

# Bruk av eksisterende kartdata (N50 og N250) for å karakterisere nedbørfelt og elvestrekninger

Lars Erikstad  
Svein-Erik Sloreid  
Vegar Bakkestuen





**NINA** Norsk institutt for naturforskning

# Bruk av eksisterende kartdata (N50 og N250) for å karakterisere nedbørfelt og elvestrekninger

Lars Erikstad  
Svein-Erik Sloreid  
Vegar Bakkestuen

## NINA publikasjoner

### NINA utgir følgende faste publikasjoner:

#### NINA Fagrapport

Her publiseres resultater av NINAs 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.

#### NINA Oppdragsmelding

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

#### NINA Project Report

Serien presenterer resultater fra instituttets prosjekter når resultatene må gjøres tilgjengelig på engelsk. Serien omfatter original egenforskning, litteraturstudier, analyser av spesielle problemer eller tema, etc.

#### NINA Temahefte

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

#### NINA Fakta

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

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

Erikstad, L., Storeid, S.-E. & Bakkestuen, V. 2004. Bruk av eksisterende kartdata (N50 og N250) for å karakterisere nedbørfelt og elvestrekninger. – NINA Oppdragsmelding 818: 1-27.

Oslo, 31. mars 2004

ISSN 0802-4103  
ISBN 82-426-1448-2

Rettighetshaver ©:  
Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:  
Lars Erikstad  
NINA

Ansvarlig kvalitetssikrer:  
Erik Framstad  
NINA

Kopiering: Finnes bare i pdf-format

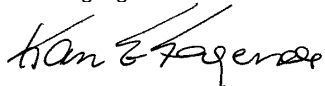
Opplag: -

Kontaktadresse:  
NINA  
Tungasletta 2  
N-7485 Trondheim  
Telefon: 73 80 14 00  
Telefax: 73 80 14 01  
<http://www.nina.no>

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 1563200

Ansvarlig signatur:



Oppdragsgiver:

Norges vassdrags og energidirektorat (NVE)

## Referat

Erikstad, L., Sloreid, S.-E. & Bakkestuen, V. 2004. Bruk av eksisterende kartdata (N50 og N250) for å karakterisere nedbørfelt og elvestrekninger. – NINA Oppdragsmelding 818: 1-27.

Rapporten omhandler et forprosjekt som har hatt til formål å teste innsamling av nedbørfeltdata på landsbasis med tanke på å karakterisere disse i forhold til det fysiske miljø, samt å teste generell inndeling av elvestrengen etter grove terrengparametre. Det er brukt digitale kartdata fra topografiske kart 1:50 000 (N50) og 1:250 000 (N250) sammen med digitale høydemodeller med romlig oppløsning 25 meter og 100 meter.

Arealdata som er brukt er data som angir skog, myr, dyrket mark og bebygde områder fra disse kartdatabasene. Høydedata er brukt direkte, men også i form av ulike indekser som for eksempel relativt relieff, midlere skråning og høyde/relieff forholdet for definerte nedbørfelt. Elveløp er karakterisert etter terrengets skråningsforhold i fire klasser: flatt terreng, rolig terreng, midlere terreng og bratt terreng. Disse terrengklassene er koblet til internasjonal elveløpsklassifisering på et overordnet nivå.

Det er også gjort forsøk på digitalt å identifisere enkelte vassdragslementer som foss, elv i gjel, og meandere, samt vurdert mulighetene til å identifisere forgrenete elveløp, delta og elvevifter. Den største begrensingen i slike mer detaljerte analyser er kartmaterialets oppløsning, både geografisk (generaliseringsgraden i karttegningen) og i forhold til høyde (i praksis utgangsopløsningen (ekvidistansen) i kartverket.

Ved bruk av digitale kartanalyseteknikker er det mulig å etablere et nasjonalt sett av relevante nedbørfeltdata for alle definerte nedbørfelt i landet. En grov karakterisering av elveløpene knyttet opp mot NVEs kommende elvenettverksnummerering, vil også kunne la seg etablere relativt raskt. Materialet vil ha sin styrke ved at det kan gjøres landsdekkende og vil være nyttig for ulike typer sammenligning av elver og nedbørfelt i flere forvaltningssammenhenger som for eksempel verneplan for vassdrag og EUs rammedirektiv for vann.

Emneord: Karakterisering, nedbørfelt, elveløp, vassdragslementer, eksisterende kartdata, fysisk miljø.

Lars Erikstad, Svein-Erik Sloreid og Vegar Bakkestuen, NINA, pb. 736 Sentrum, 0105 Oslo.

## Abstract

Erikstad, L., Storeid, S.-E. & Bakkestuen, V. 2004. Use of existing map (N50 and N250 series) to characterize catchment areas and rivers. – NINA Oppdragsmelding 818: 1-27.

Here we report from a pilot project with the objective to test collation of country-wide data for catchment areas with the purpose to characterise these with respect to their physical environment and to develop a general segmentation of rivers based on coarse terrain properties. Digital map data from topographical maps series 1:50 000 (N50) and 1:250 000 (N250) have been used in combination with digital elevation models with a spatial resolution of 25m and 100m.

Land use data from these map series were used to describe the cover of forests, mires, agricultural land and developed land. Elevation data have been used directly, but also in the form of various derived measures like relative relief, mean inclination and elevation/relief ratio for defined catchment areas. Rivers have been described in terms of the inclination of the surrounding terrain (into four classes: flat, calm, medium, and steep). At a superior level, these terrain classes are linked to international classifications for rivers.

Attempts have also been made digitally to identify specific river elements like waterfall, river in canyon, and meanders, and to assess the possibilities of identifying branched rivers, deltas and river fans. The greatest limitation for such detailed analyses is the resolution of the map data, both geographically (the level map generalisation) and with respect to elevation (in practice the equidistance of the map data).

By using digital analysis of map data it is possible to establish a national set of relevant catchment area data for all defined catchment areas in Norway. A coarse description of the rivers linked to the national river nomenclature may also be established in the short term. The strength of the material is that it can be made be country-wide and will be useful for various types of comparisons of rivers and catchment areas in many management situations, like protection plans for rivers and the EU Water Framework Directive.

Emneord: Watershed characteristics, river characteristics, existing map data, physical environment.

Lars Erikstad, Svein-Erik Storeid and Vegar Bakkestuen, NINA, Box 736 Sentrum, NO-0105 Oslo, Norway.

## Forord

Oppdragsmeldingen rapporterer arbeid gjort i et forprosjekt for NVE. Oppdraget ble formulert som:

*helhetlig elvekartlegging, basert på N50 data, med følgende moduler;*

*En generell kartleggingstest med tanke på løpende datainnhenting av fysiske forhold i vassdraget. Det velges et eller to testvassdrag etter avtale med NVE.*

*Test for å utvikle algoritmer for å isolere følgende vassdragsselementer: foss/stryk, elv i gjel, meandre og anastomoserende løp. Kartlegging av vassdragsselementer på detaljnivå inngår ikke i forprosjektet*

I og med at dette er et forprosjekt er det gjort tester på hvordan datafangst kan foregå og hvordan data kan analyseres for å komme fram til målet. Det er ikke utført direkte registreringer eller gjennomført programmering for å lage automatiske algoritmer som kan tas direkte i bruk for ulike deler av den type registreringer som rapporten omfatter. Det er imidlertid vårt håp at rapporten kan bidra til slike rutiner, og at den dokumenterer at en overordnet registrering av data knyttet til nedbørfelt og elveløp både er realistisk og nyttig for en fremtidig vannressursforvaltning.

Lars Erikstad  
Oslo, mars 2004

# Innhold

|   |      |
|---|------|
| 1 Innledning                                | s 7  |
| 2 Materiale og metode                       | s 9  |
| 2.1 Eksisterende kartdata og databaser      | s 9  |
| Kartdata                                    | s 9  |
| Høydedata                                   | s 9  |
| Elvenettverk                                | s 9  |
| REGINE                                      | s 9  |
| Vassdragsselementer og fosseregister        | s 10 |
| Navneregister, Statens kartverk             | s 10 |
| 2.2 Metoder                                 | s 10 |
| Nedbørfeltanalyser                          | s 10 |
| Elveløpsanalyser                            | s 11 |
| 3 Resultater                                | s 12 |
| 3.1 Nedbørfeltdata                          | s 12 |
| 3.2 Elveløpet                               | s 16 |
| 3.3 Vassdragsselementer                     | s 16 |
| Foss  | s 16 |
| Elv i gjel                                  | s 19 |
| Meander, forgrenet elveløp, delta og vifter | s 21 |
| 4 Diskusjon                                 | s 23 |
| 5 Konklusjon                                | s 26 |
| 6 Litteratur                                | s 27 |



# 1 Innledning

Vannressursplanlegging er et viktig felt som i dag aktualiseres av store endringer knyttet til forvaltning så vel som til bruk av vannressurser. Det er stadig økte krav til tilgang på data og kunnskap om relevant vurderingsgrunnlag for et vidt spekter av samfunnsaktiviteter. Samtidig skal EUs vannrammedirektiv implementeres i Norge. Direktivet har som prinsipp en nedbørfeltbasert forvaltning. Direktivet understreker sammenhengen med fysisk/kjemiske egenskaper i nedbørfelt og deres økologiske status. Dette vil også øke behovet for data knyttet til elv og nedbørfelt innen et vidt fagspekter, og det reiser omfattende spørsmål om hva slags data som finnes, om disse kan nyttiggjøres, om nye data må samles inn, og hvor detaljerte data som er nødvendige. Det markerer også et økt behov for tverrfaglighet både i en FOU-sammenheng så vel som i praktisk forvaltning.

Oppgavene kan synes uoverstigelige, men det er viktig å understreke at vi gjennom generell topografisk kartlegging har landsdekkende datasett som relativt enkelt lar seg mobilisere til å skaffe nasjonale og regionale oversikter over vesentlige egenskaper ved norsk vassdragsnatur. Arealdata og terrengdata fra vår standard kartserie N250 eller N50 vil for eksempel kunne supplere NVEs register REGINE med informasjon for alle vassdrag om viktig arealstatistikk og terrengforhold som er av vesentlig betydning i denne sammenheng.

Det er også et stort behov for data om selve elvestrengen. I utgangspunktet er det her snakk om både fysiske elvedata, geomorfologiske og hydrologiske data samt biologiske så vel som arealbruks og inngrepsdata.

