

HiT skrift nr 2/2006

Kartlegging av habitater til hjort i deler av 4 kommuner i Telemark

**Utprøving av objektbasert klassifikasjon på Landsat 5
satellittdata**

Arne Hjeltnes

Avdeling for allmennvitenskapelige fag (BØ)

Høgskolen i Telemark

Porsgrunn 2006

HiT skrift nr 2/2006
ISBN 82-7206-265-8 (trykt)
ISBN 82-7206-266-6 (online)
ISSN 1501-8539 (trykt)
ISSN 1503-3767 (online)

Serietittel: *HiT skrift* eller *HiT Publication*

Høgskolen i Telemark
Postboks 203
3901 Porsgrunn

Telefon 35 57 50 00
Telefaks 35 57 50 01
<http://www.hit.no/>

Trykk: Kopisenteret. HiT-Bø

© Forfatteren/Høgskolen i Telemark

Det må ikke kopieres fra rapporten i strid med åndsverkloven og fotografiloven, eller i strid med avtaler om kopiering inngått med KOPINOR, interesseorganisasjon for rettighetshavere til åndsverk

HiT-skrift og HiT-notat kan bestilles fra Høgskolen i Telemark, kopisenteret i Bø: Kopi-bo@hit.no, tlf. 35952834 eller på internett: <http://www.hit.no/main/content/view/full/1201>. For priser se web.



Kartlegging av habitater til hjort i deler av 4 kommuner i Telemark

Utprøving av objektbasert klassifikasjon
på Landsat 5 satellittdata

Arne Hjeltnes
mai 2006



Forord

Dette prosjektet er inspirert av de nye muligheter som åpner seg i forbindelse med objektbasert analyseverktøy kombinert med høyoppløslige bilder. Erfaring fra klassifikasjon av høyoppløslige flybilder og satellittbilder, gjorde meg nysgjerrig på å undersøke den informasjonsmengden som lagres i bilder med mye grovere geometrisk oppløsning. Mine erfaringer fra tradisjonell feltbasert kartlegging av innmark og skog, vegetasjon og kulturlandskap i 25 år har vært nyttig i arbeidet

Landsat 5 bildet ble stilt til disposisjon gjennom et samarbeid med SatNat-programmet til Norsk Romsenter og Direktoratet for naturforvaltnings. Arbeidet er finansiert av Høgskolen i Telemark, Fylkesmannen i Telemark, Nome kommune, Drangedal, Kviteseid og Tokke kommuner og stor egeninnsats.

Takk til Jostein Sageie, Høgskolen i Telemark og Leif Kastdalen, Høgskolen i Hedmark som har lest korrektur på manuset.

Bø 26.april 2006

Arne Hjeltnes
prosjektansvarlig

Innhold

1	Innledning.....	6
1.1	Bakgrunn	6
1.2	Kartlagt areal	8
1.3	Datagrunnlag	8
1.3.1	Satellittbilde	8
1.3.2	Ortofoto og analoge flybilder	8
1.3.3	Grunnkart N50.....	9
1.4	Mål	9
2	Metode.....	10
2.1	Feltkontroll	10
2.2	Segmentering av bildet - Objektene etableres	11
2.3	Styrt klassifikasjon av bildeobjektene	12
2.3.1	Klassehierarkiet/ tegnforklaringen til bildekartet.....	12
2.3.2	Nærmeste nabo klassifikasjon	13
3	Resultater og diskusjon	16
3.1	Oppbygging av bildekartet – Hovedinndeling	17
3.1.1	Jordbruksareal og bebyggelse	17
3.1.2	Vannkant	17
3.1.3	Veg	18
3.1.4	Velteplasser og andre menneskeskapte inngrep.....	19
3.1.5	Skog, eng og hei	19
3.1.6	Myr	20
3.1.7	Sky og skyskygge.....	21
3.1.8	Ikke klassifiserte areal	21
3.2	Kontroll av klassifikasjonen.....	21
3.2.1	Egenkontroll	21
3.2.2	Etterprøving av klassifikasjonen	22
3.3	Kart og analyseprodukt	22
4	Konklusjoner	29
5	Referanser.....	31
6	Vedlegg	32
6.1	Temakart.....	32
6.2	Spot og Aster - To alternativ til Landsat satellittbildet	35

Sammendrag

Tidligere er hjortens bevegelser kartlagt med GPS (Rosef, Sageie, Nordtug og Røed, 2001). Disse registreringene viser områder som dyrene prefererer gjennom året. Fremdeles mangler det data på habitatbeskrivelse og hjortens habitatvalg. Ved økte kunnskaper om disse forhold, vil en lettere kunne forstå hjortepopulasjonens utvikling og preferanser. Sammen med biologiske data vil det kunne gi en bedre forståelse av hjortens utbredelse og utvikling og vil være nyttig i fremtidig hjorteviltforvaltning.

Arbeidet som er dokumentert i denne rapporten, framskaffer habitatdata fra et stort område som omslutter GPS-målingene i store deler av fire kommuner i Telemark: Nome, Drangedal, Kviteseid og Tokke kommuner. Til sammen 1 927 km² ble kartlagt. Detaljeringen i kartleggingen representerer en størrelse på kartfigurene på 1-20 da. Hele 77 kartleggingsenheter er skilt fra hverandre. Dette anser jeg å være høyt ambisjonsnivå sammenlignet med kartleggingsoppdrag etter tradisjonell feltbasert metodikk. Arbeidet i denne rapporten er basert på tidligere erfaringer med objektbasert analyse av bilder (Hjeltnes, 2006). Ved hjelp av følgende datagrunnlag er det framstilt et sammensatt arealtypekart.

- Landsat 5 satellittbilde fotografert 9. august 2003
- Det nasjonale grunnkartet N50 (tilrettelagt for kartframstilling i målestokk ca 50 000)

Den objektbaserte klassifikasjonen av satellittbildet foregår i 4 etapper: Feltregistrering, segmentering, klassifikasjon og sammensetting av arealtypekart for kartframstilling og analyser.

Feltregistrering foregikk på 10 dager forsommeren 2005. Dette materialet benyttes for å kalibrere det klassifiserte arealtypekartet mot de faktiske forhold ute i marka.

Bildet blir delt inn i segment. Dette representerer objektene som inngår i klassifikasjonen. Egenskapene til objektene avledes fra bildeelementene (piksel) som omslutes av det enkelte objekt. I tillegg vil høyde over havet bidra til å karakterisere arealtypene innenfor høydelag. Jeg valgte å generere svært små objekt (ca 1-20 da) for å beholde mest mulig av variasjonen i bildet.

Objektene ble analysert ved hjelp av en styrt nærmeste nabo klassifikasjon med en Fuzzy set tilnærming i verktøyet eCognition fra Definiens Imaging. Feltkontrollen og tolking av det multispektrale satellittbildet og flyfoto i målestokk 1:40 000 i naturlige farger, er vesentlig for en sikker identifisering av treningsflatene. Dette arbeidet krevde ca 5 ukeverk på kontoret. Klassifikasjonen forutsetter høy grad av likhet mellom treningsflatene og de objektene som tilordnes arealklassen. Etter en skala fra 0 (helt forskjellig) til 1 (helt lik) krever vi en likhet på minst 0,94 for at et kandidatobjekt skal tilordnes arealklassen til en treningsflate. Dette er en høy ambisjon. Svært små objekt, innlemming av høydedata og høyt krav til likhet mellom objektene som tilhører en bestemt arealklasse, medfører behov for å benytte hele 3 600 treningsflater totalt for en klassifikasjon av satellittbildet.

Ambisjonen i klassifikasjonen har vært å dele inn bildeobjektene etter disse 4 kriteriene:

1. Dominerende og subdominerende treslag i skog

2. Åpenhet i tresjiktet i skog
3. Dominans i feltsjiktet av lyng på den ene siden og frodige gras og urter/på den andre siden.
4. Innslag av impediment

Arealtypekartet er satt sammen på en måte som tar hensyn til de utfordringene som vi møter i det småskala norske landskapet når det skal modelleres på en relativ grov måte med minste bildeenhet på 30 x 30 m. Under klassifikasjonen forholdt vi oss til fysiske arealtyper som fjell, skog, hogstflater osv. Siden hver treningsflate representerer en liten "bit" av den komplekse naturen, vil det klassifiserte kartet inneholde 3 600 ulike arealklasser. De er imidlertid sortert på 77 arealtyper/informasjonsklasser. For kartproduksjon og arealstatistikk/analysegrunnlag er de 77 arealtypene aggregert videre til færre arealtyper slik det er illustrert i figur 3.8. Generaliseringen av de 77 arealklassene til færre enheter er foretatt med vekt på å heve presisjonen på klassifikasjonen. Da slår vi sammen arealtyper som vi oppfatter å være forskjellige, men som på bildet oppfattes som nærstående (har lik spektralsignatur). Enhetene er beskrevet i tabell 3.1. Arealtypekartet bygges opp av flere lag som klippes sammen til ett heldekkende kart:

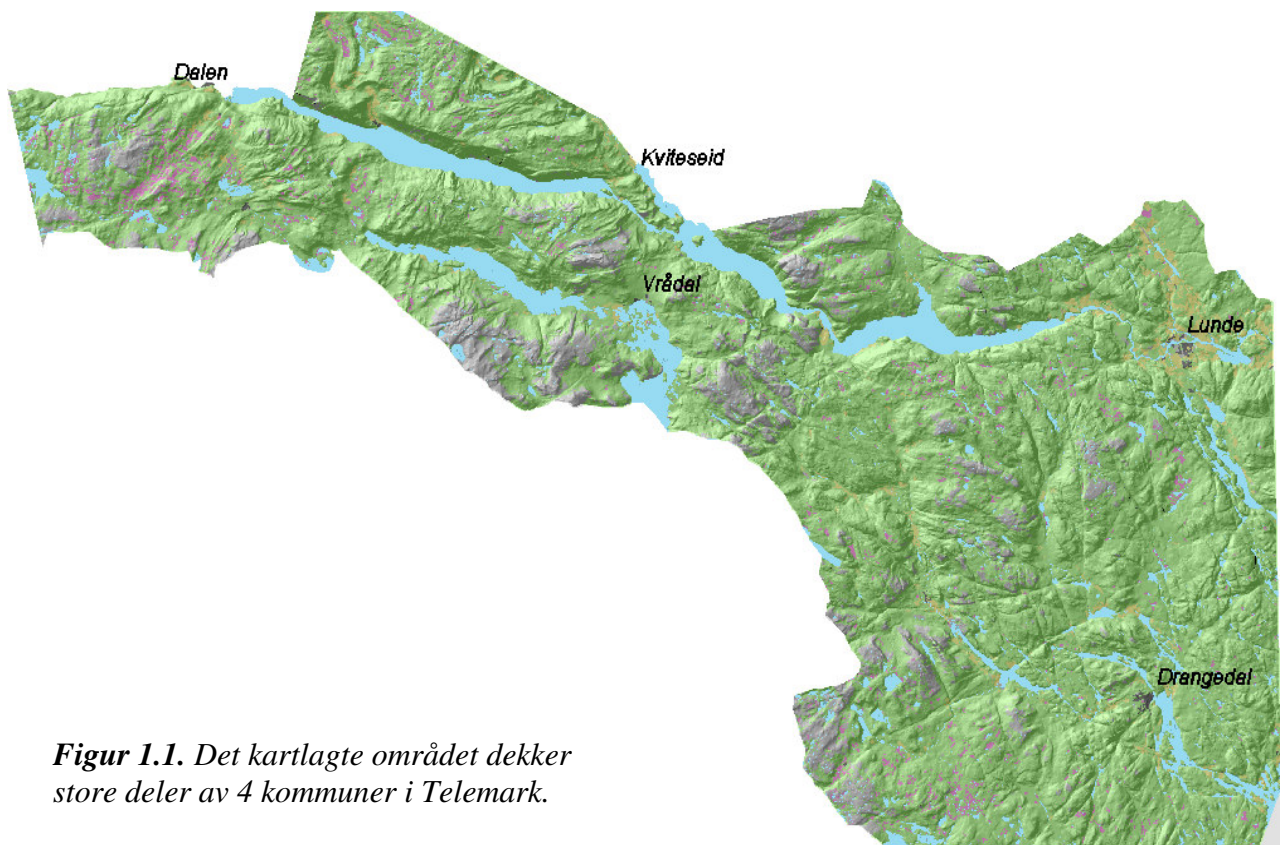
- Jordbruksareal og bebyggelse (hovedsakelig avledet fra N50)
- Vannkant (avledet fra N50)
- Veg (avledet fra N50)
- Velteplasser og andre menneskeskapte areal
- Klassifisert skog og fjell
- Myr (delvis avledet fra N50)
- Sky og skyskygge
- Ikke klassifiserte areal

Kontrollen av klassifikasjonen foregår som en del av arbeidet med innleggingen av treningsflatene. Alle de 3 600 treningsflatene blir kontrollert mot den nærmeste nabo til de 77 kartleggingsenhetene slik at spektrale og økologiske konflikter blir kontrollert. Dette arbeidet utgjør en stor del av arbeidet med klassifikasjonen. Mange 3D plott av et generalisert temakart blir benyttet til en siste kontroll for å vurdere om arealtypene ligger økologisk og landskapsmessig "riktig" plassert i terrenget. Vi mangler treningsflater til å foreta en egen statistisk kontroll av klassifikasjonen.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Vest-Telemark er det første området i Norge hvor hjortens bevegelser er kartlagt med GPS. Disse registreringene viser områder som dyrene prefererer gjennom året (Rosef, Sageie, Nordtug og Røed, 2001). GPS utstyr ble påmontert hjortene i Flåbygd i Nome kommune. Trekkmønsteret viser at dyrene har oppholdt seg først og fremst i Nome, Drangedal, Kviteseid og Tokke kommuner. Hjorten er i sterk utvikling i området. Det ser en gjennom økte jaktkvoter og avskyting. Fremdeles mangler det data på habitatbruk og hjortens habitatvalg. Ved økte kunnskaper om disse forhold, vil en lettere kunne forstå hjortens utvikling og preferanser. Sammen med biologiske data vil det kunne gi en bedre forståelse av hjortens utbredelse og utvikling og vil være nyttig i fremtidig hjorteviltforvaltning.



Figur 1.1. Det kartlagte området dekker store deler av 4 kommuner i Telemark.

Prosjektet er et utviklingsprosjekt hvor hjorten i Telemark blir valgt som ”case” Delprosjektet som blir omhandlet i denne rapporten er det andre av 3 trinn i et mangeårig forskingsprosjekt.

