 22 94 03 02

**NINA**  
Norsk institutt  
for naturforskning