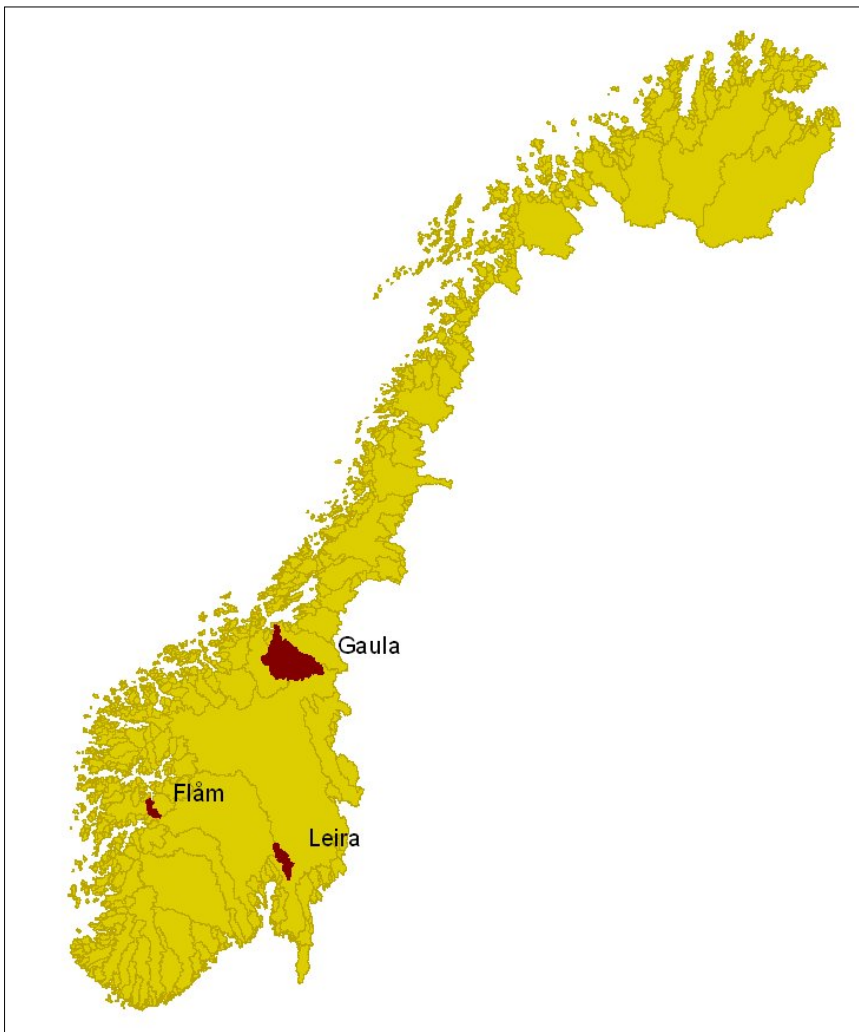
Det er ganske selvfølgelig at den skala som velges ved datafangst, vil ha vesentlig betydning både på hvordan avledet informasjon kan brukes, dataenes kvalitet og kostnadene ved datafangsten. Likevel er det lett å overse dette. Vi vil helst ha detaljerte data, full oversikt, samtidig som begrensede ressurser ofte fører til underfinansiering av prosjekter når man ser på deres mål. Det er derfor av vesentlig betydning å utvikle en bevisst holdning til dette spørsmålet. Utgangspunktet er å formulere et realistisk mål, vite hvilke begrensinger som finnes ved de valg man gjør, og ha en bevisst strategi for forbedringer og utvikling når man ser at begrensningene på sikt er for store i forhold til tilgjengelige ressurser. Videre er det avgjørende i størst mulig grad å foredle og ta i bruk eksisterende datakilder slik at unødvendig dobbeltarbeid unngås. Dette gjelder både eksisterende databaser, rapporter, fly- og satellittbilder m.v., men i minst like stor grad eksisterende geodata i form av digitale kart.

De fleste databaser som omfatter forhold langs våre elver er knyttet til punktdata eller ikke kontinuerlige områdedata. Innenfor gitte skalaer er det de digitale kartdatabasene som representerer kontinuerlige datasett langs elven. Ønsket om detaljerte data fører til at områdedekning må begrenses. Ved regional bruk av slike data er spørsmålet om representativitet viktig. Forteller datasettet bare noe om de relativt få områdene der data er samlet inn, eller forteller de noe om større områder. Eksistensen av kontinuerlige datasett vil gi både overordnet informasjon om ulike elver og muligheter til å sammenligne disse. På denne måten vil kontinuerlige elvestrekningsdata øke verdien av eksisterende og kommende punktdatasett. De vil også gjøre det lettere med mer systematisk innsamling av slike data i og med at representativiteten av potensielle lokaliteter kan kontrolleres bedre. En realistisk nasjonal kontinuerlig elvestrekningsdatabase vil per i dag måtte basere seg på foredling og ekstraksjon av data fra eksisterende digitale kartdata.

Når det gjelder vassdragslementer, er det minst to måter å tenke på ved definisjonen av slike:

- Inndeling av elementer ut fra direkte fysiske målinger av elva (slak, bratt, bred, smal, enkelt løp, flere løp osv.)
- Geomorfologisk inndeling (Foss, vifte, meander, gjel osv.)

Prosjektet har hatt som mål å teste innsamling av nedbørfeltdata på landsbasis med tanke på å karakterisere disse i forhold til det fysiske miljø, samt å teste generell inndeling av elvestrengen etter grove terrengparametre. Noe mer detaljerte nedbørfeltanalyser og elvestrengsanalyser er gjort for tre testvassdrag (Gaula, Flåm og Leira) **figur 1**. Her er det også gjort en vurdering av i hvilken grad eksisterende kartdata kan benyttes for digital identifisering av enkelte definerte vassdragslementer.



**Figur 1.** Lokaliseringen av de tre nedbørfeltene som er benyttet i arbeidet med rapporten. - Position of the three test areas used in the report.

## 2 Materiale og metode

### 2.1 Eksisterende kartdata og databaser

#### Kartdata

Målsettingen med denne rapporten er å gjennomgå muligheter for kartlegging av arealdekkende egenskaper over hele landet. Det er derfor tatt utgangspunkt i landsdekkende kartdata. I utgangspunktet er det lagt hovedvekt på digitale data fra kartserien N50 fra Statens kartverk, men for å holde seg innenfor forprosjektets økonomiske ramme er det også brukt data fra serie N250 til enkelte analyser. Dette vil bli spesifisert løpende i teksten.

De datasettene som er tatt i bruk er først og fremst vannlaget som spesifiserer vannflater og vannlinjer, samt arealdata som viser grove arealtyper. I N50 er det følgende arealtyper som brukes:

- skog
- myr
- dyrket mark
- bebygd (slått sammen ulike klasser av bebygd areal, industriområder m.v.)

Fjell er ikke en egen klasse, men kan for en stor del etableres som en klasse ved å finne alle områder i et relevant høydenivå som ikke har annen signatur i N50. Dette er ikke gjort her.

Data fra N250 er tilsvarende, men mangler informasjon om dyrket mark noe som også gjør det noe vanskeligere å bestemme fjellområder som en rest av områder uten arealsignatur.

I arbeidet med rapporten er det i liten grad brukt koter, men helst regulære høydegrid for analyse av terrengforhold (se under). I enkelt tilfeller er imidlertid også kotegrunnlaget trukket inn i vurderingene.

#### Høydedata

To versjoner av regulære høydegrid har vært tilgjengelige for prosjektet. Det er Statens kartverks gamle 100 meter høydemodell med landsdekning, samt den nye 25 meters høydemodellen for utvalgte områder. Det er spesifisert løpende i teksten hvilke av disse datasettene som er brukt i de ulike analysene.

#### Elvenettverk

NVE er i gang med å etablere et offisielt elvenettverk som et linjetema med standard nummerering (Kristensen 2004). En foreløpig utgave av dette datasettet er brukt som et supplement til ordinære kartdataene for de tre prøvevassdrag som omhandles i rapporten. Disse foreløpige datasettene er uten endelig nummerering.

#### REGINE

For avgrensning av nedbørfelt for prøvevassdrag og for eksemplifisering av datainnsamling på nedbørfeltnivå for øvrig er NVEs database REGINE brukt. I og med at dette er et forprosjekt og aktiviteten ikke er knyttet til offisiell og operativ datafangst, er det ikke lagt vekt på en kvalitetssikring med tanke på at det er siste versjon av REGINE som er brukt.

## Vassdragslementer og fosseregister

Det eksisterer et register i NVE over ulike vassdragslementer generelt og fosser spesielt. Registeret over vassdragslementer baserer seg på en hovedoppgave (Nordbø 1991) og har form av et punktregister med egenskaper tilknyttet hvert punkt. Flere av enhetene i registeret har en klar geografisk utbredelse, men er bare representert ved et punkt i databasen. Den geografiske presisjonen i registeret er derfor begrenset.

## Navneregister, Statens kartverk

Statens kartverk har et eget navneregister knyttet til navnsetting på deres kartserier. Disse er oppdelt i ulike typer elementer, for eksempel fosser. Utvalget av elementer i basen er navnsatte elementer i kartseriene og den geografiske koordinaten er knyttet til plasseringen av navn på kartet. Dette er dermed ikke en fullstendig database og heller ikke en database med presis georeferering, men den indikerer omtrentlig lokalisering av vassdragslementer av slik viktighet at de er navngitt spesielt på eksisterende kart.

## 2.2 Metoder

### Nedbørfeltanalyser

Innsamling av viktige parametere for karakterisering av nedbørfelt er gjort ved enkle summeringsteknikker i GIS ut fra høydedatabaser og fra arealdekkedata knyttet til kartserien N50. I eksemplene som omfatter hele landet er den gamle 100x100m høydedatabasen fra Statens kartverk og kartserien N250 for arealdekke som er brukt, mens det for de mer detaljerte analysene for de tre utvalgte nedbørfeltene er det den nye 25 meters høydedatabasen fra Statens kartverk og arealdekke fra N50 som ligger til grunn. Ut fra dette materialet er det mulig å lage en rekke måleparametre og kombinasjoner av måleparametre mer eller mindre relevante i en forvaltnings- og karakteriseringsammenheng. Her har vi konsentrert oss om følgende mål:

- høyeste punkt (**H**)
- relativt relieff ( Range - forskjellen mellom høyeste og laveste punkt) (**RR**)
- midlere skråning (**S**)
- Høyde/relieff forholdet (Elevation - Relief ratio) (**ER**)
- Prosent dekning av skog (**Skog**)
- Prosent dekning av myr (**Myr**)
- Prosent dekning av bre (**Bre**)
- Prosent dekning av dyrket mark (**Dyrk**)
- Prosent dekning av vann (**Vann**)

Når det gjelder dyrket mark, er dette kun beregnet for de detaljerte nedbørfeltene siden dyrket mark ikke er en arealklasse i kartserien N250. Fjell er ingen arealklasse i verken N250 eller N50. For en grov beregning av dette kan vi bruke en skoggrenseflate beregnet for hele landet basert på en rekke punkter tatt fra kartserien N250 i forbindelse med et karakteriseringsprosjekt knyttet til vanddirektivet (Lyche et al. 2003). Dette er ikke særlig nøyaktig og vil bare fungere som en indikasjon på fjellandelen i nedbørfeltet. Alternativt kan en se på de delene av nedbørfeltet som ikke har arealklassifisering i N50. I høyereliggende strøk vil dette i hovedsak være områder over skoggrensen. Vi har ikke gjort beregninger for fjell i denne rapporten.

Høyde/relieff forholdet (**ER**) gitt ved formelen

$(Z_{\text{middel}} - Z_{\text{min}}) / \text{RR}$ , der z angir høyden,

og er regnet å være ekvivalent med det hypsografiske integral (Pike & Wilson 1971). Det betyr at indeksen sier noe om høydefordelingen innen nedbørfeltet med høye verdier som indikerer store deler av nedbørfeltet i høye høydelag i forhold til de laveste områdene i nedbørfeltet.

Alle målene er beregnet i programmet Arc View 3.3 ved hjelp av modulen Spatial Analyst (ESRI 1996). Polygonfiler er transformert til et grid med oppløsning på 25 m og arealberegningen gjort ved direkte optelling av de ulike klassene.

## Elveløpsanalyser

### Løpsklassifisering basert på terrengdata

Det finnes mange måter en kan karakterisere elveløp på. Tradisjonell kartlegging tar utgangspunkt i fluvialgeomorfologiske forhold der elvens gradient, løpsform og erosjons-transport og sedimentasjonsforhold står sentralt. Det finnes internasjonale klassifiseringssystemer (f.eks Rosgen 1996). Rosgens klassifiseringssystem tar utgangspunkt i nettopp slike parametere og er bygget opp hierarkisk slik at det er mulig å gjennomføre klassifiseringen på et overordnet nivå (**figur 2**). Hovedparametrene for klassifiseringen baserer seg på gradienten til elveløpet, forholdet mellom bredde og dybde, hvor sterkt elveløpet er kuttet ned i terrenget og elveløpets sinuositet (hvor mye elveløpet slynger seg). Dybde er en parameter som ikke finnes i eksisterende kartverk og som må måles i terrenget, mens de øvrige parametrene er sterkt skalaavhengige og vil bare i begrenset grad kunne måles med utgangspunkt i kartdata basert på kartseriene N50 og N250. På den annen side er elveløpstypene nokså klart delt i hovedtyper i forhold til gradient (**tabell 1**).