- Det første trinnet representerer GPS målinger av hjortens bevegelser i Telemark i 2 år. Kartet i figur 1.2 illustrerer dette. (Rosef, Sageie, Nordtug og Røed, 2001)
- Trinn 2 presenteres i denne rapporten, og vil konsentrere seg om å framskaffe habitatdata fra et stort område som omslutter GPS-målingene i deler av fire kommuner i Telemark: Nome, Drangedal, Kviteseid og Tokke kommuner. Se lokaliseringskart figur 1.1 og 1.2.

- Det tredje trinnet utgjør analysedelen hvor viltforskere vil analysere sammenhengen mellom hjortens habitater dokumentert av GPS-målinger og romlige variabler som arealtype, topografi og menneskelig aktivitet. Disse personene er tiltenkt en rolle i denne analysen: Olav Rosef, Høgskolen i Telemark, Barbara Zimmermann, Høgskolen i Hedemark, Jostein Sageie, Høgskolen i Telemark og Arne Hjeltnes, Høgskolen i Telemark.

Dette dokumentet oppsummerer noen erfaringer og konklusjoner etter objektbasert klassifikasjon av Landsat 5 satellittbilde. Tidligere har jeg prøvd ortofoto basert på digitale multispektrale flybilder fotografert med Vexcel Ultra Scan kamera på Hardangervidda og Ikonos satellittbilder i Setesdalen og Sirdal. Dette arbeidet har gitt meg erfaringer i klassifikasjon av bilder med svært ulik geometrisk oppløsning. Flybilde og ortofoto på 0,15-0,45 m, Ikonos satellittbilde på 1 m og Landsat 5 satellittbilde på 30 m geometrisk oppløsning. Alle bildetyperne karakteriserer imidlertid de ulike arealtypene i et svært stort "egenskapsrom". Populært formulert kan vi si at bildene skiller mellom svært mange fargenyanser.

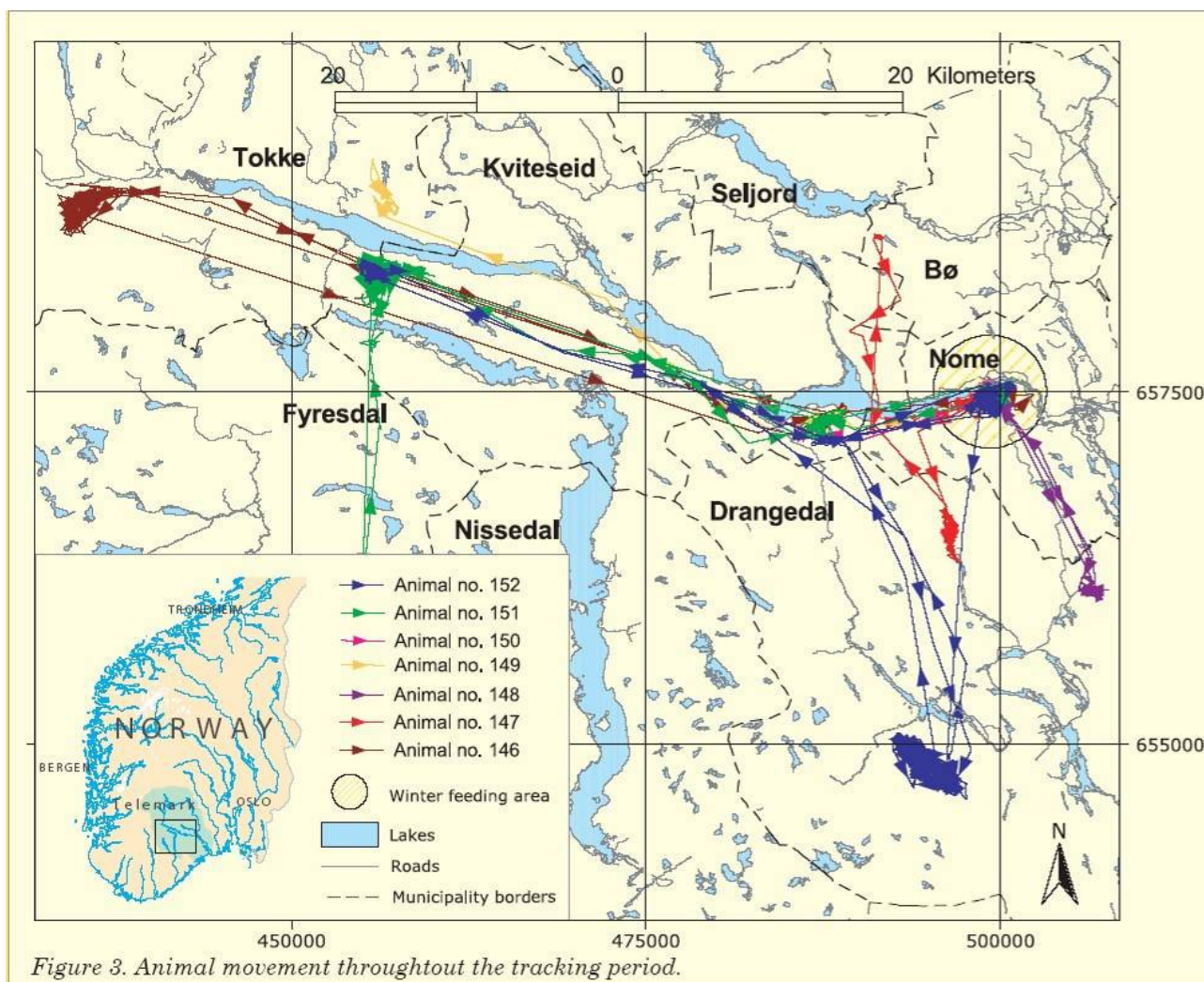


Figure 3. Animal movement throughout the tracking period.

Figur 1.2. Kartet viser områder hvor 7 ulike dyr har oppholdt seg ett år. GPS målingene representerer trinn 1 i hovedprosjektet.

1.2 Kartlagt areal

”Relieffkartet” på figur 1.1 viser det kartlagte arealet innenfor kommunene Drangedal, Nome, Kviteseid og Tokke, til sammen 1 927 km². Det er lite fjellareal (grå farge) i området, kun knyttet til mindre oppstikkende fjelltopper. Det meste av området er dekt av barskog og løvskog (grønnfarge). Løvskog opptrer på de gunstigste eksponeringer i tillegg til mange hogstflater. Det er svært små areal med dyrka mark (gul farge) og bebyggelse (svart farge) i kartleggingsområdet. Lokaliseringskart for plassering av området i Norge finnes på figur 1.2.

1.3 Datagrunnlag

1.3.1 Satellittbilde

Landsat 5 med uttrekk av band 1, 2, 3, 4, 5, 7. (Landsat Program). Bildet er fotografert 9. august 2003. Den geometriske oppløsning er 30 x 30 m. Det finnes dessverre en del skyer i området Lunde – Flåvann. Bildet danner hovedgrunnlag for arealtypekartet som er produsert.

Normalisert Differens Vegetasjons Indeks (NDVI) avledes fra rød og nærinfrarød band og inngår i nærmeste nabo klassifikasjonen (for karakterisering av arealtype på bildet).

1.3.2 Ortofoto og analoge flybilder

Flybilder i stereobetraktning er et viktig redskap for stedfesting av feltobservasjoner. Slike bilder dekker 10 delområder og ca 40 % av kartleggingsarealet, spredt over hele området. Ortofoto benyttes i liten grad siden de har en dårlig radiometrisk oppløsning. Bildene er også beheftet med noe dis som gir noe grå bilder, på grunn av stor flyhøyde under fotograferingen. Bildene mangler også opptak i den infrarøde delen av spekteret. Med andre ord lar et fåtall fargenyanser seg observere på flybildene sammenlignet med det informasjonsrike satellittbildet.

Flybilededekning

Fargebilder (naturlige farger) i målestokk 1: 40 000, fotografert 9. september 2004. Flybildeoppgave 04081 Blom Norkart Mapping. Bildene som er listet opp under er benyttet under feltarbeidet og til bildetolkingen på kontoret:

Bildestripe: 14-1	Bilde: 11-13
Bildestripe: 13-8	Bilde: 7-9 og 11-13
Bildestripe: 13-7	Bilde: 23-25 og 19-21 og 15-17
Bildestripe: 13-6	Bilde: 22-25 og 17-19
Bildestripe: 13-5	Bilde: 18-20
Bildestripe: 13-2	Bilde: 19-21

Ortofoto er basert på disse flybildene. Vi får tilgang til ortofotoet ved hjelp av en WMS-tjeneste ”Norge i bilder”:

<http://norgebilder.no/services/wms/wms.aspx?VMTVER=1.1.1&Service=WMS&ServiceName=wms>

1.3.3 Grunnkart N50

Kartgrunnlaget er oppdatert i 2005 og representerer en nasjonal kartserie til Statens kartverk. Jordbruksareal, bebyggelse, myr og vann trekkes ut fra N50 og erstatter klassifiserte områder på bildekartet. Det avledes et høydedatasett fra høydeinformasjonen i N50. Det benyttes til å skille lavtliggende arealtyper fra høytliggende, når de ellers ligger spektralt nær hverandre. Terrenghelling avledes også fra høydeinformasjonen på N50. Dette datasettet benyttes først og fremst til å skille grunt vann og vannkantvegetasjon fra enkelte skyggefulle lisider.

1.4 Mål

Denne rapporten beskriver trinn 2 i hovedprosjektet ”Kartlegging av habitater til hjort”

- Vi ønsker å beskrive egenskapene i habitatene til hjorten slik at det kan danne grunnlaget for en bedre biologisk forståelse av viltets bruk av de ulike naturtypene. Dette vil kunne gi forvaltningen et bedre grunnlag for å kunne vurdere lokale stammer, belastninger på areal og konsekvenser av inngrep.
- Vi ønsker å benytte en kostnadseffektiv metode hvor eksisterende datakilder tas i bruk. Oppdaterte opplysninger om dagens situasjon framskaffes ved å kombinere kartdata med fysiognomiske data fra satellittbilder.

Habitatene beskrives ved hjelp av storskala satellittbilder (Landsat5), og nasjonalt kartgrunnlag til Statens Kartverk (N50). Arealtypkartet vil dekke et område ca 5 km utenfor GPS målingen, som er vist på figur 1.1 og 1.2. Det dekker store deler av 4 kommuner i Telemark: Nome, Drangedal, Kviteseid og Tokke. Dette arbeidet er basert på tidligere erfaringer med objektbasert analyse av bilder (Hjeltnes, 2006)

I første omgang er vi nysgjerrige på hvilke arealtyper som lar seg skille fra hverandre ved hjelp av datagrunnlaget og den objektbaserte analysemetoden. Deretter vil vi presentere arealtypeinndelingen for hjorteviltforskere for å videreutvikle de kritiske arealklassene med tanke på forvaltning av hjorten.

2 Metode

Den objektbaserte klassifikasjonen av satellittbildet foregår i 4 etapper.

1. Feltregistrering
2. Segmentering av bilde. Objektene etableres
3. Styrte klassifikasjon av objektene
4. Bildekart og analyseprodukt

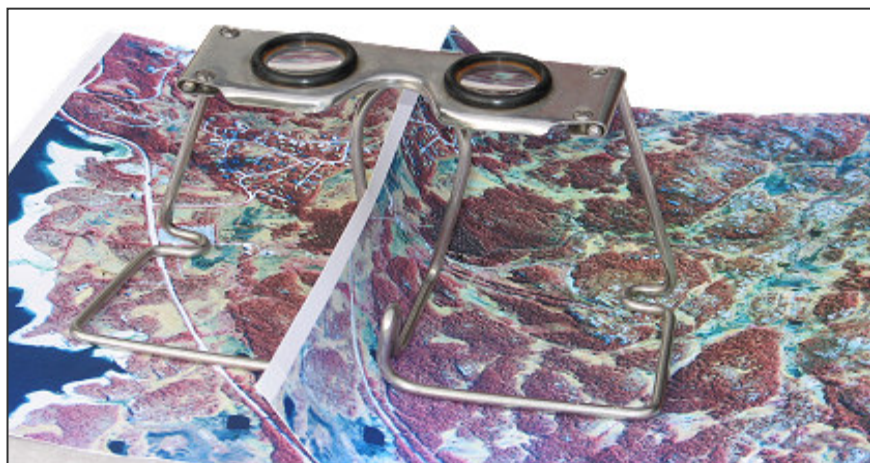
2.1 Feltkontroll

Feltarbeidet foregikk innenfor en del av de 10 områdene som har stereodekning av flybilder i farger i målestokk 1:40 000. Til sammen 775 km² er dekket av flybildene eller 40 % av hele kartleggingsområdet. Bruk av flybilder i stereomodell i felt gir høy geografisk nøyaktighet på registrering av observasjonene. Samtidig gir bildene god oversikt og orienteringsevne i terrenget. Figur 2.2 viser et enkelt lomme-stereoskop med 2.5 ganger forstørrelse som ble benyttet. Figur 2.1 viser hvordan areal typer og referanser til notatbok noteres direkte på flybildet med 0,18 mm tykk tusj penn under stereobetraktning. Illustrasjonen 2.1 er kraftig forstørret. I illustrasjonene på figur 2.1 og 2.2 er det benyttet VEXCEL¹ flybilde og ikke vanlige fargebilder som i dette prosjektet.

Fototolking på kontoret er viktig for å kunne anslå middelverdien for areal-typen til en treningsflate.² Objektene lar seg ikke observere i felt siden de



Figur 2.1. Nøyaktig stedfesting av observasjoner på flybilde.



Figur 2.2. Enkel stereomodell for feltbruk – 2.5 x forstørrelse. Illustrasjonen viser betraktning av Vexcel flybilder.

¹ Vexcel Ultra scan måler både i synlig og infrarødt lys. De multispektrale bildene vil gi mange ulike typer fargebilder.

² En treningsflate er segment/objekt med kjent arealtype basert på feltobservasjoner

kan varieres trinnløst i størrelse etter kartleggerens spesifikasjoner. Det er også vanskelig i felt å forestille seg nøyaktig hvordan landskapet avbildes av sensorene til satellitten. Feltkontrollen gir altså kun veiledende informasjon om dominerende arealtype innenfor et segment/objekt.

Under feltarbeidet er det ikke nok ressurser til å samle inn tilstrekkelig feltdata til en detaljert klassifikasjon. For å oppfylle kravet om tilstrekkelig antall treningsflater, er det derfor nødvendig å legge inn ekstra treningsflater på kontoret kun ved å benytte fototolkning av fly- og satellittbilder. Et godt gjennomført feltarbeid er en forutsetning for en kvalifisert fototolkning.