**Tabell 1.** Groveste elvetypeklassifisering forenklet etter Rosgen (1996) i forhold til elvas gradient. Se også **figur 2**. – Major stream types simplified after Rosgen (1996) relative to dominant slope range, See also **figure 2**.

| Elveløpstype | Gradient | Generell beskrivelse   |
|--------------|----------|--|
| Aa+          | >10%     | Meget bratte, nedskårede elveløp. Fosser og stryk, stort potensiale for transport av grovt materiale.  |
| A            | 4-10%    | Bratte, nedskårete elveløp med stri strøm. Høyenergisystemer med stort transportpotensial, men stabile hvis substratet er fast fjell eller steinblokker. |
| B            | 2-4%     | Moderat gradient, moderat nedskåret, til dels stri strøm. Stabile elvekanter.  |
| C            | <2%      | Lav gradient. meandring med vel definert elveslette.   |
| D            | <4%      | Forgrenet elveløp. Svært vid kanal med erosjon i sidene.   |
| DA           | <0,5%    | Forgrenet elveløp i bred, godt vegetert elveslette, assosiert med våtmark. Stabile elvekanter.   |
| E            | <2%      | Lav gradient. Vide meandere med godt vegeterte og stabile kanter.  |
| F            | <2%      | Nedskåret meandere med høy erosjon i kantene.  |
| G            | 2-4%     | Nedskåret, ravelignende løp i løsmasse. Ustabil med høy erosjon.   |

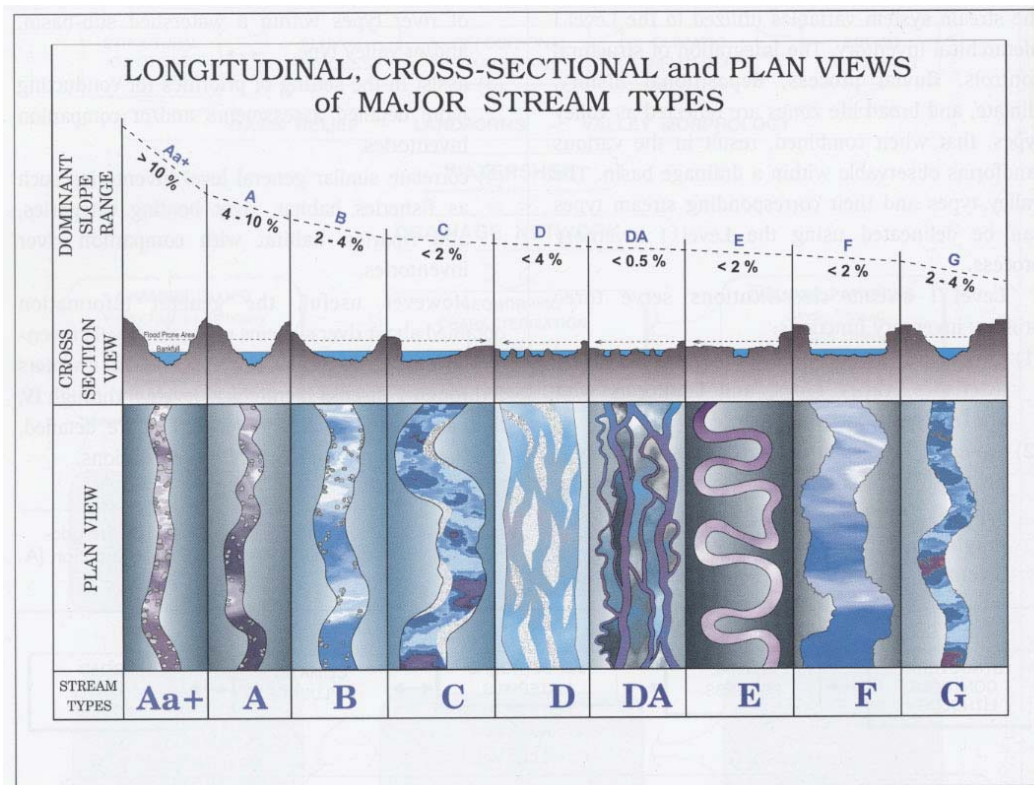
De elveløpsanalysene som er utført i denne rapporten, er konsentrert om en analyse av terrengform og skråningsforhold og vil dermed kunne jevnføres med elveklassifiseringssystem av typen Rosgen (1996). Datagrunnlaget er Statens kartverks 25 m høydedatabase. Denne er basert på en interpolasjon av høydedata fra høydeinformasjonen i N50 kartverk. Her er det en ekvidistanse på 20 meter, noe som angir en klar begrensning på detaljeringsnivået som det er mulig å oppnå i direkte målinger av høydeforskjeller i datasettet.

Dette betyr at det ikke er mulig å etablere direkte elvegradientsanalyser isolert med noen fornuftig grad av troverdighet i slakt terreng. Som eksempel kan nevnes Støren som ligger ca 40 km oppstrøms Gaulosen i en høyde av ca 60 m o. h., dvs. at den tredje koten krysser Gaula ved Støren. Terrenginformasjonen er derfor brukt atskillig grovere for å inndele terrenget i enkle terrengklasser som har relevans i den videre analysen. Landskapet er delt i fire hovedklasser:

- Flatt terreng (sammenhengende områder med gradienter målt i databasen under 2 grader)
- Rolig terreng (2-4 grader)
- Bratt terreng (sammenhengende områder med gradienter målt i databasen over 10 grader)
- Midlere terreng (4-10 grader).

I typisk norsk terreng vil dette si at elvesletter, deltaer, flate vifter, sandurområder, flate myrpartier og enkelte flate fjell og skogområder står frem som de viktigste flate terrengområdene, mens dalsider og stup er mest fremtredende bratte områder. De midlere terrengområdene er arealmessig størst og omfatter i hovedsak ås og fjellområder og relativt slake daler mellom de større dalførene med bratte dalsider. I forhold til Rosgens klassifikasjonssystem vil vi vente elveløpstype AA+ å dominere i bratt terreng, A i midlere terreng, B og dels D i rolig terreng, mens de øvrige vil ligge i flatt terreng.

Et problem som oppstår ved bruk av høydedatabasen er at den ikke er hydrologisk korrigert (Hutchinson 1996), dvs. at den terrengoverflaten som høydemodellen definerer, ikke samsvarer med det dreneringsmønster som eksisterende kartverk angir. Dette forsterkes ved å bruke generelle skråningskart og andre terrengindekser som så projiseres tilbake på elvenettverket fordi skråninger som ikke er relevante for selve elva (for eksempel dalskråningene på begge sidene av elva) dominerer over for eksempel skråningsforholdene langs selve elveløpet. For å bøte noe på dette, er det brukt et lett (3x3 pikslers) minimumsfilter på selve høydemodellen.



**Figur 2.** Ulike hovedløpstyper slik de er fremstilt i Rosgen (1996). – Major stream types, from Rosgen (1996).

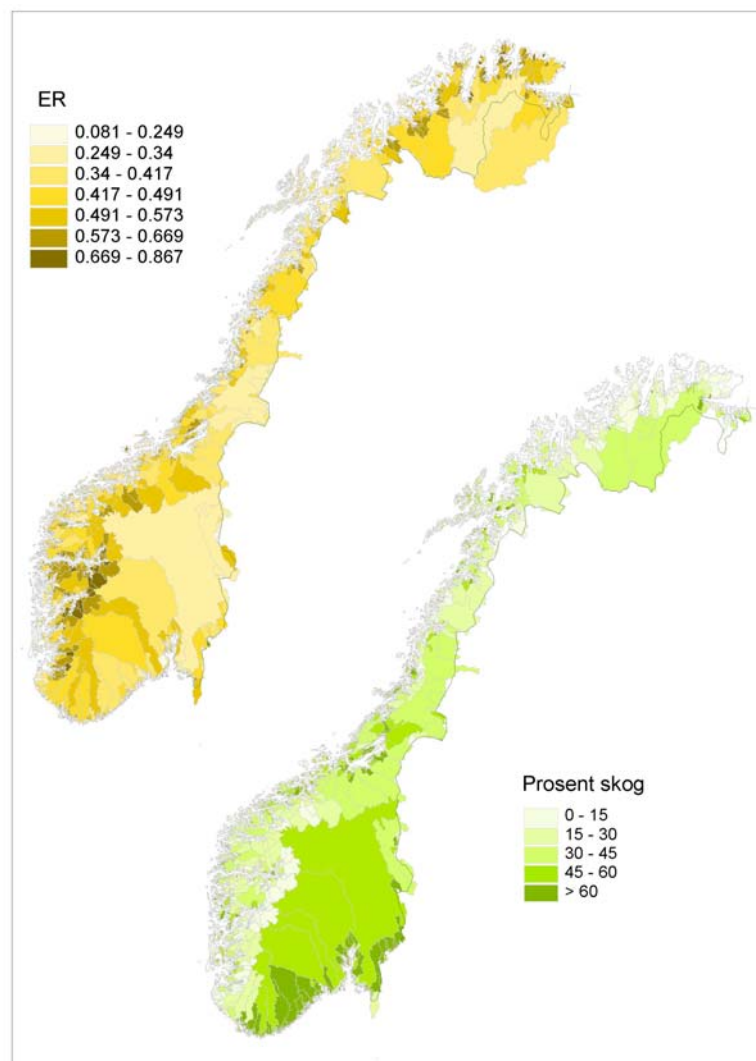
Det er også gjort noen forsøk på å tilordne arealdekkedata til elveløpet. Her er det tatt utgangspunkt i arealstatistikk i områdene i umiddelbar nærhet av elven. Datasettet som er brukt, er det samme som beskrevet for nedbørfeltanalysen over. Det ble gjort tester ved å registrere arealene i en sirkel med radius 50 meter fra midtlinjen av elven for hver 50 meter av elvenettverket. Dette fungerer greit ved små elver, men ved brede elver bør man ta utgangspunkt i reell elvekant. Det er ikke gått videre med disse testene innefor rammen av dette prosjektet, og det presenteres derfor ikke konkrete resultater fra disse testene i rapporten.

## Vassdragsselementer

Det er gjort en vurdering av i hvilken grad det er mulig å identifisere gitte vassdragsselementer på bakgrunn av det foreliggende materiale. De konkrete vurderingene som er gjort er nærmere beskrevet i hvert enkelt tilfelle i neste kapittel. Det er tatt utgangspunkt i tidligere arbeider knyttet til identifikasjon av vassdragsselementer fra topografiske kart i målestokk 1:50 000 (Norbø 1991).

## Forholdet til elvenettverket

Selv om alle registreringene som er gjort, forholder seg direkte til den fysiske delen av elvenettverket, er det ikke gjort forsøk på en formell tilknytning til elvenettverkets nummerering og dermed heller ikke et forsøk på å foreslå databasestruktur. Dette fordi det rapporterte prosjektet bare er et forprosjekt og fokus dermed er lagt på selve analysemetodikken, dernest at elvenettverkets nummereringssystem ikke har vært tilgjengelig ved prosjektgjennomføringen. Hva som imidlertid er gjort, er å tilordne egenskaper til segmenter av elvenettverkets linjefil uten at disse er nummerert.



**Figur 3.** Geografisk fordeling av ER-indeksen og skog i REGINES nedbørfelt på øverste nivå. Skogprosenten er ikke fullt ut korrekt for vassdrag som delvis ligger utenfor Norge. I de tilfellene der mer enn halvparten av nedbørfeltet ligger utenfor Norge er det ikke angitt noen verdi for skog.— Geographical distribution of the Elevation-relief ratio (ER) and forest cover in the main watersheds in Norway.