2.2 Segmentering av bildet - Objektene etableres

Under segmenteringen danner mønsteret i bildet grunnlag for etablering av objekt. Landsat 5 satellittbilde ble segmentert med en svært liten parameter (Scale parameter³ på 2). Dette medførte at mange objekt inneholdt kun et enkelt piksel. De fleste objekt har en størrelse på 5-20 piksel og er spektralt sett svært homogene sammenlignet med spektralverdien til de pikslene som omfattes av objektet. Dette illustreres på figur 2.3, hvor et objekt er markert med rød avgrensing. Heterogeniteten i bildet og dermed også i landskapet, slik den gjengis på bildet, blir på denne måten i størst mulig grad beholdt. Dette anses å være en svært høy ambisjon for klassifikasjonene. Klassehierarkiet (se figur 2.4) og tidsforbruket ble derfor svært omfattende.

Objektene tildeles egenskaper, primært basert på informasjonen i bildet. Dette er middeltallene til pikselverdiene til hver av de 6 båndene i bildet og NDVI vegetasjonsindeks. Høydedata inngår som en av egenskapene til objektene.

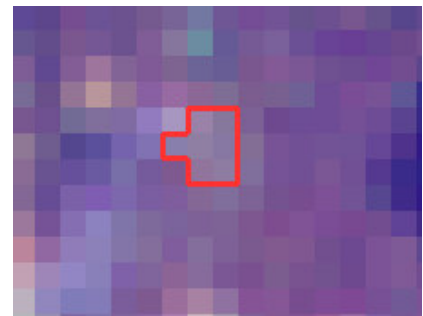
Det er en fordel å benytte høyde i nærmeste nabo klassifikasjonene i eCognition (SNN).

Eksempel 1:

Noen typer innmark står spektralt nær noen typer fukthei i høytliggende fjellskog. Disse arealtypene skilles lett fra hverandre når høyden inngår som egenskap til objektene.

Eksempel 2:

I Svenseid i Nome kommune ble det lagt inn treningsflater rundt ca 100 m.o.h: Disse treningsflatene medfører at alt areal fra laveste punkt i kartleggingsområdet på 60 m til høydenivå ca 260 m.o.h. ble klassifisert når høydedata ble benyttet som en egenskap til objektene. Areal utenfor dette høydeintervallet ble ikke klassifisert ved hjelp av disse treningsflatene.



Figur 2.3. Eksempel på et relativt lite og spektralt homogent objekt (rød avgrensing).

³ Scale parameter bestemmer maksimal tillatt heterogenitet til de objektene som dannes under segmenteringen av bildet Definiens (2004).. Tallet 2 er en svært streng parameterverdi.

2.3 Styrt klassifikasjon av bildeobjektene

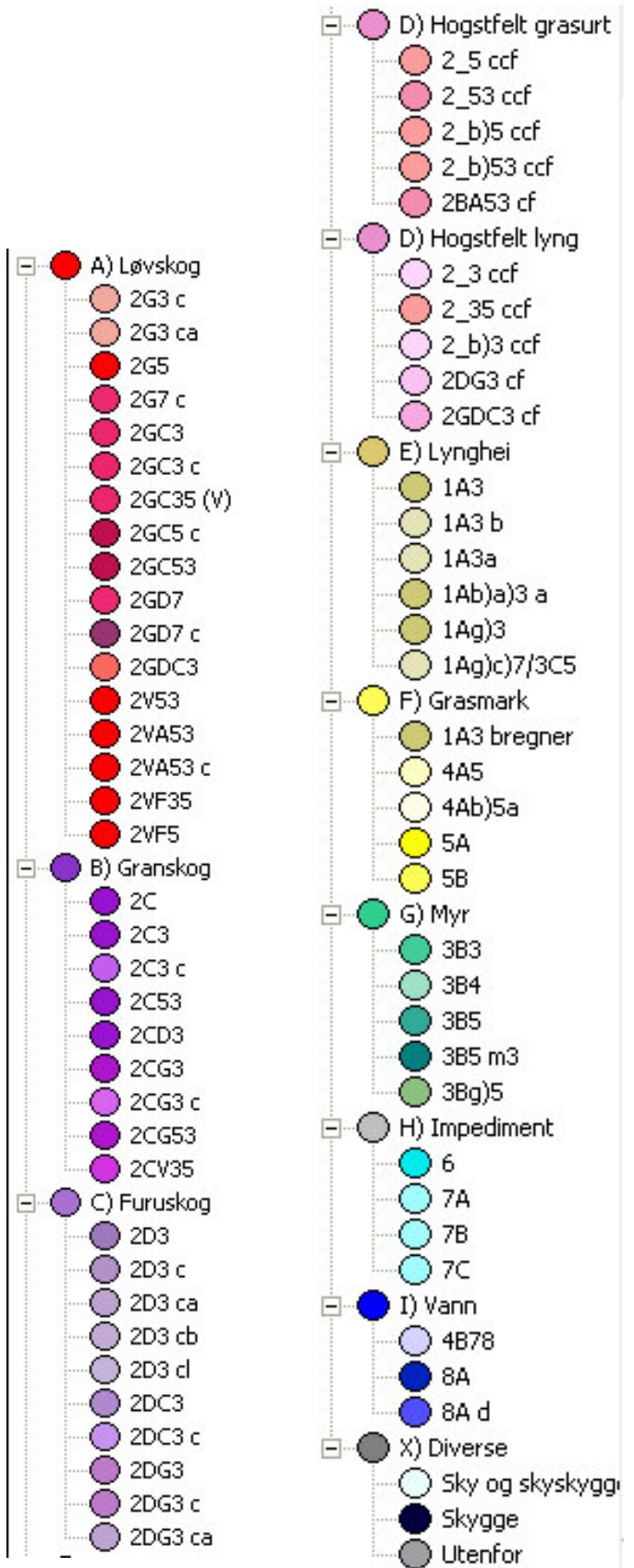
2.3.1 Klassehierarkiet/ tegnforklaringen til bildekartet.

Mange nyanserte spektralverdier i satellitt-bildet gir grunnlag for fin inndeling av arealklassene og samtidig kunne skille mellom spektralt nærstående⁴ arealtyper. Ambisjonen i klassifikasjonen har vært å dele inn bildeobjektene etter disse 4 kriteriene:

- Dominerende og subdominerende treslag i skog
- Åpenhet i tresjiktet i skog, krattoppslag.
- Dominans i feltsjiktet av lyng på den ene siden og frodige gras og urter/på den andre siden.
- Inslag av impediment.

Som det framgår av figurene til høyre, er det mulig å forholde seg til et svært stort antall arealklasser selv med pikselstørrelse på 30 x 30 m. Inndelingen av arealtype er basert på kodesystemet til SatNat (Øien og Hjeltnes, 2003). Dette er fysiognomiske enheter som er tilpasset analyse av bilder. Tradisjonelle kartleggingssystem (Fremstad 1997) og (Rekdal og Larsson, 2005) benytter ofte skillearter/ karakteristiske arter som har så liten dekning på bakken at de ikke lar seg identifisere direkte på bilder.

Figur 2.5. Klassehierarkiet viser bl.a. tegnforklaringen til det klassifiserte bildet.



⁴ Enkelt sagt er to objekt spektralt nærstående når fargen på bildet er svært lik.

2.3.2 Nærmeste nabo klassifikasjon

Klassifisere variasjon i naturen

I naturen er det glidende overganger mellom alle arealtypene, slik figur 2.6 illustrerer for barskogen. Klassifikasjonen går ut på å prøve å finne typiske områder hvor for eksempel gran dominerer over furu i barblandingskog (2CD på figur 2.6). Samtidig må vi forholde oss til andre karaktertrekk ved den denne skogtypen som bidrar sterkt til de spektrale kjennetegn.

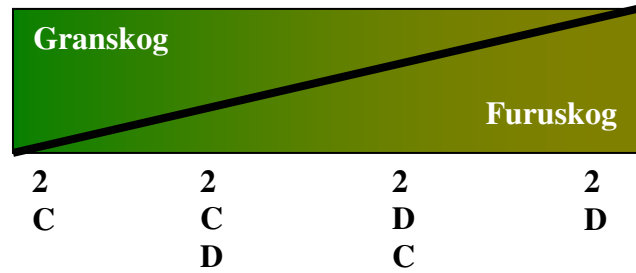
Dette er vanlige gradienter som infiltrerer hver enkelt skogtype:

- Kronetetthet (som gir ulik styrke på spektralsignaturen til treslaget)
- Alle andre arealtyper som ikke er barskog - for eksempel løvskoger
- Innsyn til vegetasjonen på bakken mellom trekronene.
- Innslag av impediment (fjell, stein, sand, grus og bar jord) på bakken mellom trekronene.

Beskrive "egenskapsrommet" til bildet

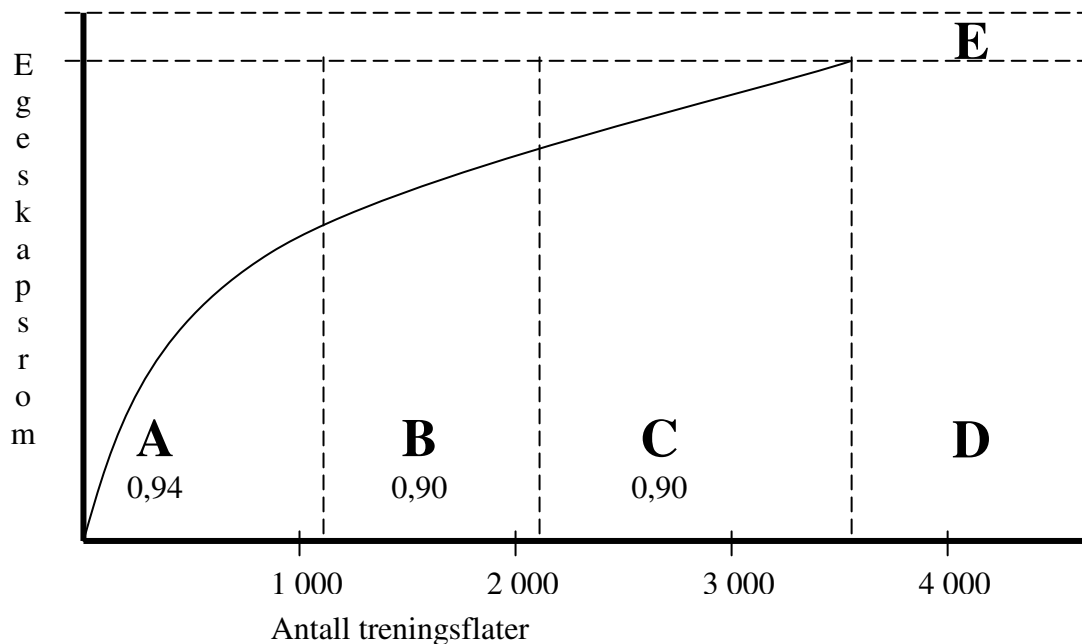
Den enorme variasjonen som er observert i naturen skal nå kobles med spektralsignaturene i bildet for på den måten å karakterisere arealtyper. Alle objektene i bildet skal altså tilordnes en arealklasse. Fargevariasjonene i bildet kan vi kalle for et "fargerom" eller "egenskapsrom". Dette "spektrale rommet" kan beskrives som antall sensorer (vi benytter 6 av de 7 bildebånd i Landsat satellittbildet) og antall "intensitetsverdier for målt reflektert lys" som sensoren kan skille fra hverandre i hvert bildebånd (256 "gråtoner" i Landsat satellittbildet). Sammen med informasjon om høyden over havet for hvert objekt (høydeforskjell på 1 060 m), representerer dette et 7 dimensjonalt "egenskapsrom". Kurven i figur 2.7 illustrerer hvordan vi arbeider for å gjenkjenne objektene/ arealtypene i dette store egenskapsrommet.

I fase A (se figur 2.7) forholder vi oss til minst 1 000 "gode" treningsflater som ble observert i felt innenfor arealet med stereo flybilledekning. Disse treningsflatene vil beskrive de viktigste arealtypene i kartleggingsområdet, representere en stor del av kartleggingsarealet, omfatte en stor del av egenskapsrommet i bildet og utgjøre den største arbeidsinnsatsen. Klassifikasjonen forutsetter høy grad av likhet mellom treningsflatene og de objektene som tilordnes klassen. Etter en skala fra 0 (helt forskjellig) til 1 (helt lik) krever vi en likhet på minst 0,94 for at et kandidatobjekt skal tilordnes arealklassen til en treningsflate. Dette er en høy ambisjon som forutsetter ca 3 600 treningsflater totalt for en klassifikasjon av Landsat 5 satellittbildet. Svært små objekt og innlemming av høydedata i klassifikasjonen, bidrar som sagt også til dette høye antall treningsflater.



Figur 2.6. Barblandingskog representerer en gradient med vekslende innhold av gran og furu. Den blir forsøkt klassifisert i 4 ulike arealklasser. 2C er ren granskog og 2D er ren furuskog.

I fase B (se figur 2.7) må vi tolke ekstra treningsflater i de områdene hvor vi har stereo flybillededekning. Det er en stor utfordring å skille mellom arealtyper som ikke lar seg direkte observere på en dataskjerm⁵. Datamaskinen skiller objektene fra hverandre når alle de utvalgte egenskapene til objektet benyttes. Stereoskopisk betraktning av flybilder, tolking av multispektrale bildet på skjermen, støtte av de eksisterende treningsflatene fra fase A og kartleggingserfaring, gjør det mulig med en forsvarlig klassifikasjon i fase B. Kravet til nærmeste naboklassifikasjonen senkes til 0,90. Dermed vil noen mindre frekvente arealtyper kunne gli inn i nærstående arealklasser uten at dette kontrolleres av kartleggeren. I fase B vil



Figur 2.7. Det meste av egenskapsrommet i bildet klassifiseres til ulike arealtyper ved hjelp av ca 3 600 treningsflater.

vi beskrevet ca 1000 nye treningsflater. Da vil mesteparten av kartleggingsområdet være kartlagt og en stor del av egenskapsrommet i bildet være identifisert.

I en siste fase C'' (se figur 2.7) fylles det meste av de gjenværende "hullene" i "egenskapsrommet". Det er gjerne små spredtstilte areal som ikke er klassifisert i de forutgående fasene. Arbeidet baseres i stor grad på bildetolking utenfor de områdene som ble feltbefart og også utenfor områder med stereodekning av flybilder. Vi kan se på dette arbeidet som en ekstrapolering av eksisterende klassifikasjon. Usikkerheten knyttet til klassifikasjonen av arealtypen er altså betydelig større enn i fase A og B.

Fase D representerer markante kantsoner som skyldes de store rutene på 30 x 30 m. Dette er for det meste små areal med fiktive arealtype som representerer et gjennomsnitt av svært ulike arealtyper, for eksempel vann + furuskog eller dyrka mark + vei. Arealene blir ikke klassifisert. Vi utelater også markerte kantsoner i jordbrukslandskapet og langs vei og vassdrag i tillegg til bebyggelse Disse arealene utgjør den resterende delen av egenskapsrommet markert med E på figur 2.7.

⁵ En dataskjerm opererer med et Egenskapsrom/fargerom på bare 3 dimensjoner mot bildets 7.

Nærmeste nabo klassifikasjon

Klassifikasjonen oppfattes som å legge en STOR KABAL. Etter hvert som antall treningsflater øker, får kartleggeren god tilbakemelding fra verktøyet eCognition om konflikten i klassifikasjonen av treningsflatene. Verktøyet gir gode muligheter til å oppsøke de treningsflatene som mistenkes å være feilklassifisert eller representerer en atypisk mosaikk av flere svært forskjellige arealtyper. På denne måten sjekkes 1-3 eksisterende treningsflater for hver ny som legges inn. Klassifikasjonen er altså en dynamisk prosess hvor nye treningsflater blir lagt inn og eksisterende justert for å prøve å beskrive alle overgangene/gradientene i for eksempel barskogen på en god måte. Prosessen legger beslag på mye av arbeidet med klassifikasjonen. Erfaring med feltbasert kartlegging er en stor fordel for å lykkes i dette nitidige arbeidet. På samme måte som tradisjonell feltbasert kartlegging vil klassifikasjonen ikke være en eksakt vitenskap, men sterkt preget av faglig skjønn og subjektive vurderinger. Men verktøyet eCognition gir oss svært god hjelp i viktige veivalg, slik det er forklart i neste avsnitt.

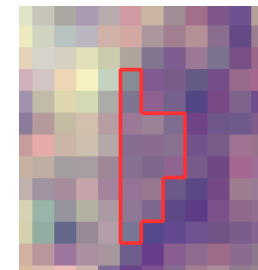
Eksempel på at "Kabalen går opp"

Figuren 2.8 viser et kandidatobjektet med rød markering av omkretsen. Det er en granskog med 25-50% innslag av furu, lyngdominert feltsjikt og ganske tett kronedekke (2CD3). Arealtypevurderingen er basert på feltkontroll av en del av objektet i tillegg til fototolkning av objektet på satellittbilde og flyfoto.

Kandidatobjektet ligner på en eksisterende treningsflate av type 2CD3, med høy likhetsverdi på 0,961. Men dette objektet ligner spektralt også på andre objekt, slik det framgår av figur 2.8. I eksempelet er dette åpen lyngrik granskog (2C3c) og lyngrik granskog med 25-50% bjørk (2CG3). Den nærmeste nabo til kandidatobjektet i eigenskapsrommet til bildet er altså 2CD3.

Alle konflikter med nærmeste nabo likhet over 0,94 blir kontrollert. Alle objekt med verdi under 0,94 blir i liten grad kontrollert, siden 0,94 er brukt som en terskelverdi for ikke å tilordnet et objekt til en arealklasse ⁶.

En løvskog med betydelig innslag av gran, 2GC3 er eksempel på en konflikt som vil bli utforsket. Hvis den har en likhet med 2CD3 på over 0.94 er det brist i logikken, siden løvtreinnslag i barskog gir sterkt bidrag til spektralsignaturen. 2GC3 skal altså ikke ligne for mye spektralt på arealtypene øverst i lista i figur 2.8.



Class	Membership
2CD3	0.961
2C3 c	0.958
2CG3	0.955
2C3	0.942
2DC3	0.904
2GC3 c	0.895
2DG3	0.872
2G3 ca	0.870
2D3	0.828
2CG53	0.789

Figur 2.8. Nærmeste nabo-klassifikasjon av en bar-blandingsskog (2CD3).

⁶ Likhetsverdi på 0.94 er benyttet i fase A under klassifikasjonen. Dette er egne valg basert på erfaring.

3 Resultater og diskusjon

Feltarbeidet tok 10 dagsverk i juni 2005. Innlegging av treningsflater samt klassifikasjonene foregikk i februar og mars 2005 og tok minimum 5 ukeverk.

Kartproduktet vil beskrive ulike typer vegetasjon, vann, impediment og antropogene areal. Ved å klassifisere satellittbilder får vi opplysninger om den aktuelle tilstanden i de ulike arealtypene. I skog vil vi kunne dokumentere åpenhet i tresjiktet og suksesjonsstadier i forbindelse med skogbrukets aktiviteter. Vi kan for eksempel måle graden av oppslag av gras, urter og kratt på hogstflater.

Arealtypekartet er satt sammen på en måte som tar hensyn til de utfordringene som vi møter i det småskala norske landskapet når det skal modelleres på en relativ grov måte med minste bildeenhet på 30 x 30 m. Utfordringene er særlig knyttet til kantsonene mellom arealtypene og spesielt mellom kontrastrike areal som vann og vegareal mot alle andre areal typer. Velteplasser og bebyggelse utenfor tettbebyggelsen er eksempel på svært heterogene og samtidig små menneskeskapte areal. Alt dette gir mer eller mindre fiktive areal typene som oppstår i kantsonene mellom svært ulike areal typer. Jeg velger å la de stå som uklassifisert. De vil ellers blandes sammen med areal typer andre steder i landskapet som representerer helt andre areal typer.

Kartgrunnlaget N50 benyttes til å avgrense jordbruksareal, bebyggelse og myr. Kartet benyttes også til å lokalisere markerte kantsoner langs vei og vannkant. Dette øker etter min mening nøyaktigheten på det ferdige habitatkartet.

Sammensettingen av et enkelt kartprodukt fra flere ulike kilder og prosesser foregår enklest i rastermodellen. Bildekartet får derfor den samme geometriske oppløsning som satellittbildet på 30 x 30 m. To datagrunnlag bidrar altså til det endelige bildekartet

1. Nasjonalt kartgrunnlag N50.
2. Fysiognomiske arealklasser fra det klassifisert Landsat5 satellittbilde

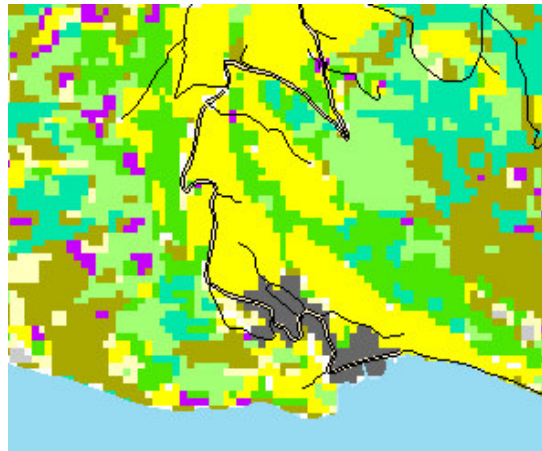
Arealtypekartet bygges opp av flere lag som klippes sammen til ett heldekkende kart. Disse blir omtalt under i neste kapittel:

- Jordbruksareal og bebyggelse (avledet fra N50)
- Vannkant
- Veg
- Velteplasser og andre menneskeskapte areal
- Klassifisert skog og fjell
- Myr (delvis avledet fra N50)
- Sky og skyskygge
- Ikke klassifiserte areal

3.1 Oppbygging av bildekartet – Hovedinndeling

3.1.1 Jordbruksareal og bebyggelse

Det småskala kulturlandskapet er utrolig mangfoldig, slik bildet gjengir det. Det ble benyttet hele 500 treningsflater for å beskrive det komplekse jordbrukslandskapet. Mange ulike areal typer inngår i en mosaikk av: Åker og eng med frodig vegetasjon, ulike grader av åpen jord og vissne vegetasjon, gårdsveier, skogkruller, gårds plasser, bygninger, bebyggelse osv. Det grovmaske rutenettet i bildet gir i tillegg fiktive areal typer som oppstår som middeltall av en miks mellom disse helt forskjellige arealene. Dette medfører at noen av disse arealkombinasjonene ”glir” ut i utmarka hvor vi finner lignende refleksjonsverdier fra helt andre areal typer. Bebyggelse og vegetasjonsfattige jordbruksareal er særlig problematiske, og blir derfor erstattet av informasjonen på grunnkartet N50. Kulturlandskapet blir framstilt på det endelige bildekartet på følgende måte:



Figur 3.1. Kulturlandskapet (gul og svart farge) klippes inn fra kartet N50. Lårdal i Tokke kommune

Jordbruksarealet på N50 kartet til Statens kartverk (se gul farge på figur 1.1)
Tettbebyggelsen på N50 kartet til Statens kartverk (se svart farge på figur 1.1).

3.1.2 Vannkant

Vann skiller seg tydelig spektralt fra alle andre areal typer. Overgangen mellom vann og landareal vil derfor gi en svært stor mengde fiktive areal typer som representerer middeltallet mellom svært ulike areal typer innenfor en bilderute på 30 x 30 m; vann og landarealet. Disse overgangsarealene har i liten grad blitt klassifisert som egne areal typer, siden det vil få konsekvenser for helt andre areal typer som tilfeldigvis har omtrent den samme karakteristikken i reflektert lys (spektralsignatur). Omvendt vil en del vannkantareal av samme grunn feilaktig tildeles areal type til klassifiserte landareal. Eksempel på dette er våt myr og mørk barskog i bakli som ligner på noen av vannkantarealene.

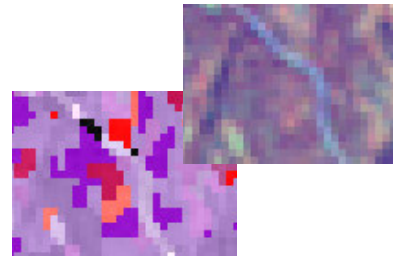


Figur 3.2. Vannkant som ikke er klassifisert (svart farge). Lyseblå farge representerer grunt vann, blå farge dypt vann.

Kantsonen langs vann og store elver bør derfor maskes bort og klassifiseres som *Ikke klassifisert*.

3.1.3 Veg

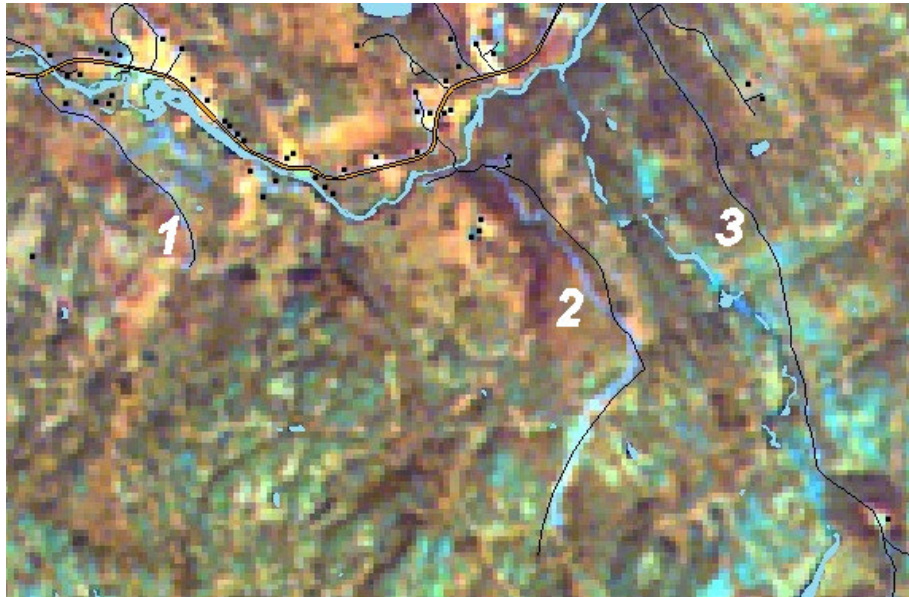
På samme måte som vannkant, har impedimentareal som grus, sand, bart fjell og asfalt karakteristiske spektrale kjennetegn på bildet. Dette medfører fiktive arealtyper der godt synlig veg og helt andre arealtyper deler et og samme bildeelement. Dette er illustrert på figur 3.3 hvor en vei vises som en lyseblå strek på bildet.



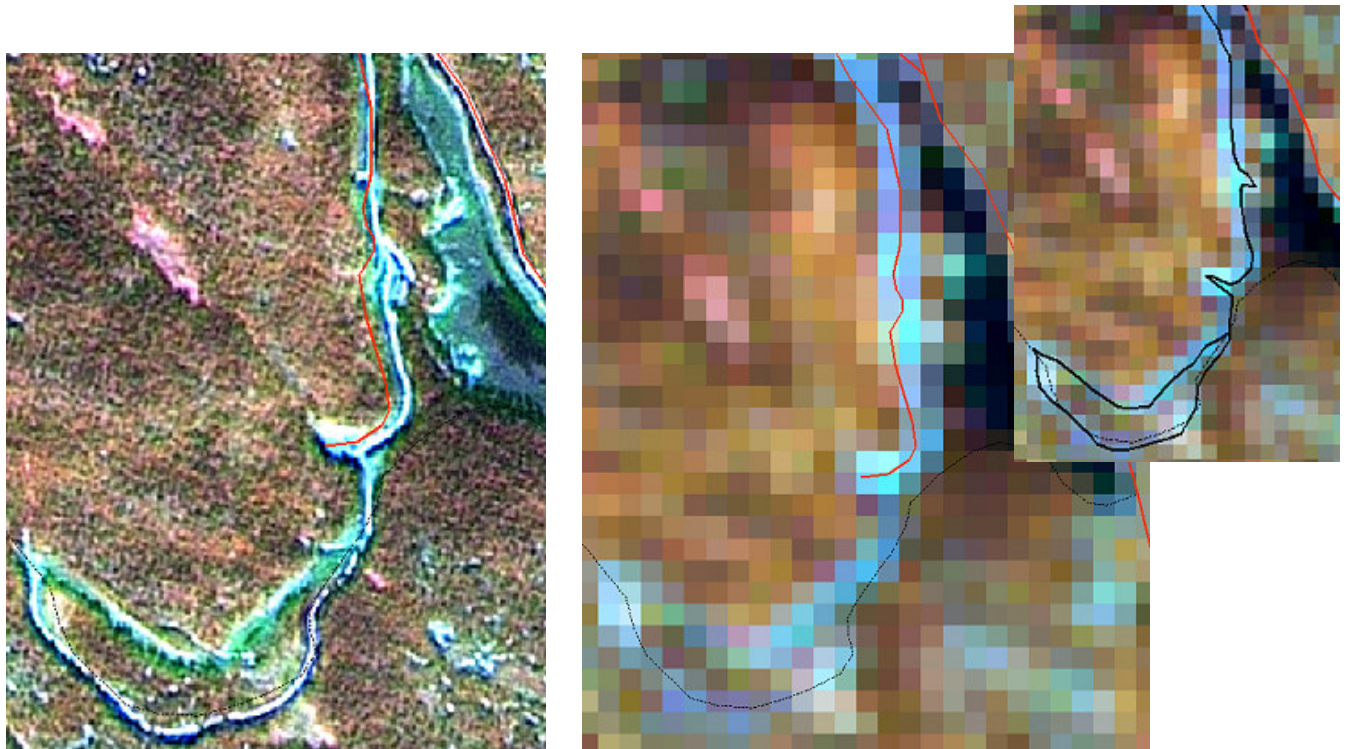
Figur 3.3. Veg på satellittbilde i lyseblå strek (øverst) og klassifisert bilde (nederst).