## 3 Resultater

### 3.1 Nedbørfeltdata

Det er gjennomført en overordnet analyse på hovednedbørfeltnivå som omfatter alle parametere nevnt på side 10, unntatt landbruk. Gjennomføringen av testen demonstrerer at innsamling av data på dette nivå er enkelt og billig så snart man har samlet datasett av relevant kvalitet.

Et utvalg vassdrag er vist i **tabell 2**, og den geografiske fordelingen to utvalgte parametere er vist for hele landet i **figur 3**. Tilsvarende er det vist fordelingen av et utvalg parametere for delnedbørfelt innen ett av testvassdragene (**tabell 2, figur 3**).

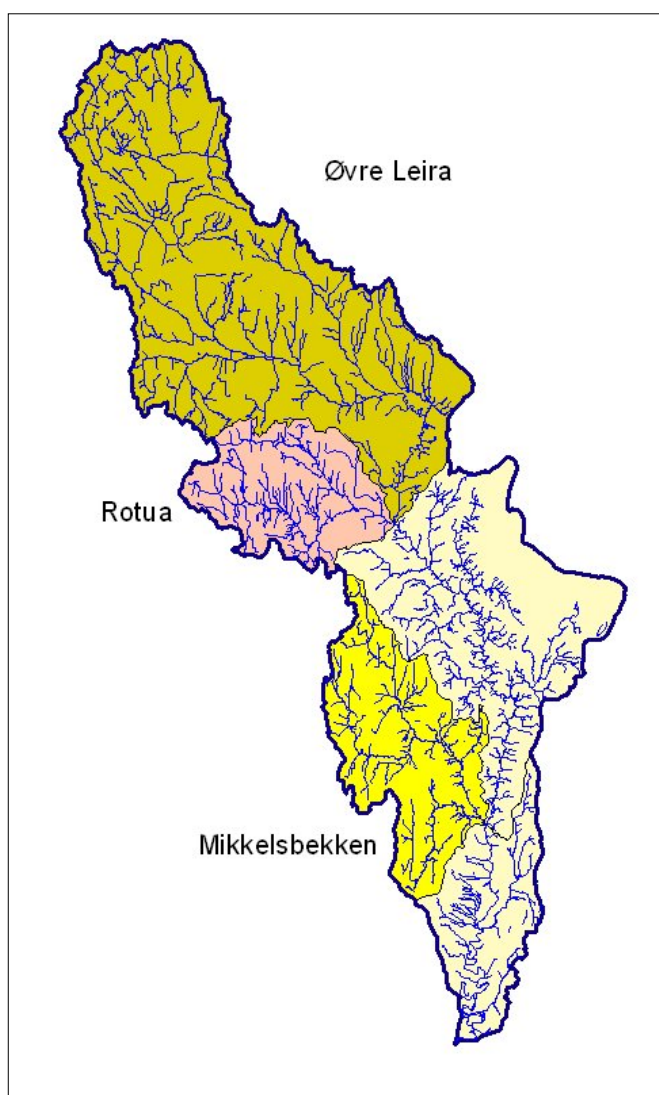
**Tabell 2.** Egenskapsdata for et utvalg vassdrag i REGINE. for en nærmere forklaring av dataene, se teksten. \* fra Trollbuvatnet, \*\* Aursfjorden, \*\*\* til Kvannåsbukta. – Attributes for selected watersheds.

| Vassdragsnr. | Navn          | Areal (km <sup>2</sup> ) | H (m oh) | RR (m) | ER    | S (gr) | Bre % | Vann % | Myr % | Skog % |
|--------------|---------------|--------------------------|----------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 212.Z        | Alta          | 7389                     | 1080     | 1080   | 0.426 | 3.2    | 0.0   | 6.1    | 11.5  | 35.5   |
| 196.Z        | Målselv       | 6147                     | 1700     | 1700   | 0.390 | 11.5   | 0.9   | 4.3    | 2.8   | 26.9   |
| 208.Z        | Reisa         | 2704                     | 1360     | 1360   | 0.479 | 8.2    | 0.2   | 1.9    | 2.2   | 16.6   |
| 205.Z        | Skibotn       | 765                      | 1450     | 1449   | 0.523 | 9.9    | 0.3   | 4.6    | 0.4   | 15.7   |
| 191.Z        | Salangselva   | 539                      | 1476     | 1474   | 0.386 | 14.1   | 4.4   | 2.7    | 2.4   | 36.7   |
| 204.Z        | Signaldalelva | 516                      | 1579     | 1579   | 0.438 | 15.3   | 0.5   | 2.3    | 0.5   | 18.6   |
| 206.Z        | Kåfjord       | 359                      | 1340     | 1337   | 0.657 | 9.0    | 0.0   | 7.7    | 0.0   | 6.0    |
| 206.1Z       | Manndalseva   | 207                      | 1312     | 1312   | 0.596 | 16.6   | 0.3   | 1.8    |       | 15.8   |
| 194.Z        | Lakselva*     | 205                      | 880      | 880    | 0.294 | 10.6   | 0.3   | 5.3    | 14.1  | 40.7   |
| 196.2Z       | Rosfjord      | 196                      | 1180     | 1180   | 0.210 | 9.9    | 0.0   | 7.8    | 5.3   | 52.8   |
| 198.Z        | Nordkjøselva  | 192                      | 1515     | 1515   | 0.413 | 22.7   | 1.1   | 0.6    | 1.6   | 25.1   |
| 193.Z        | Skoelv        | 164                      | 1209     | 1206   | 0.381 | 15.3   | 0.3   | 4.2    | 3.1   | 37.7   |
| 203.Z        | Lakselva      | 142                      | 1560     | 1557   | 0.344 | 22.0   | 4.0   | 0.2    | 1.4   | 30.8   |
| 190.7Z       | Spanselva     | 142                      | 1452     | 1450   | 0.401 | 17.5   | 1.9   | 1.0    | 5.5   | 32.7   |
| 194.3Z       | Lyselva       | 138                      | 957      | 954    | 0.317 | 14.0   | 0.0   | 10.1   | 7.0   | 36.8   |
| 193.5Z       | Tømmerelva    | 110                      | 1380     | 1380   | 0.284 | 11.7   | 0.7   | 0.4    | 4.5   | 52.3   |
| 204.8Z       | Kitdalelva    | 100                      | 1540     | 1537   | 0.470 | 22.1   | 2.9   | 1.2    |       | 22.8   |
| 198.41Z      | Sagelva       | 93                       | 1280     | 1280   | 0.232 | 8.7    | 0.2   | 7.7    | 3.4   | 59.2   |
| 196.5Z       | Lakselva**    | 89                       | 1320     | 1300   | 0.242 | 10.6   | 0.2   | 13.9   | 1.5   | 48.2   |
| 191.4Z       | Røyrbakkeva   | 87.2                     | 1100     | 1100   | 0.351 | 12.4   | 0.0   | 2.4    | 10.2  | 43.4   |
| 198.42Z      | Tømmerelva    | 84.5                     | 1390     | 1387   | 0.271 | 14.4   | 0.2   | 2.3    | 1.6   | 56.3   |
| 204.5Z       | Lyngdalselva  | 84.5                     | 1833     | 1830   | 0.453 | 25.4   | 19.8  | 0.6    |       | 9.7    |
| 196.7Z       | Sandselva     | 76.7                     | 1100     | 1100   | 0.328 | 13.3   | 0.0   | 0.9    | 10.2  | 32.7   |
| 194.4Z       | Lakselva***   | 73.8                     | 720      | 717    | 0.307 | 7.2    | 0.0   | 2.3    | 23.0  | 40.4   |
| 196.4Z       | Mårelva       | 73.8                     | 1340     | 1340   | 0.309 | 13.3   | 0.0   | 0.3    | 4.0   | 48.1   |
| 191.2Z       | Sagelva       | 69                       | 1011     | 971    | 0.502 | 9.7    | 0.0   | 7.0    | 2.4   | 34.8   |
| 194.6Z       | Ånderelva     | 67.3                     | 840      | 838    | 0.387 | 13.4   | 0.2   | 4.1    | 6.7   | 28.0   |
| 193.3Z       | Brøstadelva   | 63.9                     | 1073     | 1066   | 0.304 | 12.4   | 0.0   | 1.0    | 6.5   | 59.7   |
| 204.6Z       | Langdalselva  | 53.3                     | 1514     | 1511   | 0.412 | 20.8   | 1.7   | 1.6    | 2.2   | 11.6   |
| 177.3Z       | Botnelva      | 52.1                     | 880      | 877    | 0.345 | 9.5    | 0.0   | 4.8    | 3.6   | 61.8   |
| 177.4Z       | Bergselva     | 52                       | 604      | 597    | 0.418 | 8.5    | 0.0   | 6.5    | 10.0  | 63.2   |
| 186.2Z       | Åelva         | 50.5                     | 560      | 559    | 0.247 | 12.0   | 0.0   | 10.1   | 31.6  | 32.1   |
| 203.4Z       | Skogneselva   | 45.2                     | 1280     | 1277   | 0.463 | 19.9   | 4.4   | 4.0    |       | 19.6   |
| 204.4Z       | Kvalvikelva   | 44.5                     | 1680     | 1677   | 0.446 | 21.6   | 5.9   | 3.8    | 0.1   | 7.6    |
| 198.6Z       | Andersdalelv  | 44                       | 1290     | 1287   | 0.395 | 24.3   | 1.0   | 0.3    | 0.9   | 25.8   |
| 204.9Z       | Storelva      | 43.1                     | 1542     | 1537   | 0.575 | 25.5   | 4.3   |        | 0.6   | 11.9   |
| 198.7Z       | Sørbotnelva   | 41.9                     | 1300     | 1297   | 0.378 | 24.2   | 2.7   | 0.2    |       | 32.1   |
| 206.2Z       | Skarvdalselv  | 41.3                     | 1373     | 1370   | 0.626 | 23.7   | 0.0   | 2.0    |       | 6.0    |
| 178.7Z       | Teinvatn      | 40.5                     | 755      | 752    | 0.288 | 14.7   | 0.0   | 6.6    | 25.5  | 29.2   |



**Tabell 3.** Arealstatistikk for tre delnedbørfelt i Leira, samt for hele nedbørfeltet, basert på 25 m høydedatabase og N50 kartdata. Land cover statistics from watersheds within the Leira test area.