Figur 3.4 viser imidlertid at virkeligheten (satellittbildet) og kartet ikke er i samsvar. Skogsbilveiene på N50 er tegnet i svart strek oppå de blå veiene på bildet. Noen veier er rett (1) eller galt (2) kartlagt og andre mangler (3). Vegkartet på figur 3.4 er oppdatert i 2001, satellittbildet er tatt i 2003. Vi har kjøpt inn nytt kart fra Statens Kartverk og vil i tillegg rette opp de markerte feilene som fremdeles er til stede i vegbasen. Figur 3,5 viser hvordan en tilsvarende situasjon framstilles med høyere geometrisk oppløsning på 2,5 m på et Spot5 satellittbilde.

Vegdatabasen til N50 og egne opprettinger av den er derfor benyttet til å maske bort de bildeelementene som er berørt av veien. Disse bildeelementene gir vi arealtype *Ikke klassifisert*.



Figur 3.4. Kvalitet på veiene på N50 sammenholdt med Landsat satellittbildet. Gautefall i Drangedal kommune



Figur 3.5. Eksempler på nye skogsbilveger som ikke finnes i vegdatabasen til N50 og mindre feil på eksisterende veger. Spot 5 bilde til venstre og Landsat5 bilde til høyre. Nye veger er lagt inn i N50 slik bildet helt til høyre viser (svart strek).

3.1.4 Velteplasser og andre menneskeskapte inngrep

Dette er ofte små areal utenfor tettbebygd areal på N50 kartet. Siden de har svært forskjellig signatur (refleksjonsmønster) er de tidsmessig kostbare å klassifisere og vanskelige å skille fra enkelte andre areal typer. Klassifikasjon av disse arealene vil av samme grunn som vei og strandsoner langs vann og store elver, tilføre disse arealene til helt andre areal typer i skog og fjell som tilfeldigvis har lignende signatur.

Disse bildeobjektene gir vi areal type *Ikke klassifisert*.

3.1.5 Skog, eng og hei

Disse arealene er hentet direkte fra det klassifiserte satellittbildet. Typeinndelingen på kart- og arealstatistikkproduktene er beskrevet i kapittel **Feil! Fant ikke referanse kilden..**

Kommentarer til noen arealklasser

Vegetasjonen i feltsjiktet skiller som nevnt tidligere på dominans av lav, lyng- og gras/urtedominert. Det er lite lav i kartleggingsområdet. Lyngarter som blåbær, krekling og blokkebær er typisk innslag i lyngskogen. Røsslyng lar seg skille fra disse artene på bilder med høyere oppløsning (Hjeltnes 2006). Vi har ikke prøvd å skille ut røsslyngrike i denne kartleggingen. Smalblada grasarter som finnskjegg og sauesvingel lar seg også skille på bilder med høyere oppløsning, men inngår i lyngskogen i denne kartleggingen. Skille mellom

lyngrike areal på den ene siden og gras og urterike på den andre ser ut til å gå ved frodige utgaver av smyleoppslag – typisk på åpne hogstflater.

Gras og urterik mark samles i en ny arealklasse:

- Engsamfunn i jordbrukslandskapet som av en eller annen grunn ikke finnes på N50, hentes fra det klassifiserte bildet.
- Gras og urterike hogstflater (klassifiserte areal).
- Engsamfunn i høyfjellet (klassifiserte areal).

Det knytter seg usikkerhet til kartleggingen av feltsjiktet i tette skogtyper. Erfaringsmessig er helt tett skog ofte av lyngtype. Frodigere skoger har ofte åpninger i kronedekket, slik at feltsjiktet bidrar til signaturen til bildeobjektet. Men det er mange unntak.

Fire inndelinger av barblandingskogen oppfattes å være i det meste laget. Gran og furuskog lar seg vanskelig skille på subdominerende treslag, særlig på grunn av ungsbogen (hogstklasse III).

Feltregistreringen var ikke konsekvent med tanke på å skille mellom bjørk og andre boreale løvtrær. Derfor blir disse løvskogene slått sammen til en gruppe. Små areal med gråorskog er ikke fanget opp av kartleggingen.

Fjellgranskog, lyngrik med åpent tresjikt (2C3c) ligner tett Barblandingskog (2DC3). Dette oppveies av å trekke høyde over havet som en egenskap under klassifikasjonen

Høytliggende fukthei (dominert av blåtopp) i sørhellinger og innslag av gras- og starrike bakkemyrer (1Ag)c/7/3C5) ligner på frodig grasmark i lavlandet (4A5 og 5B). Dette oppveies av å benytte høyde over havet som en egenskap under klassifikasjonen. Det er lite feltkontroll i dette høydelaget. Derfor har jeg for lite feltkunnskap til å skille sikkert mellom glissen lynghei (1A3b) og glissen fukthei (blåtopprik) med mye innslag av impediment (1A7a)

Impedimentareal gir svært stor variasjon i spektralsignaturen når bildeobjektene er små og høyde er en av egenskapene til objektene. Fjellområdet rundt Vrådal med mye nakent berg (7A), var særlig mangfoldig. Det var nødvendig med hundrevis av treningsflater bare i dette området.

3.1.6 Myr

Myrarealene er ofte små og fragmentariske i forhold til de grovmaskede bildeelementene på 30 x 30 m. Det blir derfor mange overgangsruiter mellom myrareal og skog eller hei som bidrar til problemer i klassifikasjon av myr. Derfor var det lite fokus på myr under feltarbeidet. Myr er altså underrepresentert i materialet fra feltarbeidet. Men den objektbaserte metoden fanger opp mye av de små og heterogene myrene. Særlig den magre og skrinne bjønnskjeggdominerte typen har kraftig og avvikende signatur fra andre myrtyper. Figur 3.6 viser opptreden av bjønnskjeggmyr i lys grønnblå signatur. Ett av objektene i et større myrkompleks er markert i rød strek. Bjønnskjeggmyr representerer mye av arealet på de to største myrene på figur 3.6.

To alternativ for framstilling av myr på bildekartet peker seg ut:

- Alt myrareal på N50 og egen klassifikasjon av alle myrtyper generalisert til en klasse inngår i klassen *Myr*.
- Alt myrareal på N50 og egen klassifikasjon av satellittbildet inngår i myrklassen *Annen myr*. I tillegg legges inn myrklassen *Bjønnskjeggmyr* fra det klassifiserte bildet.

Vi velger det siste alternativet, hvor vi altså får to klasser for myr.

3.1.7 Sky og skyskygge

Optiske satellittbilder har ikke/lite informasjon på bakken under skyer. I skyggeområdene under skyene er spektralsignaturen dramatisk forskjellig fra tilsvarende areal typer i de solbelyste deler av landskapet.

Skyer og skyskygge maskes derfor ut som ikke klassifiserte areal.

3.1.8 Ikke klassifiserte areal

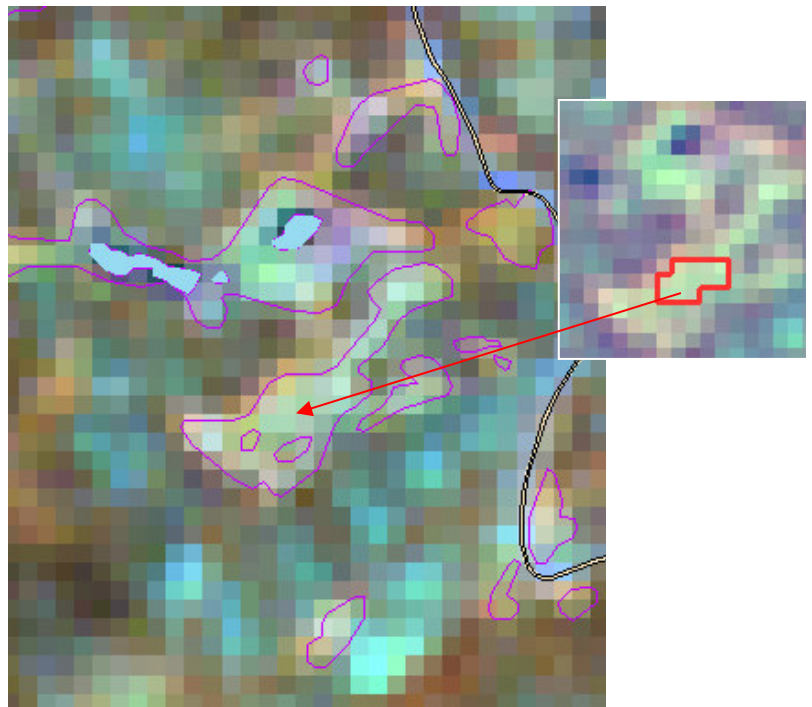
Med respekt for viktige og store feilkilder i klassifikasjon av det grovskala satellittbilde, samler vi restarealene i en enkelt arealklasse som vi kaller *Ikke klassifisert*. Dette er:

- Skyer og skyskygge
- Vei og veikant. Dette arealet får en bredde på en rutestørrelse (30 x 30 m)
- Strandkanten langs vann og store elver. Sonen får en bredde på en rutestørrelse.
- Velteplasser og andre menneskeskapt areal som ikke allerede er klassifiser.

3.2 Kontroll av klassifikasjonen

3.2.1 Egenkontroll

Kontrollen av klassifikasjonen foregår som en del av innleggingen av treningsflatene. Dette er beskrevet i kapittel 2.3.2. Her vil alle de 3 600 treningsflatene bli sjekket mot sine nærmeste naboer blant alle de 77 ulike arealklassene, slik at de som har lignende spektralsignatur også står nær hverandre i det klassifiserte produktet. Dette er illustrert i figur 2.8. Andre treningsflater som ligner spektralt, men avviker økologisk fra det som kartleggeren oppfatter



Figur 3.6. Myr på N50 i fiolett strek. Markering av et objekt av Bjønnskjeggmyr i rød strek på satellittbildet.

som akseptabelt, blir oppsøkt og omklassifisert, slettet eller kanskje beholdt uendret. Dette kontrollarbeidet utgjør mye av tidsbruken med å definere treningsflater.

Det er nyttig å betrakte flere perspektivplott av det klassifiserte produktet for å forsikre seg om at arealklassene ligger økologisk riktig plassert. Arealgruppe 2 i tabell 3.1 er benyttet til dette arbeidet. Spesielt vil jeg vise til 3D kart figur 6.2 og 6.3 som fokuserer på sørhellinger og nordhellinger i området rundt Drangedal. Her ser vi at furuskoger, lyngdominert mark, edelløvsog og impediment dominerer i de tørre og solvarme sørhellingene. Granskog, skyggefulle lisider og annen løvskog dominerer i bakliene og på de opplendte partier i landskapet. Det blir bekreftet at det er noen feil i klassifikasjon av myrene, slik det er beskrevet i kapittel 3.1.6. Tegnforklaringen til 3D kartene er vist i figur 3.7 og på arealtypekartet helt bak i rapporten.

3.2.2 Etterprøving av klassifikasjonen

Vi har ikke tilstrekkelig med treningsflater til å foreta en egen statistisk kontroll av klassifikasjonen. Årsaken til dette er det høye ambisjonsnivået til klassifikasjonene som innebærer bruk av mange tusen treningsflater og mange kartleggingsenheter. Denne kontrollen må ta høyde for at alle de 3 600 treningsflatene er uavhengige objekt som bidrar til å beskrive 77 til dels svært heterogene arealklasser.

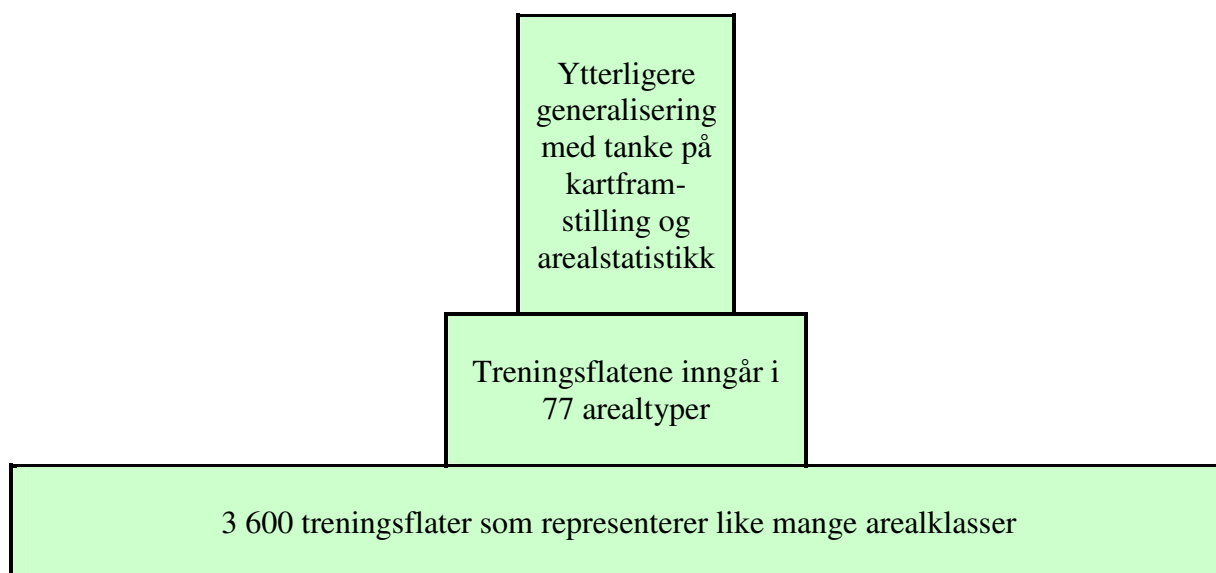
3.3 Kart og analyseprodukt

Under feltarbeidet og klassifikasjonen benyttes klassifikasjonssystemet til SATNAT, (Øyen og Hjeltnes, 2003) Kodesystemet er ajour pr 21. juli 2005. Kart- og analyseproduktene benytter beskrivende tekster. Dette er vist i figur 3.7 og tabell 3.1.