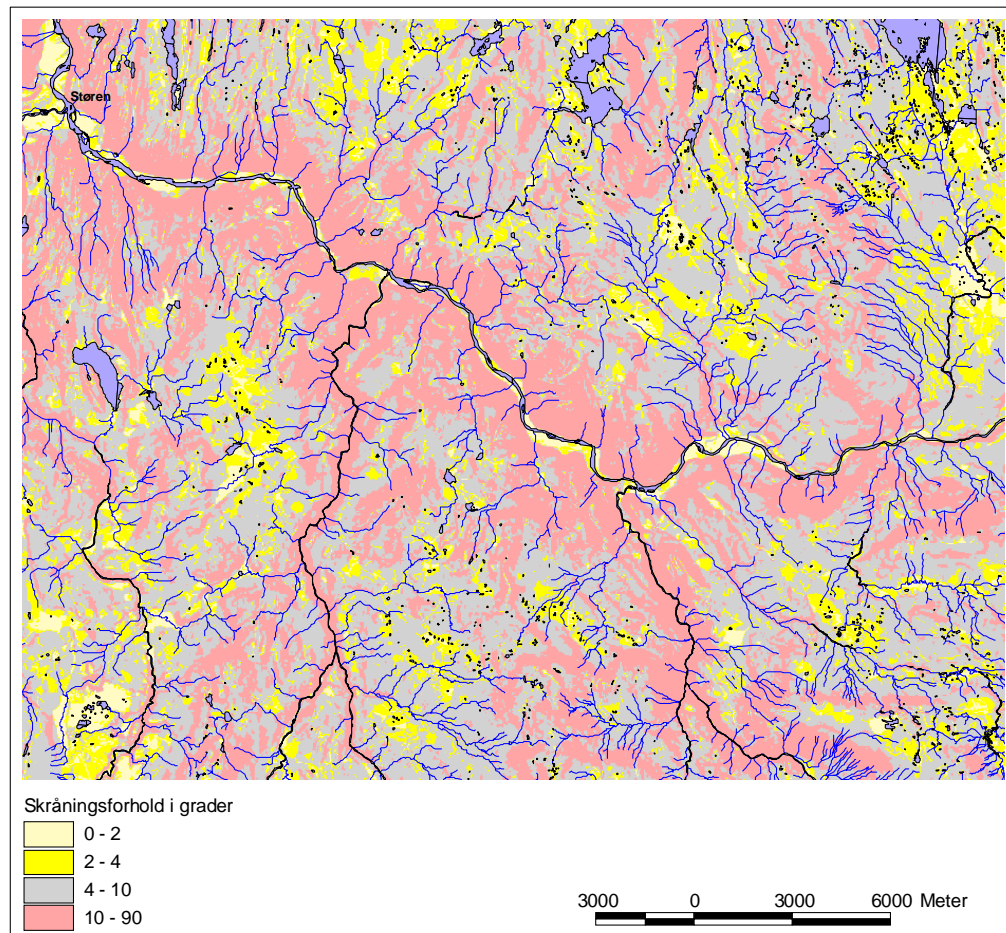
| Arealtype | Mikkelsbekken<br>% | Rotua<br>% | Øvre Leira<br>% | Hele Leira<br>% |
|-----------|--------------------|------------|-----------------|-----------------|
| SKOG      | 63                 | 89         | 83              | 68              |
| DYRKET    | 29                 | 2          | 4               | 21              |
| MYR       | 5                  | 4          | 6               | 4               |
| INNSJØ    | 1                  | 4          | 5               | 3               |
| TETTBYGD  | 2                  | 0          | 0               | 2               |



**Figur 4.** Tre delnedbørfelt i Leira der det er beregnet arealstatistikk (**tabell 3**). – The three watersheds within the Leira test area used in **table 3**.

## 3.2 Elveløpet

Inndeling i elvepartier som renner gjennom de fire terrengklassene som er beskrevet på side 12, er beregnet for alle prøvevassdragene. I **figur 5, 6 og 7** er det vist eksempler på denne inndelingen for utsnitt fra de tre prøvevassdragene. Inndelingen er ikke koblet til elvenettverket i og med at dette ikke er ferdig med nummerering. Det er heller ikke gjort arealstatistikk langs elvenettverket.

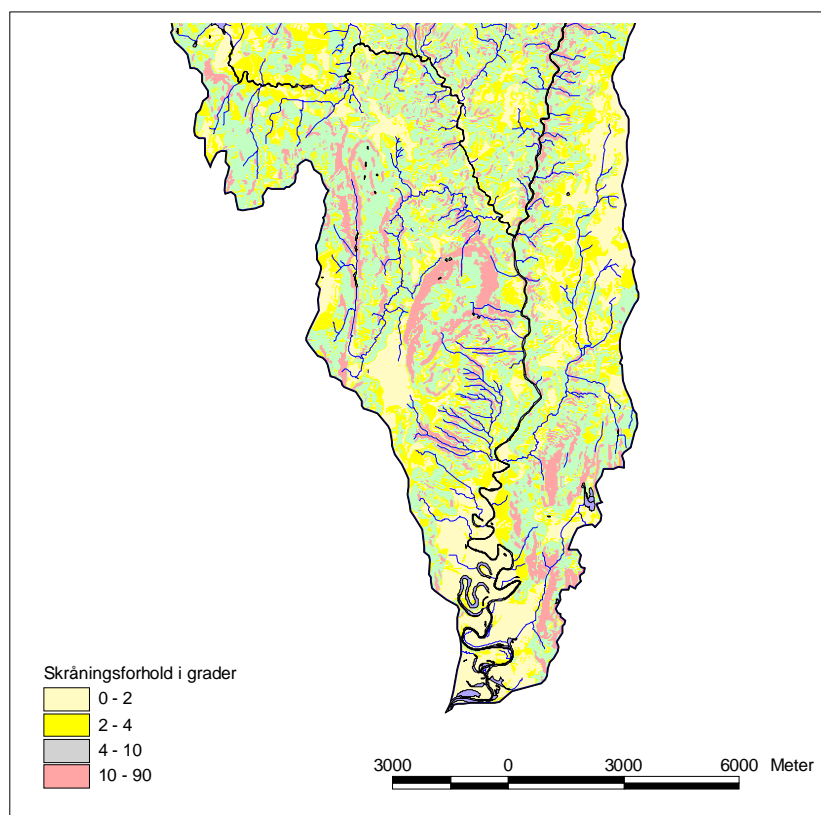


**Figur 5.** Terrenginndeling i deler av Gaulas nedbørfelt oppstrøms Støren. Legg merke til bratte dalsider og ellers mindre flate områder i hoveddalens bunn og ellers i enkelte fjell- og åspartier. – Different terrain classes based on slope characteristics (see legend) for parts of Gaula. Note the steep valley sides and small flat areas in the valley floor and larger flat areas on higher ground.

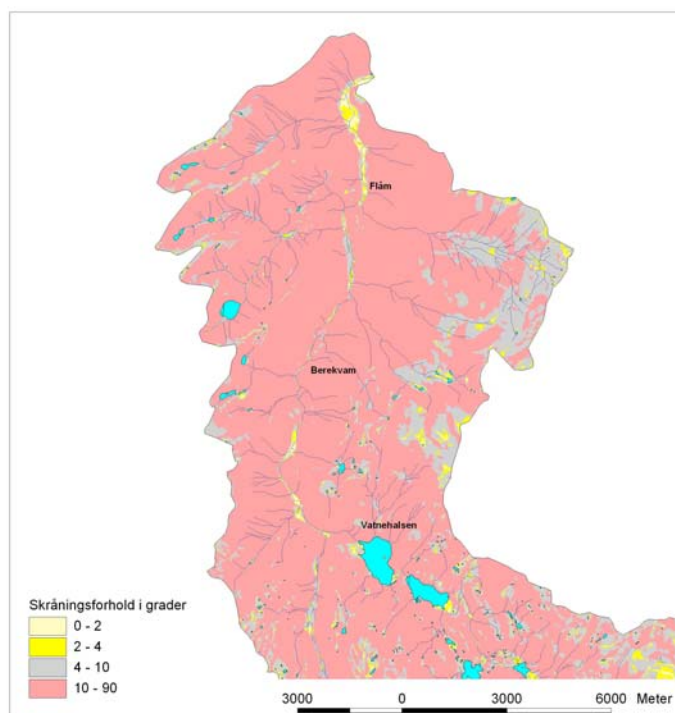
## 3.3 Vassdragslementer

### Foss

Fosser er elvelementer som i sin karakter er svært begrenset i utstrekning, og i en oversiktskartlegging kan fungere som typiske punktdata. Selv om alle har en rimelig klar forestilling om hva en foss er, er definisjonsspørsmålet her, sammen med en skaladiskusjon et vesentlig moment. Det må understrekes at formålet med registreringen vil avgjøre hva slags angrepsmåte som er fornuftig. Som ledd i en allmenn elvekartlegging vil en systematisk registrering av fall med fossepotensiale (og i for seg øvrige bratte elvestrekninger) være interessant. Hvis målsettingen derimot er å stedfeste turistfosser eller fosser med stort opplevelsespotensiale uten å sette disse inn i en større sammenheng, er disse antagelig så godt kjent at innsamling av data fra lokalkjent personell er vel så relevant.



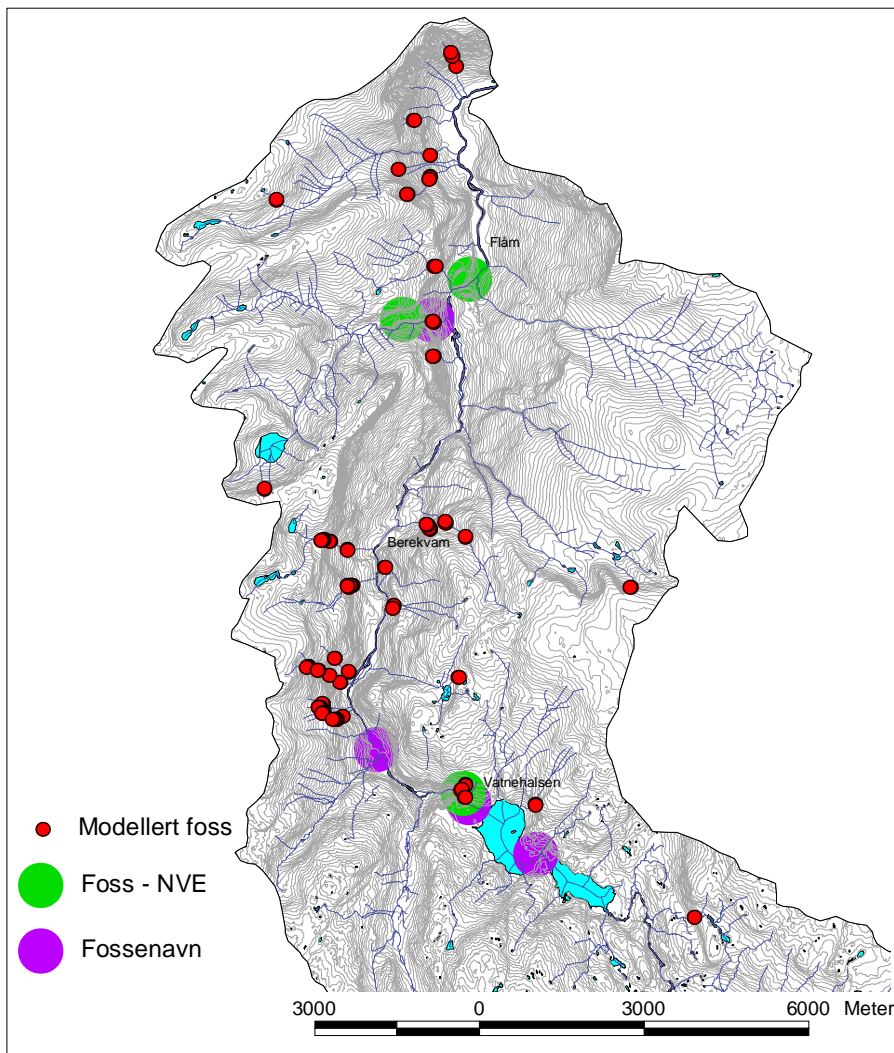
**Figur 6** Terrenginndeling i nedre deler av Leiras nedbørfelt. Legg merke til elvesletten med meandrerende elv som dominerende terrengtype og elveløpsform. - Different terrain classes based on slope characteristics (see legend) for parts of Leira. Note the river plain with meanders in the southern parts.



**Figur 7.** Terrenginndeling i deler av Flåms nedbørfelt nedstrøms Vatnehalsen. Vestlandets bratte daler og fjellterreng gjør bratt terreng og bratte elveløp til dominerende klasse. - Different terrain classes based on slope characteristics (see legend) for parts of Flåm. Note the predominant steep terrain in this typical fjord, mountain and valley landscape.

Som ventet gir det brukte kartmateriale begrenset mulighet til å modellere fosser. Kotegrunnlaget er på 20 meter, og det betyr at høydeinformasjonen i prinsippet ikke gir mulighet til å identifisere fosser som er mindre enn dette. Høydeinformasjonen i det digitale kartgrunnlaget er her brukt til å måle kryssingspunktet mellom koter i kartverket og elvenettverket og deretter bestemme avstanden mellom disse punktene. Foss kan deretter defineres etter ønsket maksimumavstand mellom to kotekryssinger.

Først er det kjørt et script som fungerer for to linjetemaer og gir resultat i et nytt punkttema som inneholder alle kryssingspunktene mellom de to opprinnelige linjetemaene. Deretter har vi scriptet en algoritme som måler korteste euklidiske avstand mellom alle kryssingspunktene, men som samtidig ekskluderer punkter med liten avstand som ligger på samme kote, noe som oppstår der elven deler seg eller elveløp samles. Resultatet for en del av Flåmsvassdraget er vist i **figur 8** sammen med fosser oppgitt i NVEs fossedatabase samt Statens kartverks posisjon for navnet av fosser.



**Figur 8.** Modellerte fosser i deler av Flåm nedbørfelt nedstrøms Vatnehalsen. Røde sirkler viser kotekryssinger der det er mindre enn 10 meter til neste kotekryssing, dvs. et fall på 20 meter over avstand på mindre enn 10 meter (kan mao. være mer en ring per foss). Store fiolette sirkler angir fosser i henhold til NVEs fossedatabase og store grønne sirkler angir plassering av fossenavn i henhold til kartverkets navnerregister. Navnerregisteret viser ikke plasseringen av fossen, bare hvordan fossenavnet er plassert i kartverket. Modeled waterfalls in part of the Flåm test area, compared to existing information in NVE and where the topographical maps have names indicating waterfalls.

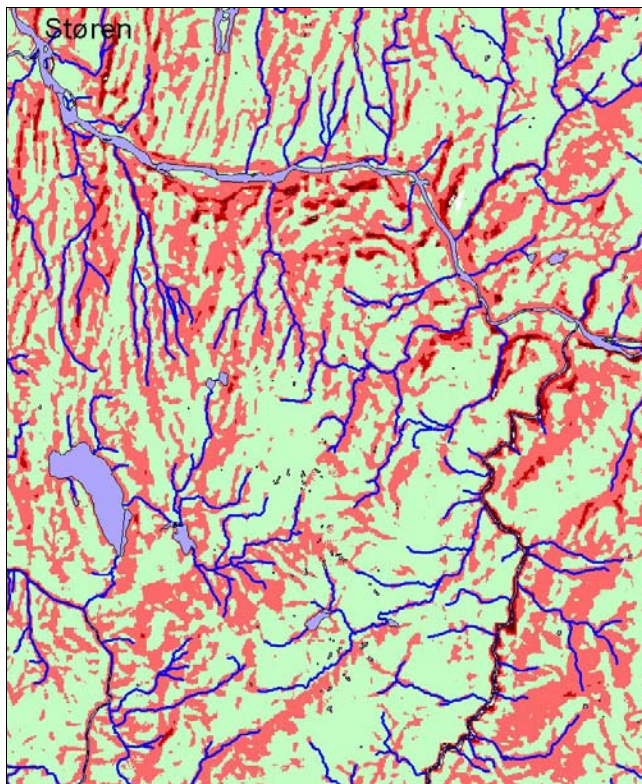


## Elv i gjel

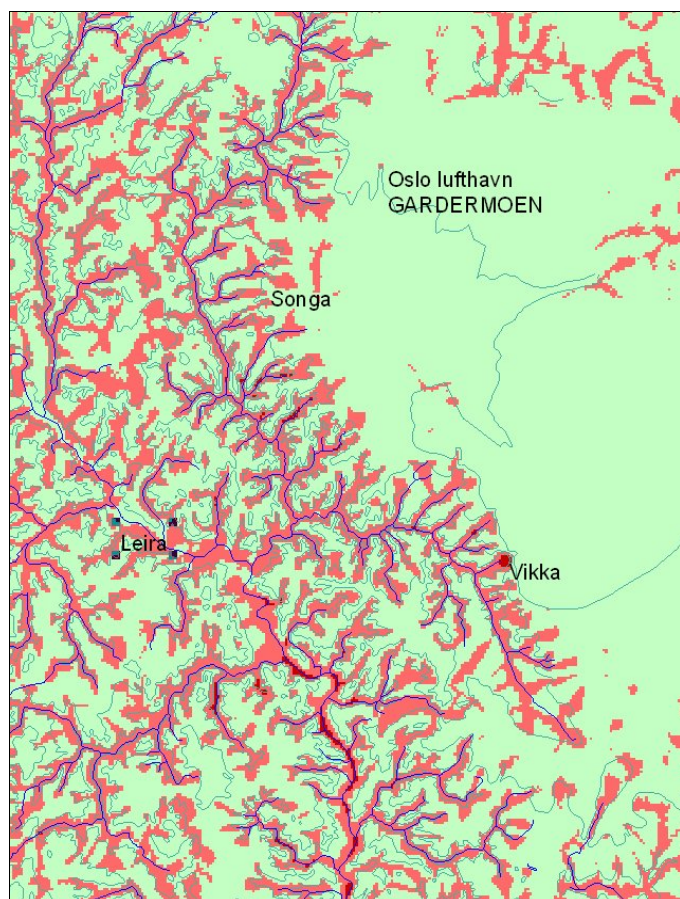
For identifikasjon av elv i gjel eller andre bratte daler med svært smal dalbunn, er det tatt utgangspunkt i Statens kartverks 25 meters høydedatabase. Målet med beregningen er å identifisere smale gjel langs som elven renner gjennom. Det er tatt utgangspunkt i følgende formel (Erikstad et al. 1998):

$$K = z - z_{\text{mean}}$$

Der  $k$  er en indeks som angir graden av forsenkning eller forhøyning i terrenget,  $z$  er høyden i et gitt punkt og  $z_{\text{mean}}$  er gjennomsnittshøyden i et område rundt det aktuelle punktet. Størrelsen på området som brukes for å beregne gjennomsnittshøyden er avgjørende for skalaen i beregningen. Her er dette området bestemt som et kvadrat med  $10 \times 10$  pikslers størrelse (dvs.  $250 \times 250$  meter). Vi har valgt å isolere områder der  $K$  er mindre enn henholdsvis  $-10$  og  $-15$ . Dette angir områder i terrenget som er betydelig lavere enn gjennomsnittshøyden i omgivelsene, dvs. kløfter, skarpe små daler, men også konkave områder for eksempel ved foten av bratte skråninger. Resultatet er vist i **figur 9, 10** og **11** sammen med elver og bekker. Elvestrekninger som går langs områder der  $k$  er mindre enn  $-10$  vil normalt gå i gjel eller bratte v-daler. Særlig i bratt terreng vil det imidlertid være en del områder i bunnen av bratte skråninger som også blir avmerket. En elv eller bekk som passerer gjennom et slikt område går nødvendigvis ikke i gjel. Vi har derfor testet en alternativ metode for å verifisere resultatet. Det er tatt utgangspunkt i elvenettverket. Prinsippet er å sammenligne høyden i et gitt intervall av punkter langs elvestrengene, og sammenligne disse med høydeverdier i punkter utplassert i en gitt avstand vinkelrett på selve elveløpet. Dette representerer mao. et forsøk på direkte å måle høydeprofil på tvers av elva. Valg av intervall og avstander er avhengig av opprinnelig oppløsning på datasettet og størrelse på landskapsformer man søker etter.



**Figur 9.** Forsenkninger i deler av Gaula nedbørfelt oppstrøms Støren. Mørk rødt angir forsenkningsindeks mindre enn  $-15$ . (lysere rødt  $-10$  -  $-15$ ). Legg merke til at overgangen mellom stup i dalsiden og flattere terreng markeres på lik linje som kløfter og trange v-daler. Disse vil ikke bli registrert så lenge det ikke går elv gjennom dem. Terrain depressions in parts of the Gaula test area. A depressed area along the river structures indicates canyons or steep v-shaped valleys.

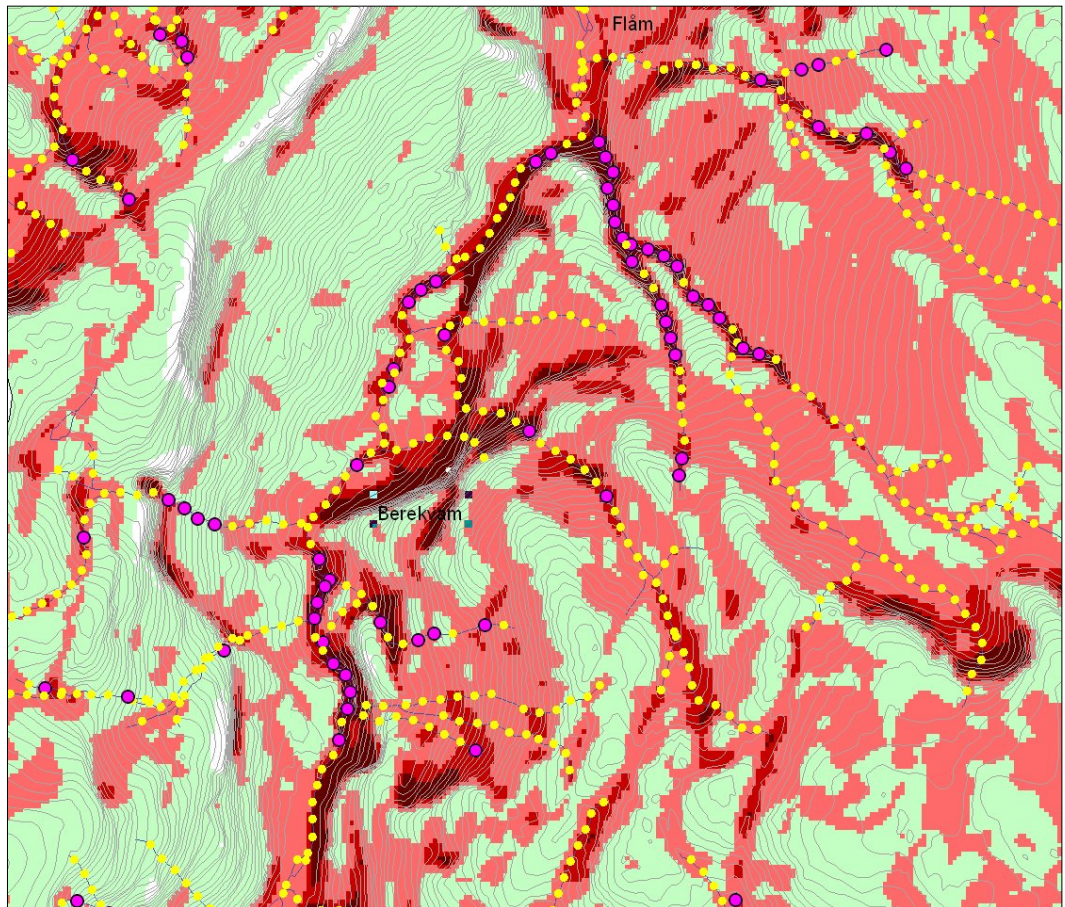


**Figur 10.** Tilsvarende som **figur 9** for Deler av Leiras nedbørfelt ved Gardermoen. Her er det dype raviner i leire som slår ut og ligger på grensen til valgt kriterium ( $k < -15$ ) for gjel / dyp v-dal. As **figure 9** for parts of the Leira test area. Here, deep gullies in marine clay are marked as terrain depressions.

Vi har brukt følgende fremgangsmåte: Elvenettverket er bufret med 50 meter slik at vi får et linjete-ma som løper parallelt med elven. Deretter er det avsatt punkter i jevn avstand langs bufferlinjen (vi brukte 100 meter). Etterpå er det på lignende måte avsatt punkter i en jevn avstand langs elvestrengene. Deretter må verdier fra høydemodellen overføres til hvert enkelt punkt og til slutt er punktene langs elvestrengen koblet med punktene langs bufferlinjen. Her har vi brukt seleksjon mellom de to temaene med høydeinformasjon (1: punktene langs elvenettet. 2 punktene langs bufferen). Vi brukte en løkke som går gjennom alle punktene langs elvenettet og søkt etter alle punkter langs bufferen som ligger nærmere enn 65 meter det aktuelle punktet. På denne måten fikk vi selektert ut i hovedsak to punkter som ligger nokså vinkelrett på selve elveløpet. Her går det an å bruke litt tettere avstand mellom punktene langs elvenettet enn langs bufferen for å få flere målepunkter som ligger vinkelrett på hverandre. Til slutt utregnes den gjennomsnittlige høydeforskjellen mellom høydepunkter i elvestrengen, og i de fleste tilfeller 2 punkter tilnærmet plassert vinkelett på hver side av elveløpet.