Under klassifikasjonen forholdt vi oss til fysiske arealtyper som fjell, skog, hogstflater osv. Siden hver treningsflate representerer en liten "bit" av den komplekse naturen, vil det klassifiserte kartet inneholde 3 600 ulike arealklasser. De er imidlertid sortert på 77 arealtyper/informasjonsklasser. For kartproduksjon og arealstatistikk/analysegrunnlag er de 77 arealtypene aggregert videre til færre arealtyper slik det er illustrert i figur 3.8. Generaliseringen av de 77 arealklassene til færre enheter er foretatt med vekt på å heve presisjonen på klassifikasjonen. Da slår vi sammen arealtyper som vi oppfatter å være forskjellige, men som på bildet oppfattes som nærstående (har lik spektralsignatur). Dette er vist i tabell 3.1

■	Bebyggelse (N50)
■	Dyrka mark (N50)
■	Edelløvsog
■	Furuskog
■	Granskog
■	Gras/urtemark
■	Ikke klassifisert
■	Impediment
■	Lyngdominert mark i skog og fjell
■	Løvskog
■	Bjønnskjeggmyr
■	Myr (N50)
■	Sky og skyskygge
■	Skyggefulle lisider
■	Vann
■	Vannkantvegetasjon

Figur 3.7. Tegnforklaring til temakartet basert på Arealgruppe 2 i tabell 3.1.



Figur 3.8. Generalisering av den meget komplekse naturen til et fåtall enheter, slik tabell 3.1 også viser.

Eksempel på generalisering

Eksempel på arealklasser som er svært like spektralt, er fukthei og lyngmark på grunnlendt mark. Nakent fjell og stein vil overståle (dominere) ulikheter i signaturen til vegetasjonen.

Det er for eksempel for lite feltobservasjoner på sumpskog, myrreal og bregnemark. Disse arealklassene blir gjenstand for en sterkere generalisering enn for eksempel åpne skogtyper som har mange feltobservasjoner.

Innslag av løvskog i barskogen er eksempel på arealtyper som er egnet til å skille fra hverandre med spektrale kjennetegn. Da beholdes høy grad av detaljering i typeinndelingen.

Skille mellom ren bjørkeskog, treslagblanding av boreale treslag og treslagblanding dominert av edelløvtrær var lite bevist i den første fasen av feltarbeidet. To grupper løvtrær blir derfor skilt ut i den endelige typeinndelingen: Edelløvskog og andre løvtrær.

To hovedprodukt av kartet er definert:

1. Statistikk om arealfordeling baseres på Arealgruppe 1 i tabell 3.1 som er den mest detaljerte inndelingen. Denne inndelingen er beregnet på geografiske analyser for å dokumentere hjortens biotoppreferanser basert på GPS-målingene. Arealstatistikk vises i figur 3.8.
2. Forenklet kartframstilling for visuelle temakart baseres på Arealgruppe 2 i tabellen. Tegnforklaringen er vist på figur 3.7.

Tabell 3.1. Under feltarbeidet og klassifikasjonen ble SatNat kodene benyttet. Til temakart, arealstatistikk og som analysegrunnlag ble to ulike generaliseringer benyttet: Arealgruppe 1 og 2.

SATNAT Arealtype ⁷	Beskrivelse av SatNat kode	AREALGRUPPE 1	AREALGRUPPE 2
2_5 ccf	Hogstflate, gras-/urterik, uten trær	Gras-/urtemark (også på hogstflater)	Gras/urtemark
2_53 ccf	Hogstflate, gras-/urterik, noe lyng, uten trær		
4A5	Åpen fastmark med gras/urterik		
5B	Beite med frodig grasmark.		
2_b)5 ccf	Hogstflate, urterik, løvkraut, uten trær	Gras-/urtemark m/løvkraut	
2_b)53 ccf	Hogstflate urterik, noe lyng, m/løvkraut, uten trær		
2BA53 cf	Hogstflate, løvtre med bartre, urterik, noe lyng, m/løvkraut,		
4Ab)5 a	Eng, urt-/grasrik, m/løvkraut, åpen vegetasjon		
Ikke klassifisert	Ikke klassifisert	Ikke klassifisert	Ikke klassifisert
Utenfor kartleggings-arealet	Ikke klassifisert		
7A	Nakent fjell	Impediment: fjell i dagen, stein/ur/blokk og sand	Impediment
7C	Sand		
7B	Stein, ur og blokk		
1Ag)c)7/3C5	Blåtoppdominert fukthei, m/busker. Gras/starrik myr utgjør subdominerende arealtype	Lynghei i mosaikk med grasmyr	Lyngdominert mark i skog og fjell
1A3 bregner	Bregnemark	Lynghei og ferske hogstflater	

⁷ SatNat klassifikasjonssystem (Øien og Hjeltnes, 2003)

1A3	Lynghei		Lyngdominert mark i skog og fjell
2_3 ccf	Hogstflate, lynghei, uten trær		
2_35 ccf	Hogstflate, lynghei og noe gras/urterik, uten trær		
1Ag)3	Lynghei med bjørkekratt	Lynghei og ferske hogstflater m/løvkratt	
2_b)3 ccf	Hogstflate, lynghei, løvkratt, uten trær		
1A3 a	Lynghei, impediment	Lynghei og fukthei, åpen/glissen bunnvegetasjon	
1A7 a	Fukthei, impediment		
1Ab)a)3 a	Lynghei, med kratt, med impediment		
1A3 b	Lynghei, >70% impediment		
1A7 b	Fukthei, >70% impediment		Impediment
3B4	Myr, bjønnskjeggrik	Myr, bjønnskjeggrik	
3B3	Myr, lyngrik	Myr	Myr
3Bg)5	Myr, løvkratt starr/grasrik		
3B5	Myr, starr/grasrik		
3B5 m3	Myr, starr/grasrik, våt		
2VA53	Skog, edelløvsog med bartrær, gras/urterik, litt lyng	Skog edelløvtre - og bartredominert gras/urterik åpen skog	Edelløvsog
2VA53 c	Skog, edelløvsog med bartrær, gras/urterik, litt lyng, åpent tresjikt		
2VA53 ca	Skog, edelløvsog med bartrær, gras/urterik, litt lyng, åpent tresjikt, åpent feltsjikt	Skog edelløvtre - og bartredominert gras/urterik åpen skog og bunnvegetasjon	
2V53	Skog, edelløvsog, gras/urterik, litt lyng	Skog edelløvtredominert gras/urterik	
2VF5	Skog, edelløvsog med løvtrær, gras/urterik		
2VF35	Skog, edelløvsog med løvtrær, lyngrik med gras/urterik		

2DG3	Furuskog med bjørk, lyngdominert	Skog furu og løvtredominert lyngrik	Furuskog
2DG3 c	Furuskog med bjørk, lyngdominert, åpent tresjikt	Skog furu og løvtredominert lyngrik åpen skog	
2DG3 cf	Furuskog med bjørk, lyngdominert, glissent tresjikt, hogstflate		
2DG7 c	Furuskog med bjørk, fuktskog, åpent tresjikt		
2D3	Furuskog lyngdominert	Skog furudominert lyngrik	
2DC3	Furuskog med gran, lyngdominert	Skog furudominert lyngrik åpen skog	
2D3 c	Furuskog, lyngdominert, åpent tresjikt		
2D3 cl	Furuskog, lyngdominert, åpent tresjikt, lavrik		
2DC3 c	Furuskog med gran, lyngdominert, åpent tresjikt		
2D3 ca	Furuskog, lyngdominert, åpent tresjikt og feltsjikt	Skog furudominert lyngrik åpen skog og bunnvegetasjon	
2D3 cb	Furuskog, lyngdominert, åpent tresjikt, >70% impediment		
2DG3 ca	Furuskog med bjørk, lyngdominert, åpent tresjikt og feltsjikt		
2CV35	Granskog med edelløvtrær, lyngrik og noe gras/urterik	Skog gran og edelløvtredominert lyngrik	Granskog
2CG53	Granskog med bjørk, gras/urterik og noe lyngrik	Skog gran og Lavdominert gras/urterik	
2CG3	Granskog med bjørk, lyngrik	Skog gran og Lavdominert lyngrik	
2CG3 c	Granskog med bjørk, lyngrik, åpent tresjikt	Skog gran og lauvdominert lyngrik åpen	
2C53	Granskog, gras/urterik og noe lyngrik	Skog grandominert gras/urtedominert	
2C	Granskog	Skog grandominert ofte lyngdominert	

2C3	Granskog, lyngrik		Granskog
2CD3	Granskog med furu, lyngrik		
2C3 c	Granskog, lyngrik, åpent tresjikt	Skog grandominert glissen lyngdominert	
2GC53	Bjørkeskog med gran, gras/urterik og noe lyngrik	Skog løv og bartredominert gras/urterik	Løvskog
2GD7	Bjørkeskog med furu, sumpskog		
2GC5 c	Bjørkeskog med gran, gras/ urterik, åpent tresjikt	Skog løv og bartredominert gras/urterik åpen skog	
2GD7 c	Bjørkeskog med furu, sumpskog, åpent tresjikt		
2GC3	Bjørkeskog med gran, lyngrik	Skog løv- og bartredominert lyngdominert	
2GDC3	Bjørkeskog med furu/gran, lyngrik		
2GC3 c	Bjørkeskog med gran, lyngrik, åpent tresjikt	Skog løv- og bartredominert lyngdominert åpen skog	
2GDC3 cf	Bjørkeskog med furu/gran, lyngrik, åpent tresjikt, hogstfelt		
2GC35 (V)	Bjørkeskog med gran, lyngrik og noe gras/urterik, ofte innslag av edelløvtrær	Skog løv- og bartredominert lyngdominert, ofte innslag av edelløvskog	
2G5	Bjørkeskog gras/urterik	Skog løvdominert gras/urterik	
2G7 c	Bjørkeskog, sumpskog, åpent tresjikt	Skog løvdominert gras/urterik åpen skog	
2G3 c	Bjørkeskog lyngrik, åpent tresjikt	Skog løvdominert lyngdominert åpen skog	
2G3 ca	Bjørkeskog lyngrik, åpent tresjikt, glissen bunnvegetasjon	Skog løvdominert lyngdominert åpen skog og bunnvegetasjon	
Skygge	Skyggefulle lisider	Skyggefulle lisider	Skyggefulle lisider
8A	Dypt vann	Vann dypt	Vann
8A d	Grunt vann	Vann grunt	
4B78	Våtmark, vannkantvegetasjon med gras, starr, siv eller flytebladplanter	Vannkantvegetasjon	Vannkantvegetasjon

4 Konklusjoner

Landsatbildet inneholder svært mye informasjon om jordoverflaten. Det er altså mulig å skille mellom mange detaljer i de ulike arealtypene på grunnlag av forskjeller i spektralsignatur. Bildet har stabile spektrale egenskaper over hele arbeidsområdet. Dette medfører at når vi finner representative treningsflater gir dette også en god klassifikasjon i et høydenivå ⁸ for hele kartleggingsområdet

Objektbasert metode slik den praktiseres i verktøyet eCognition, modellerer heterogeniteten i landskapet på en god måte. Dette gjøres ved å benytte svært mange treningsflater som hver representerer en liten del av egenskapsrommet i bildet under klassifikasjonen. De generaliserte arealtypene (Arealgruppe 1 og 2 i tabell 3.1) oppfattes under klassifikasjonen å representere vel avgrensede areal typer i egenskapsrommet til bildet. Dette er imidlertid ikke bekreftet i en uavhengig kontroll.

Objektene (kartleggingsenheter) genereres automatisk av systemet uten manuell digitalisering. Dette er arbeidsbesparende og gir mulighet til en svært detaljert figurering (1-5 da) sammenlignet med tradisjonell oversiktskartlegging ⁹.

Kartleggingsarealet utgjør hele 1 927 km² og 77 kartleggingsenheter er skilt fra hverandre. Erfaring med tradisjonell feltbasert kartlegging benyttes til å optimalisere feltinnsatsen. Da er det mulig å oppsøke alle viktige utforminger av arealtypene i alle høydeler og eksposisjoner innenfor utvalgte delområder av kartleggingsområdet på 1 927 km² i løpet av kun 10 dagsverk i felt ¹⁰.

Det er praktisk å jobbe med en finere inndeling av arealtypene under klassifikasjonen enn de endelige produktene. Under klassifikasjonen benytter vi både geografiske og fysiognomiske enheter. Tilbakemeldingen fra verktøyet eCognition gir en god forståelse for hvilke enheter som er robuste og hvilke som flyter sammen. Tabell 3.1 viser ambisjonen i kartleggingen under Arealgruppe 1. Her avledes kun fysiognomiske enheter som lar seg separere i egenskapsrommet til satellittbildet.

Feltregistreringene lar seg ikke overføre direkte til objektene i bildet for identifisering av treningsflater i klassifikasjonsarbeidet. Det er svært utfordrende å velge et bestemt objekt på bildet (treningsflater) som skal representere feltobservasjonen på stedet når treningsflatene er så store som 1-20 da. Da er det nødvendig å støtte seg til flybildetolkning i stereo betraktning sammen med vurdering av satellittbildet på skjermen for å fastsette den endelige arealtypen. Vi må nemlig forholde oss til de nærmest endeløse gradientene som småskala norsk natur byr på. I skog kan det være mengdeforholdet mellom treslag, aldersklasser, åpenhet i kronedekket, innslag av impediment og bidrag fra busker og bunnvegetasjon til spektralsignaturen. Legg merke til at bildeobjektet som skal klassifiseres representerer et gjennomsnitt av alle bildeelementene (piksel på 30 x30 m) som objektet omfatter. Bildeelementene representerer samtidig et gjennomsnitt av 900 m² landareal. Vi står fritt til å velge

⁸ Høydedatabase benyttets i *Nærmeste nabo klassifikasjon*.

⁹ Ved oversiktskartlegging av vegetasjonen blir kun et fåtall viktige areal kartfestet som holder et minsteareal på ca 10 da (Rekdal og Larsson, 2005).

¹⁰ Feltbasert vegetasjonskartlegging beskriver ca 3 km² i skog og 5 km² fjellareal per person og feltdag med omtrent de samme antall kartleggingsenheter (Rekdal og Larsson, 2005)..

størrelsen på objektene som systemet genererer for oss. Bakkesannhetene (feltregistreringene) lar seg altså ikke behandle som udiskutable sannheter. Verktøyet eCognition gir imidlertid god støtte til dette vanskelige og tidkrevende arbeidet, slik det er forklart helt til slutt i kapittel 2.3.2. Det er svært nyttig med lang erfaring fra tradisjonell feltbasert kartlegging. Dette danner grunnlag for god oppfattelse av det komplekse samspillet mellom signaturene i bildet og variasjonen (gradientene) i arealtypene i den virkelige verden.

Den geometriske oppløsningen på Landsat satellittbildet er kun 30 x 30 m. I det småskala norske landskapet vil vi få mange markerte kantsoner som representerer gjennomsnittet av svært forskjellige areal typer – altså fiktive areal typer. Vann og impediment (fjell, stein, grusvei, asfalt, bygninger) er areal typer med karakteristisk spektralsignatur i bildet. Vi har derfor masket bort veiarealet og kantsonene langs vann og store vassdrag og kalt disse arealene for *Ikke klassifisert*.

Bruk av terrengmodell som en del av *Nærmeste nabo klassifisering* medfører at en treningsflate er aktiv innenfor en høydesone på ca ± 100 m. På denne måten vil det bli lettere å holde fra hverandre areal typer som vi oppfatter forskjellige, men som i bildet har lik spektralsignatur i ulike høydelag og fenologisk utvikling. Dette forutsetter naturligvis mange flere treningsflater enn uten bruk av høydedata.

Flybilder i naturlige farger og bildemålestokk 1:40 000 var godt egnet til støtte for klassifiseringene av multispektrale satellittbildet med 30 m pikselstørrelse. Det var raskt å skaffe seg en detaljert tredimensjonell oversikt over de økologiske parametrene som var kritisk for en tolking av objektene på satellittbildet.

5 Referanser

Aster. Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer.
<http://asterweb.jpl.nasa.gov/>

Definiens (2004). eCognition Professional. User guide 4. Definiens Imaging GmbH, München, Germany

Fremstad E. (1997). Vegetasjonstyper i Norge. NINA Temahefte 12: 1-279

Gingras, Alain (2006) cLc-Camint Personlig kontakt på en presentasjon om *Automatisk skoginndeling ved hjelp av høyoppløselige bilder*. Oslo 19. april 2006.

Hjeltnes, Arne (2006). Høyoppløselige bilder som grunnlag for overvåking av endringer i fjellvegetasjon. Skisse til nytt registreringssystemet. HiT skrift nr 1/2006. ISBN 82-7206-262-3 (online)

Landsat Program. <http://geo.arc.nasa.gov/sge/landsat/landsat.html>

Rekdal, Y. og Larsson, J.Y., (2005). Veiledning i vegetasjonskartlegging M 1:20 000 - 1:50 000. – NIJOS rapport 05/05.

Rosef, Olav; Sageie, Jostein; Nordtug, Berit og Røed, Knut H. (2001) Hjorten (*Cervus elaphus atlanticus*) i Telemark. HiT skrift nr 1/2001. ISBN 82-7206-196-1 (online)

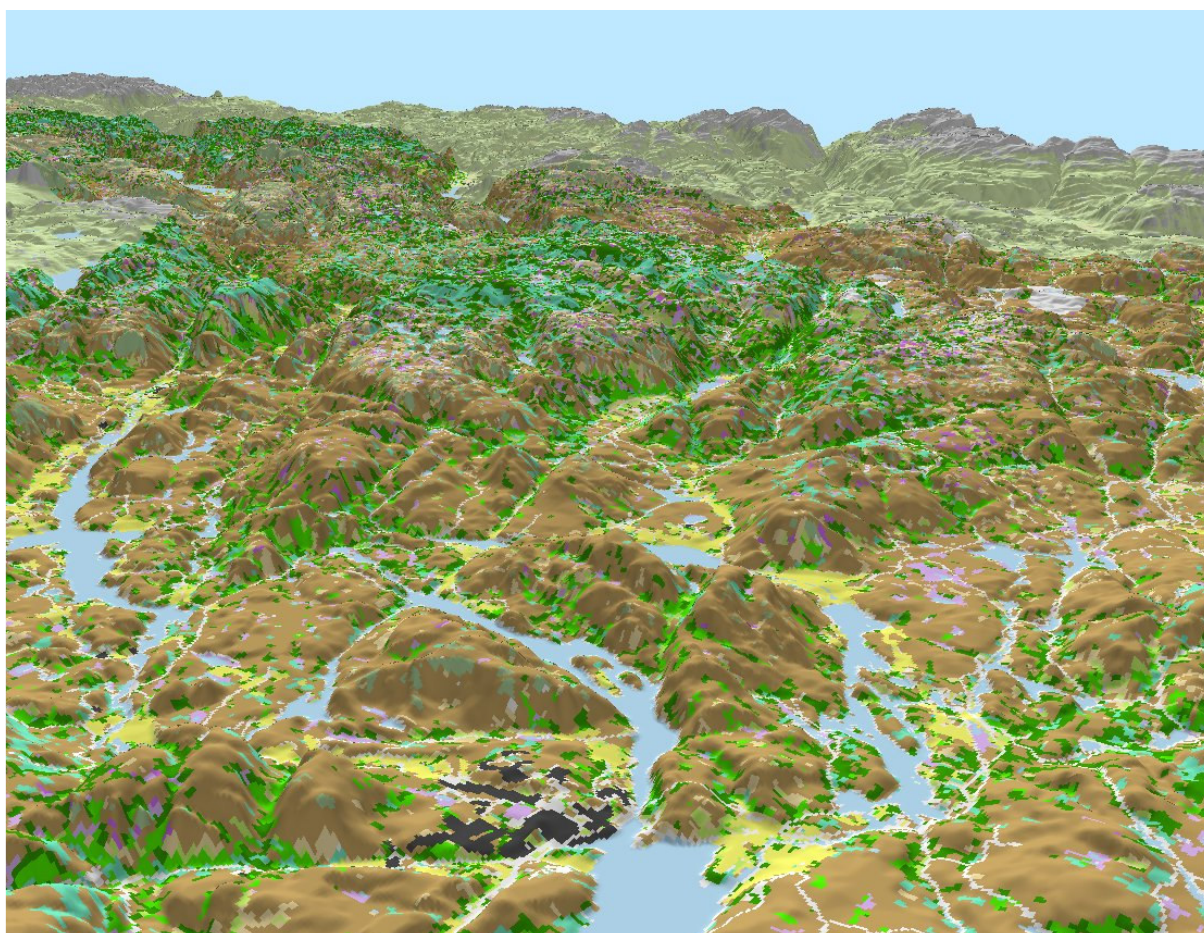
Spot image http://www.spotimage.fr/html/_167_.php

Øien, Dag-I. og Hjeltnes, Arne (2003). Klassifikasjon og flybildetolking av areal typer i SatNat. Datafangstinstruks basert på metoden bildetolking. Notat med kodeliste 10.11.2003.

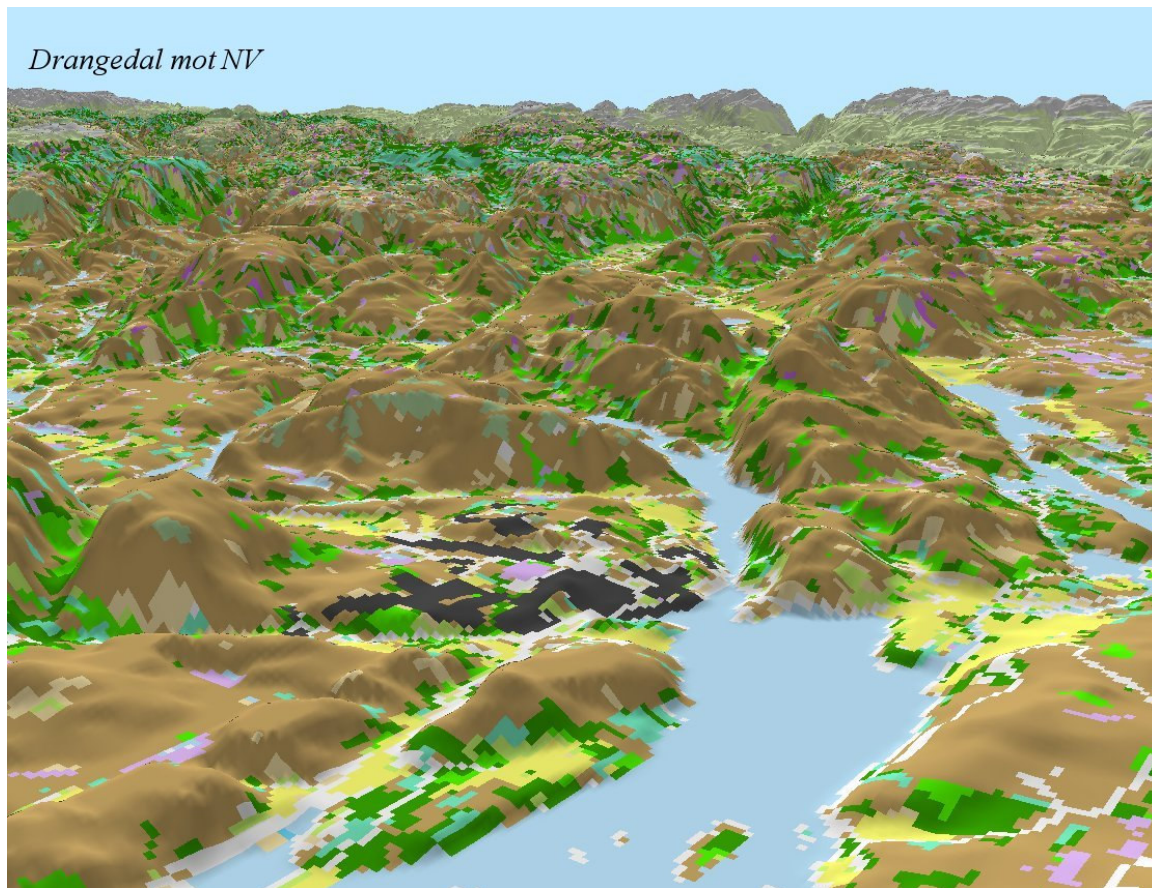
6 Vedlegg

6.1 Temakart

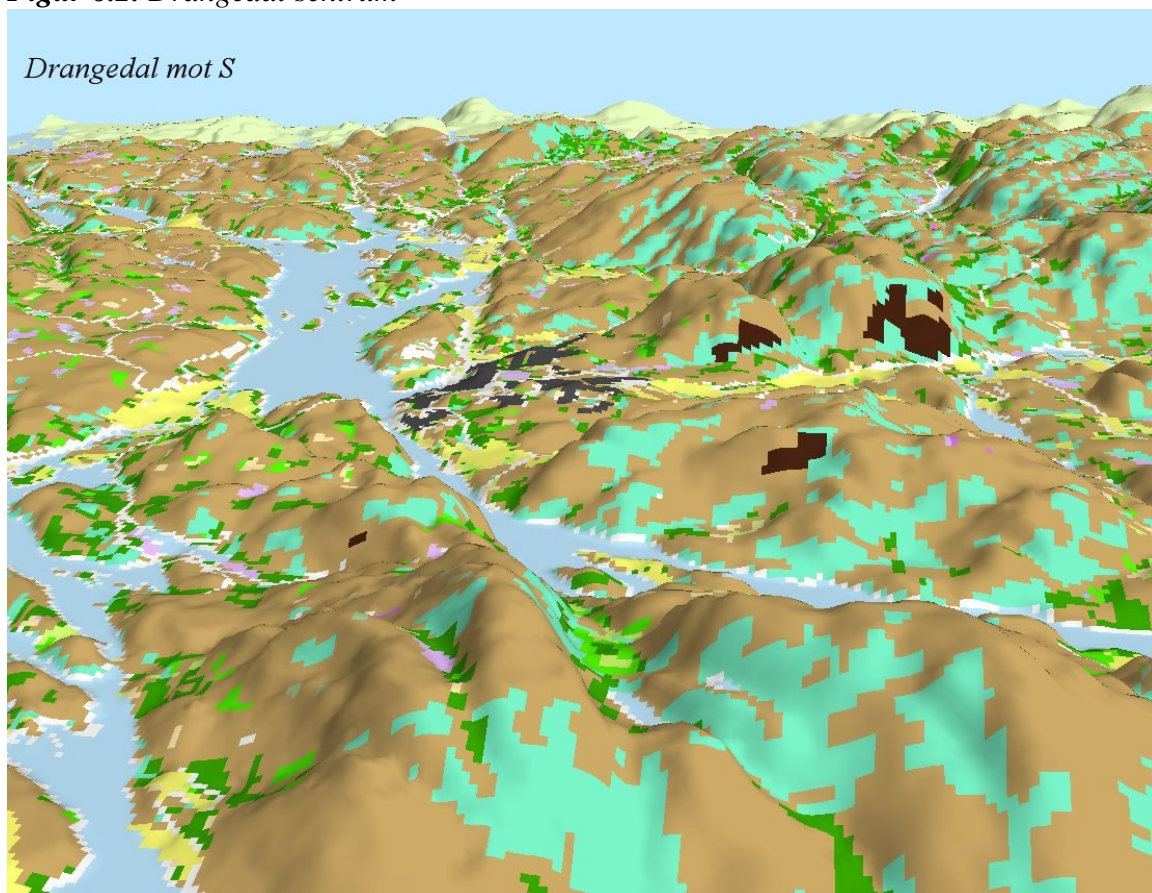
Temakartene er basert på egenskapen Arealgruppe 2 i tabell 3.1. Tegnforklaringen er vist i figur 3.7.



Figur 6.1.. Oversiktsbilde fra Drangedal sentrum i forgrunnen og mot NV.



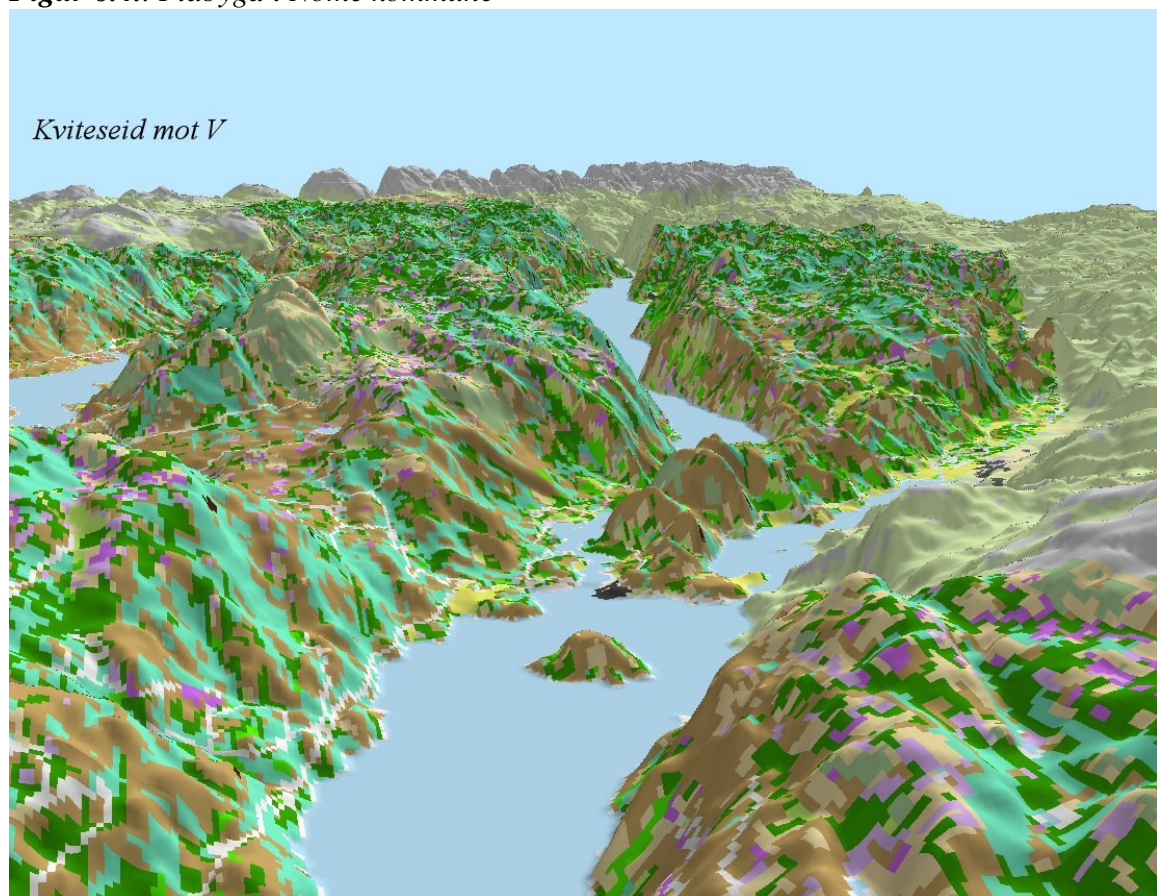
Figur 6.2. *Drangedal sentrum*



Figur 6.3. *Mot Drangedal sentrum.*



Figur 6.4. Flåbygd i Nome kommune



Figur 6.5. Kviteseidvannet i forgrunnen.