Resultatet som er vist i **figur 11**, fungerer som et godt supplement til den opprinnelige metoden, men det oppstår en del problemer i jevne liområder knyttet til ulik vinkel mellom koter og elvelinje. Det er dermed ikke mulig å si at denne metoden er bedre enn den som ble beskrevet tidligere. Sammen gir imidlertid de to metodene en ganske sikker identifikasjon av gjel og dype v-daler.





**Figur 11.** Tilsvarende som **figur 9** for Deler av Flåm nedbørfelt mellom Flåm kirke og Berekvam. Gjel og dype v-daler markeres godt i modellen, men elver som faller ned bratte dalsider ut i flatere dalbunn vil også markeres i overgangsområdet mellom bratt og flatt. Prikkene viser resultat av alternativ algoritme (se tekst). Der disse to er overensstemmende er det rimelig å forvente gjel eller bratt v-dal. - As **figure 9** for parts of the Flåm test area. The yellow and violet dots indicates the result from an alternative algorithm to identify canyons and narrow valleys along the river, where the violet color indicate depressions.

## Meander, forgrenet elveløp, delta og vifter

Resultatene av analysen viser en god overenstemmelse mellom elveløp som renner gjennom flatt terreng slik det kommer fram i denne analysen, og vassdragsselementer som meandre, forgrenete elveløp i løsmasser, deltaområder og flate elvevifter slik disse kan tolkes ut fra en visuell gjennomgang av tilgjengelig kartmateriale. Når det gjelder å skille disse vassdragsselementene fra hverandre med en større grad av automatikk, er imidlertid mulighetene noe begrenset. Også her er den største begrensingen at kotegrunnlaget i det digitale kartverket har ekvidistanse på 20 meter. Det betyr at det å skille ut områder med stilleflytende elv fra områder med raskflytende elv i flatt terreng ikke er mulig.

Posisjon av de flate partiene gir imidlertid indikasjon om dominerende vassdragsselement:

- Flatt/rolig terreng før utløp i fjord eller vann indikerer delta, særlig hvis utløpsstedet angir en utbuling av kystlinjen.
- Flatt/rolig terreng i bunn av daler med buktende elveløp indikerer meander
- Flatt/rolig terreng i områder der sideelv møter hovedelv, indikerer vifte, særlig hvis hovedelven er presset over mot motsatt side av sidelven (**figur 12**).

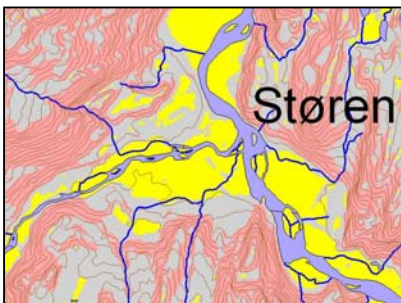
Når det gjelder forgrenete elveløp i løsmasse, finnes disse også i flatt eller rolig terreng. Så fremt formelementet er så vidt stort at det fremgår av kartverkets figurering, vil en automatisk deteksjonsalgoritme kunne identifisere:

- øyer i flatetema elv for brede elvestrekninger
- flere elvelinjer langs samme elvedrag for mindre elver som kun er tegnet som linjetema i kartbasen.

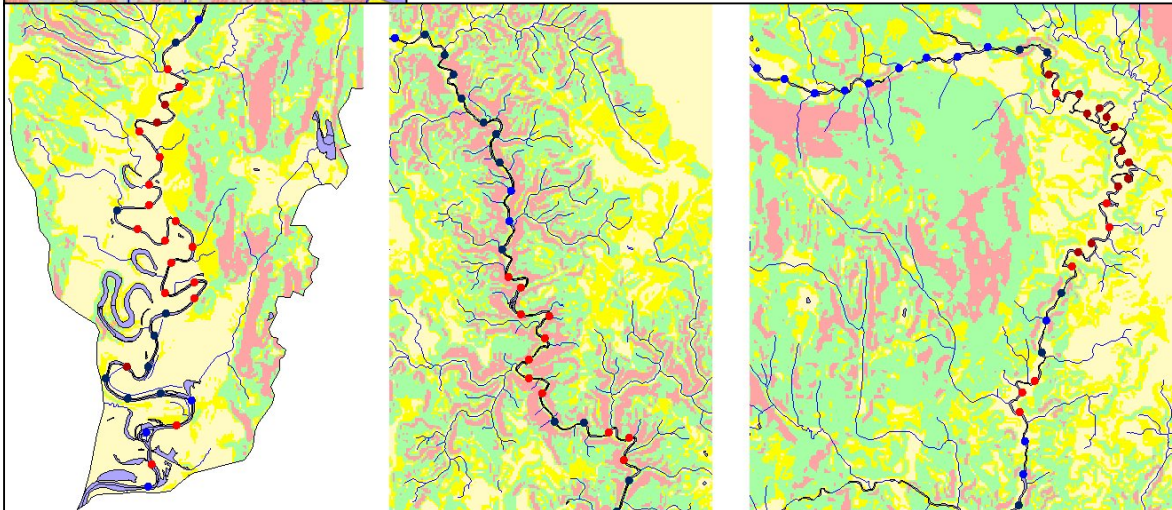
Det er ikke gjort forsøk på å modellere dette. Hvis det ferdige elvenettverket har med forgrenete elveløp, vil det være mulig å identifisere disse ved hjelp av nummereringen, evt ved å telle antall nodepunkter langs elven under forutsetning av at det avsettes nodepunkter der elvesegmenter møtes.

Meandre er karakterisert ved svinger som kan måles ved å måle sinusiteten til elva, det vil si forholdet mellom avstanden mellom to punkter målt langs elven og målt som luftlinje. Målet er skala-avhengig, og det bør eksperimenteres mer med grenseverdier som brukes i denne sammenheng.

Her har vi først avsatt punkter langs en elvestreng i et fastsatt intervall. Jo lengre mellom punktene, jo større meandrerbuer kan fanges opp. I vårt eksempel har vi brukt 500 meter mellom punktene. Deretter har vi samlet inn informasjon om de to nærmeste punktene både oppstrøms og nedstrøms og så regnet ut summen av de euklidske distansene til disse fire punktene. Sammen med en digital høydemodell hvor flate områder kan modelleres ut kan dette brukes i søk etter meandrer. Et eksempel er vist i **figur 13**.



**Figur 12.** Eksempel på flat vifte ved Støren i Gaulas nedbørfelt. – Example of an alluvial fan at Støren in the Gaula test area.



**Figur 13.** Modellering av meandre vist ved tre av hovedelvestrekningene i Leira. Røde prikker viser stor sinusitet som i flate områder antyder meandre. Legg merke til skala-avhengigheten, sinusiteten er her målt over strekning på 2 km, dette er for lite til å fange opp de store meandrene nederst i elva. - Measures of river sinuosity over a length of 2 km for three segments of the main river in the Leira test area. Red dots show high sinuosity. Note that the major meander area to the left are not marked properly because the measured distance is too short.



## 4 Diskusjon

Bruken av nasjonale kartdatabaser (N250 og N50) representerer en stor mulighet til å etablere egenskapsdata for nedbørfelt og elvestrekninger som er nasjonalt dekkende. Mulighetene er først og fremst til overordnet karakterisering på grovt skalanivå med tanke på regionale og nasjonale sammenligninger.

Når det gjelder nedbørfeltkarakteristikk er det realistisk å etablere 10-15 måleverdier knyttet til terrengforhold og arealbruk basert på grunnkart (N50 og standard høydedatabase), og det er relativt enkelt å etablere dette datasettet for alle definerte nedbørfelt i REGINE. Bruksområdet for slike data vil dekke behov for sammenligning av nedbørfelt med hensyn på representativitet, sjeldenhet og grunnleggende hydrologiske og økologiske egenskaper. Datasettet vil relativt enkelt kunne utvides med data om avrenning (NVE), klima (DNMI) og geologi (NGU). Det synes klart at et slikt datasett vil være nyttig i forbindelse med implementeringen av EUs rammedirektiv for vann, der karakterisering knyttet til en kombinasjon av fysiske, kjemiske og biologiske kriterier står sentralt. Videre vil denne type kunnskap (også supplerende data til selve vanndirektiv-kravene) være en viktig ressurs hvis det er ønske om å bygge ut en vannressursforvaltning nasjonalt og lokalt som er best mulig tilpasset vanndirektivets tankegang.

Et problem er imidlertid at REGINES feltinndeling ikke dekker alle behov fordi det er begrenset mengde nedbørfelt som er bestemt. Ideelt burde det være slik at denne type data enkelt kan skaffes for alle (tenkelige) nedbørfelt, det vil si oppstrøms alle (tenkelige) målestasjoner og forvaltningsmessige problempunkter. Med dagens teknologi bør ikke dette være noe problem på et slikt overordnet nivå som vi beskriver her. Dette kunne for eksempel tenkes som en operativ tjeneste fra NVE, enten ved at man kan sende inn en geografisk lokalisering og få beregnet tilhørende nedbørfelt digitalt ved hjelp av en digital høydemodell. Relevant statistikk for dette nedbørfeltet, beregnet digitalt som beskrevet i denne rapporten vil da kunne være en del av tjenesten. Eventuelt kunne tjenesten utvikles som en automatisert netjtjeneste.

Når det gjelder elveløpskarakterisering på grovt nivå, er dette også mulig ved hjelp av tilsvarende datasett. Største begrensning når det gjelder detaljering, ligger i at eksisterende digitale høydemodeller av landsomfattende karakter er basert på et koteverk med 20 meters ekvidistanse. Dette betyr at finere inndeling av elvestrekninger med hensyn på elvas gradient og fenomener som er direkte avhengig av elvas gradient, ikke er mulig. I denne rapporten har vi omgått dette ved å bruke høydemodellen til å isolere terrengforholdene som elva renner gjennom heller enn å måle gradienten på elva. På denne måten er elvestrekningene delt inn i fire hovedkategorier etter terrengforholdene i elvas nærområde, elvestrekninger som renner gjennom flatt terreng, rolig terreng, bratt terreng og middels bratt terreng. Slik grenseverdiene er satt her, er flate og rolige elvestrekninger i hovedsak representert med elvesletter i dalbunner, men også noe brattere dalbunner som for eksempel vifter, sandurstrekninger og lignende. I tillegg er de representert i fjellet og i åsområdene, ofte knyttet til løsmasseavsetninger og myr. De bratte områdene er i hovedsak knyttet til dal- og fjordsider, mens områdene med middels bratt terreng representerer de største arealene mellom disse ekstremerne.

Inndelingen kan brukes til å vurdere hva slags elveløp en kan forvente i de ulike områdene. I de flate områdene vil vi vente å finne meandre, anastomoserende elvestrekninger, rasktflytende elver i løsmasse, vifter samt elv/bekkeløp i myr. I de bratte områdene vil vi forvente fosser og stryk. For å kunne spesifisere dette ytterligere kan en skifte skala og gå over til å analysere kartbildet i økonomiske kartverk (ikke landsdekkende, særlige mangler i ubebodde strøk over skoggrensen). Her er kotenes ekvidistanse 5 meter, og det vil si at oppløsningen i høydeangivelse er 4 ganger så god som høydeinformasjon som bygger på N50. Den generelle arbeidsmengden blir imidlertid betydelig større, og økonomiske og praktiske forhold knyttet til bruksrettigheter og eksistens av digitalt materiale gjør at dette trolig er en strategi som passer bedre for lokale og regionale problemstillinger heller enn for nasjonale datasett. Ved slike formål vil det trolig også være realistisk med utstrakt bruk av flyfoto i tillegg, og det betyr at klassifisering innen rammen av flate områder kan gjøres med en helt annen grad av oppløsning og presisjon. Da ville det være ganske lett å skille for eksempel mellom stilleflytende vann og rasktflytende vann i de flate områdene, noe som er et sentralt skille i arbeidet med å karakterisere vannforekomster etter vanndirektivet (Lyche et al. 2003).

Det vil videre vært av betydning om eksisterende nivellementsdata var gjort digitalt tilgjengelig slik at direkte målinger av elvegradient kunne legges til grunn der disse finnes og også bli brukt til verifikasjon ved ulike modelleringsarbeider. Det vil være naturlig å tilordne slike data til det kommende elvenettverket og dets nummerering.

Mye av den økte detaljeringen som man vil kunne ønske seg, blir enda mer konkret når man diskuterer hvordan man med eksisterende kartmateriale kan modellere vassdragsselementer. Grunnlaget for å vurdere slike modelleringsarbeider må være at det er en balanse mellom formålet med arbeidet og den skala man arbeider med. Et grunnleggende forhold er for eksempel at mange av de vassdragsselementene man kunne tenke seg å registrere, ikke er definert skalamessig. En foss kan være stor, men den kan også være liten, så liten at den ikke vil kunne fanges opp selv på detaljerte kart. Den kan ha et imponerende fritt fall, men kan også ha karakter av kraftig stryk. Karakteren vil også variere med vannføringen. Selve oppgaven knyttet til en slik registrering er dermed ikke uten problemer, selv før en tenker seg at registreringen skal foregå automatisk ved hjelp av data som har svært begrenset høydeoppløsning.

Det bør i denne forbindelse være helt klart hva formålet med registreringen er, og hvilket krav en stiller til materialet. Er målsettingen først og fremst å registrere fosser fordi de representerer visuelle verdielementer i vassdraget, kan en kanskje begrense seg til et utvalg som nettopp har gitte visuelle kvaliteter (en kombinasjon av vannføring, høyde og kontrast til omgivelsene). Hvis registreringen skal ha en økologisk målsetting kan atskillig mindre fosser være viktige å få med i registeret (for eksempel vandringshindre for anadrom fisk). Materialet som ligger i NVE's fosseregister og navnerregisteret til Statens kartverk viser trolig at punktelementer som fosser kanskje best registreres ut fra disse eksisterende datasettene og suppleres best ved hjelp av lokalkjente. Eventuelt bør trolig høydedata fra Økonomisk kartverk (5 meters ekvidistanse) representere et minstekrav av datagrunnlag.

Andre vassdragsselementer som elv i gjel er lettere å modellere ved hjelp av nasjonalt dekkende datasett. Ved å kombinere informasjon om terrengforsenkning og terrenghelling er det mulig å identifisere elvepartier som i det minste går i gjel eller bratte elvedaler. Også her er det noen skalabegrensinger. Et gjel som er for stort vil fort falle utenfor forutsetningen, mens små kanjoner på få meters dybde og som er ganske smale, vil ikke kunne fanges opp av analysen fordi grunnlagsdataene er for grove.

Ellers vil den grove elveløpskarakteriseringen kunne danne utgangspunkt for identifikasjon av flere typer vassdragsselementer. De samme forbehold med hensyn på skala vil gjøre seg gjeldene også for disse.

- Meandre har krokete elveløp i flate områder (**figur 5**)
- Forgrenete elveløp i løsmasser finnes også i flate områder. Forgreningen kan identifiseres enten i elvenettverket eller på de originale vannfilene. Mønsteret av banker i brede elver vil også kunne være til hjelp her.
- Vifter vil kunne identifiseres i flate områder, ved elvemøter der sideelven endrer gradient rett før elvemøtet og der hovedelven presses over mot motsatt dalside av sideelven, (**figur 12**).
- Raviner (**figur 10**) kan enten identifiseres ved hjelp av en lignende prosedyre som det som er beskrevet for gjel, eventuelt ved hjelp av terrenguro i ellers flate områder (løsmasse) og supplert med et tett, gjerne dendrittisk bekkemønster.

Disse vassdragsselementene kan identifiseres ved hjelp av kartmaterialet med ulik grad av digital automatisering. Innen rammen av forprosjektet er det ikke gått videre med hensyn på å utvikle automatiserte algoritmer for dette.

Når det gjelder arealdekke, er det også mulig å tilordne arealbruk til elveløpet. Også her er det spørsmål om den detaljering man måtte ønske. Til overordnet bruk der formålet er å tilordne arealbruksstatistikk til elvenettverket, vil man kunne registrere arealstatistikk for eksempel i en sirkel for hver 50. eller 100. meter og la denne statistikken danne grunnlag for elveklassifisering. Om ønskelig kan slik statistikk registreres i to sirkler med ulik radius for både å registrere forholdene nærmest

mulig elva samtidig som man kan få informasjon om arealdekket i et litt videre nærområde. Alternativet med bare å registrere arealdekket der elva renner, blir fort forvirrende. For det første er ofte arealdekket ulikt på ulike sider av elva samtidig med at spørsmål knyttet til kantvegetasjon, viktige myrstrekninger i umiddelbar nærhet av elva og lignende kan bli relativt skjevt registrert.

Et problem med arealdekkestatistikk tatt fra eksisterende kartverk er at det ikke finnes opplysninger om når denne er registrert. Kartverket oppdateres løpende og representerer alltid best mulig/nyeste kartlegging. Applikasjoner knyttet til tidsserier blir dermed vanskelig. Det arbeides med å etablere en ny type arealdekkkart for Norge med tanke om jevnlige og jevne oppdateringer, og om slike datasett blir tilgjengelige for fremtiden vil denne type registreringer også få et viktig bruksområde knyttet til overvåking. Status på dette arbeidet er imidlertid usikker (Strand 2003).

Ellers vil både nedbørfeltkarakteriseringen og elvestrekningskarakteriseringen som er foreslått i denne rapporten, være realistisk gjennomførbar innenfor rimelige ressurs- og tidsrammer. Tross denne begrensingen vil materialet representere et stort skritt fremover og kunne bli til god nytte for eksempel i forbindelse med oppfølgingen og forvaltningen av verneplan for vassdrag, vannrammedirektivet, habitat og artsmodellering (se for eksempel Erikstad et. al. 1998, Crozier et.al. 2003). Den vil gi et godt grunnlag for videre, mer detaljert arbeid, og sette pågående arbeid på mer detaljert nivå (se for eksempel Vaskinn 1985), inn i en regional sammenheng som kan være verdifull.

## 5 Konklusjon

Ved bruk av digitale kartanalyseteknikker er det mulig å etablere et nasjonalt sett av relevante nedbørfeltdata for alle definerte nedbørfelt i landet. Det er også mulig å etablere en analysetjeneste slik at denne type data enkelt kan skaffes for nedbørfelt oppstrøms alle målestasjoner og forvaltningsmessige problemområder. Behovet for slike prosedyrer er allerede vist i forbindelse med karakteriseringsarbeidet for norske vannforekomster knyttet til implementeringen av EUs vanddirektiv.

En grov karakterisering av elveløpene knyttet opp mot det nye elvenettverket og basert på terrengdata og arealdekkedata, vil også kunne la seg etablere relativt raskt. Detaljert beskrivelse av et slikt datasett må utstå til elvenettverket med nummerering er etablert. Hovedproblemet knyttet til elveløpsregistrering og terreng er at oppløsningen i høydeinformasjonen på nasjonale datasett er for grov til å skille med sikkerhet mellom viktige vassdragsselementer. En grov inndeling der de flateste og bratteste terrengpartiene skilles ut, vil imidlertid i seg selv være nyttig og danne grunnlag for mer systematisk registrering. Innenfor gitte skalarammer er det også mulig å utvikle algoritmer for registrering av viktige vassdragsselementer, men her bør det i hvert enkelt tilfelle vurderes om de skalamessige begrensningene gjør registreringen hensiktsmessig.

Eksistensberettigelse av overordnet registrering, er at den kan gjøres arealdekkende nasjonalt. Mulighetene for sammenligninger er nevnt i denne forbindelse som en viktig applikasjon. En annen er at materialet kan gjøre det lettere å stratifisere utvalgsundersøkelser og at detaljundersøkelser og punktdata kan settes inn i en større sammenheng. Etableringen av nasjonale datasett av denne typen vil derfor bidra til bedre planlegging av detaljundersøkelser og også øke verdien av eksisterende detaljinformasjon fordi disse kan analyseres bedre i en større sammenheng.

Denne type registreringer bør også ses i sammenheng med behovet for bedre oversikt over innrep i vassdrag og verneverdier, men dette er et felt som ikke behandles i denne rapporten.

## 6 Litteratur

- Crozier, W.W., Potter, E.C.E., Prévost, E., Schön, P.-J. & Ó Maoiléidigh, N. (Editors). 2003. A coordinated approach towards the development of a scientific basis for management of wild Atlantic salmon in the North-East Atlantic (SALMODEL). Queen's University of Belfast: 431pp.
- Erikstad, L., Storeid, S.-E. & Hansen, L.P. 1998. Fysiske kartparametre til bruk i en modell for produksjon av laksesmolt i vassdrag. NINA Oppdragsmelding 533: 1-22.
- Erikstad, L., Stabbetorp, O.E. & Storeid, S.-E. 1998. Krokskogen: Sårbare naturtyper i forhold til eventuell tunnellekkasje. – NINA Oppdragsmelding 513:1-10.
- ESRI 1996. ArcView GEIS / ArcView Spatial Analyst. – ESRI Inc., Redlands, California.
- Hutchinson, M.F. (1996). A locally adaptive approach to the interpolation of digital elevation models. Third International Conference/Workshop on Intergrating GIS and Environmental Modeling, NCGIA, University of California, Santa Barbara. [http://www.ncgia.ucsb.edu/conf/SANTA\\_FE\\_CD-ROM/main.html](http://www.ncgia.ucsb.edu/conf/SANTA_FE_CD-ROM/main.html)
- Kristensen, S. E. Etablering av landsdekkende elvenett. Den 15. norske ESRI Brukerkonferanse, Oslo 2004. <http://www.geodata.no/custom/foredrag2004.htm#foredrag8>
- Solheim, A. L., Andersen, T., Brettum, P., Erikstad, L., Fjelheim, A., Halvorsen, G., Hesthagen, T., Lindstrøm, E.-A., Mjelde, M., Raddum, G., Saloranta, T., Schartau, A.-K., Tjomsland, T., Walseng, B. 2003. Foreløpig forslag til system for typifisering av norske ferskvannsføremønstre og for beskrivelse av referansetilstand, samt forslag til referansenettverk. Rapport Norsk institutt for vannforskning 4634-2003: 1-93.
- Nordbø, L. 1991. Registrering og klassifisering av elveløpsformer i Sør-Norge. Hovedoppgave i geografi - Universitetet i Oslo: 63s.
- Pike, R. J. & S. E. Wilson (1971). "Elevation- Relief Ratio, Hypsometric Integral, and Geomorphic Area-Altitude Analysis." Geological society of America Bulletin 82: 1079-1084.
- Rosgen, D. 1996. Applied river morphology. Wildland Hydrology, Pagosa Springs, Colorado.
- Strand, G.-H. 2003. Nasjonalt arealdekke – Delprosjekt III. NIJOS dokument 27/03: 1-13
- Vaskinn, K.A. 1985. Fysisk beskrivende vassdragsmodell. NTNFs utvalg for miljøvirkninger av vassdragsutbygging, Rapport A1. Trondheim.

# NINA Oppdragsmelding 818

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-1448-2

**NINA** Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor • Tungasletta 2 • 7485 Trondheim

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

<http://www.nina.no>