6.2 Spot og Aster - To alternativ til Landsat satellittbildet

Landsat satellittbildet er et billig (gratis) alternativ for kartlegging av store areal. Men det småskala norske landskapet gir som nevnt i rapporten betydelige utfordringer i klassifikasjonen i et grovmasket bilde. To andre satellitter er bedre egnet for oversiktskartlegging med noe bedre geometrisk oppløsning enn Landsat, *Aster* og *Spot*. *Aster* er det rimeligste alternativet. Problemet med kantsoner blir mindre og objektene mer homogene.

Den franske *SPOT5* satellitten med 10 m geometrisk oppløsning for den multispektrale sensoren, vil være et mye bedre alternativ for kartlegging av store landområder. Arealene vil kunne beskrives med 9 ganger større geometrisk oppløsning, selv om den radiometriske oppløsningen ("egenskapsrommet") er noe lavere. Spot satellitten har 4 multispektrale sensorer (Spot image). Pris for et nyfotografert SPOT satellittbilde på 3 600 km² (minsteareal) vil være ca 40 000 kr med georeferering og MOMS. Et eksisterende bilde vil koste ca 33 000 kr. (Geodatasenteret AS, Arendal, pers. kontakt.). Den pankromatiske kanalen koster omtrent det samme, men er overflødig for vårt formål. I følge Alain Gingras (2006) er det lite ekstra å oppnå ved maskinell klassifikasjon av et PAN-oppskarpet ¹¹ bilde i forhold til det multispektrale bildet.

Den amerikanske/japanske *Aster* satellitten (*Aster*) har tre multispektrale sensorer i synlig lys og nærinfrarødt med 15 m geometrisk oppløsning og 6 infrarøde sensorer med 30 m oppløsning. En ekstra sensor måler nærinfrarødt lys med 15 m geometrisk oppløsning beregnet på stereoopptak. Et bilde dekker 4 900 km² og koster i innkjøp \$80. I tillegg kommer det en kostnad på ca 5 000 kr for georeferering. Det er ikke helt enkelt å finne/bestille et bilde som dekker et bestemt kartleggingsområde i Norge (Einar Lieng, Geodatasenteret AS, pers.kont.).

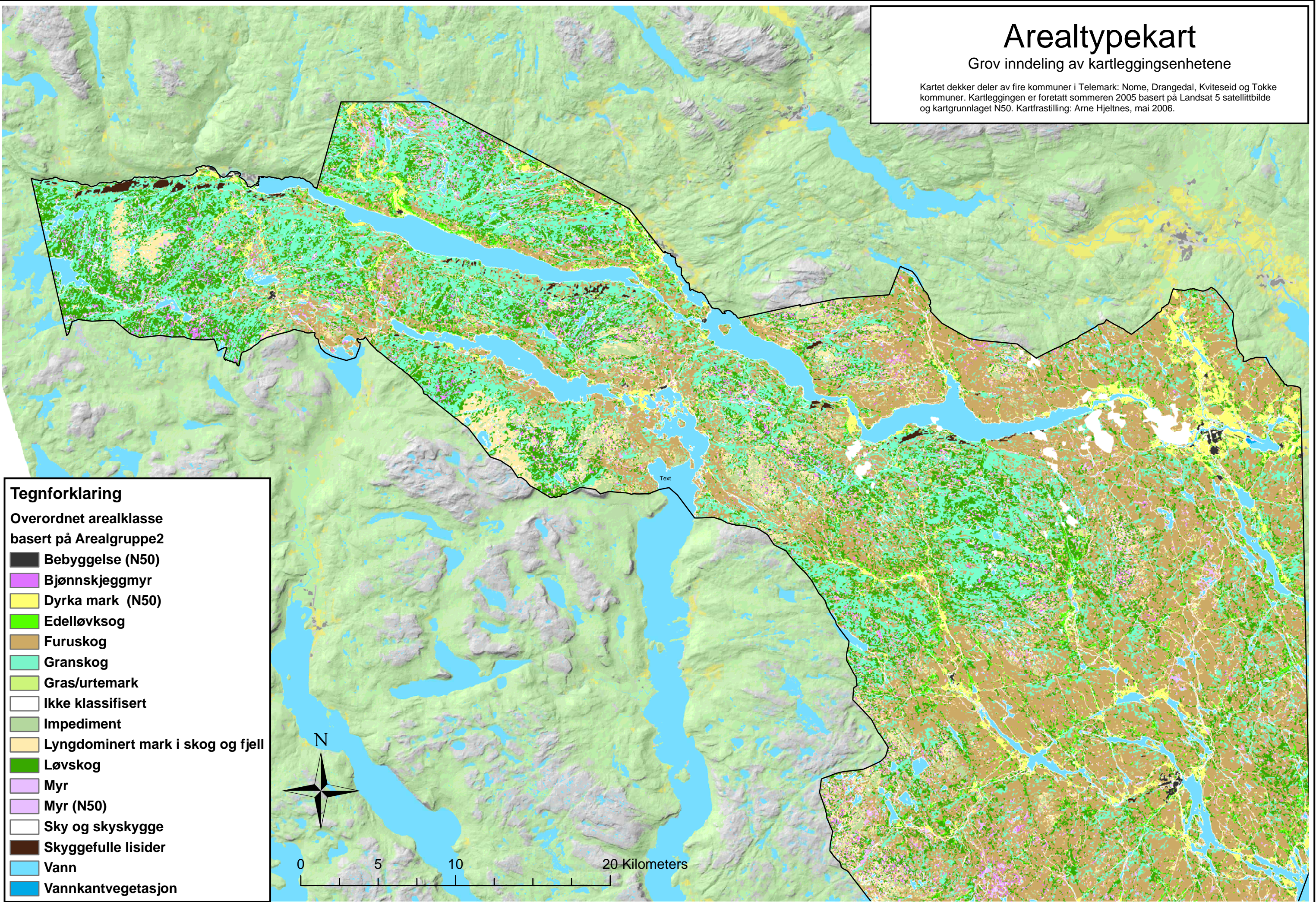
Høyoppløselige satellitter som IKONOS (4 m) og Quickbird (2,5 m) har en mye høyere pris pr. km² (ca 200 pr. km² for IKONOS).

¹¹ PAN-skarping er en metode for et bedre visuelt multispektralt produkt som har den geometriske oppløsningen til den pankromatiske kanalen (5 eller 2,5 m for Spot5).

Arealtypekart

Grov inndeling av kartleggingsenhetene

Kartet dekker deler av fire kommuner i Telemark: Nome, Drangedal, Kviteseid og Tokke kommuner. Kartleggingen er foretatt sommeren 2005 basert på Landsat 5 satellittbilde og kartgrunnlaget N50. Kartfrastilling: Arne Hjeltnes, mai 2006.



Tegnforklaring

Overordnet arealklasse basert på Arealgruppe2

- Bebyggelse (N50)
- Bjønnskjeppmyr
- Dyrka mark (N50)
- Edelløvskog
- Furuskog
- Granskog
- Gras/urtemark
- Ikke klassifisert
- Impediment
- Lyngdominert mark i skog og fjell
- Løvskog
- Myr
- Myr (N50)
- Sky og skyskygge
- Skyggefulle liser
- Vann
- Vannkantvegetasjon

HiT skrift / HiT Publication

Arne Hjeltnes: Kartlegging av habitater til hjort i deler av 4 kommuner i Telemark. Utpøving av objektbasert klassifikasjon på Landsat 5 satellittdata. (HiT-skrift 2/2006). 35 s., 1 kart.

Arne Hjeltnes: Høyoppløselige bilder som grunnlag for overvåking av endringer i fjellvegetasjon. Skisse til nytt registreringssystem. (HiT-skrift 1/2006). 47 s.

Ole Martin Høystad: Tempo og paradoks i MENTALITETSHISTORISKE ENDRINGAR. Undset-Elias-Foucault. 40 s. (HiT-skrift 7/2005)

Ole Martin Høystad: Hjertet i hjernen. Det biologiske grunnlaget for kjenslene. 49 s. (HiT-skrift 6/2005)

Else Marie Halvorsen: Forskning gjennom skapende arbeid? 61 s. (HiT-skrift 5/2005)

Synne Kleiven: Overvåking av Prestevju rensesepark. Sluttrapport 2002-2004. 15 s., vedlegg. (HiT-skrift 4/2005)

Anne Aasmundsen, Per Isaksen og Ragnar Prestholdt: Reiselivsundersøking i Setesdal 2004. 48 s. (HiT-skrift 3/2005)

Bjørn Egeland, Norvald Fimreite and Olav Rosef: Liver element profiles of red deer with special reference to copper, and biological implications. 32 s. (HiT Publication 2/2005)

Arne Lande, Kjell Lande og Torstein Lauvdal (2005): Fiskeundersøking i 4 kalka vatn på Gråhei, Bygland kommune, Aust-Agder. 22 s. (HiT-skrift 1/2005)

Oddvar Hollup (2004): Educational policies, reforms and the role of teachers unions in Mauritius. 37 s. (HiT Publication 8/2004)

Bjørn Kristoffersen (2004): Introduksjon til databaseprogrammering med Java. 33 s. (HiT-skrift7/2004)

Inger M. Oellingrath (2004): Kosthold, kroppslig selvbilde og spiseproblemer blant ungdom i Porsgrunn. 45 s. (HiT-skrift 6/2004)

Svein Roald Moen (2004): Knud Lyne Rahbeks Dansk Læsebog og Exempelsamling til de forandrede lærde Skolers Brug. 491 s. (HiT-skrift 5/2004)

Tangen, Jan Ove, red. (2004) Kyststien – tre perspektiver. 27 s. (HiT-skrift 3/2004)

- Jan Ove Tangen** (2004): Idrettsanlegg og anleggsbrukere-tause forventninger og taus kunnskap. 59 s. (HiT-skrift 2/2004)
- Greta Hekneby** (2004): Fonologisk bevissthet og lesing. 43 s. (HiT-skrift 1/2004)
- Ingunn Fjørtoft og Tone Reiten** (2003): Barn og unges relasjoner til natur og friluftsliv. 83 s. (HiT-skrift 10/2003)
- Else Marie Halvorsen** (2003): Teachers' understanding of culture and of transference of culture. 40 s. (HiT-skrift 9/2003)
- P.G. Rathnasiri and Magnar Ottøy** (2003): Oxygen transfer and transport resistance across Silicone tubular membranes. 31 s. (HiT Publication 8/2003)
- Else Marie Halvorsen** (2003): Den estetiske dimensjonen og kunstfeltet - ulike tilnærminger. 17 s. (HiT-skrift 7/2003)
- Else Marie Halvorsen** (2003): Estetisk erfaring. En fenomenologisk tilnærming i Roman Ingardens perspektiv. 12 s. (HiT-skrift 6/2003)
- Steinar Kjosavik** (2003): Fra forming til kunst og håndverk, fagutvikling og skolepolitikk 1974-1997. 48 s. (HiT-skrift 5/2003)
- Olav Solberg, Herleik Baklid, Peter Fjågesund, red.** (2003): Tekst og tradisjon. M. B. Landstad 1802-2002. 106 s. (HiT-skrift 4/2003)
- Ella Melbye** (2003): Hovedfagsoppgaver i forming Notodden 1976-1999. Faglig innhold sett i lys av det å forme. 129 s. 1 CD-rom (HiT-skrift 3/2003)
- Olav Rosef m.fl.** (2003): Escherichia coli-bakterien som alle har –men som noen blir syke av – en oversikt. 22 s. (HiT-skrift 2/2003)
- Olav Rosef m.fl.** (2003) Forekomsten av *E.coli* O157 ("hamburgerbakterien") hos storfe i Telemark og i kjøttdeig fra Trøndelag (2003) 25 s. (HiT-skrift 1/2003)
- Roy Istad** (2002): Oppretting av polygon. 24 s. (HiT-skrift 3/2002)
- Ella Melbye, red.** (2002): Hovedfagsstudium i forming 25 år. 81 s. (HiT-skrift 2/2002)
- Olav Rosef m.fl.**(2001) : Hjorten (*Cervus elaphus atlanticus*) i Telemark. 29 s. (HiT-skrift 1/2001)
- Else Marie Halvorsen** (2000): Kulturforståelse hos lærere i Telemark anno 2000. 51 s. (HiT-skrift 4/2000)
- Norvald Fimreite, Bjarne Nenseter and Bjørn Steen** (2000) : Cadmium concentrations in limed and partly reacidified lakes in Telemark, Norway. 16 s. (HiT-skrift 3/2000)
- Tåle Bjørnvold** (2000) : Minimering av omstillingstider ved produksjon av høvellast. 65 s. (HiT-skrift 2/2000)
- Sunil R. de Silva , ed.** (2000): International Symposium. Reliable Flow of Particulate Solids III Proceedings.11.- 13. August 1999, Porsgrunn, Norway. Vol. 1-2 (HiT-skrift 1/2000)

HiTnotat /HiT Working Paper

- Sidsel Beate Kløverød** (2004) Tap av verdighet i møte med offentlig forvaltning. 135 s. (HiT-notat 2/2004)
- Roy M. Istad** (2004): Tettere studentoppfølging? Undervegsrapport fra et HiT-internt prosjekt. 15 s. (HiT-notat 1/2004)
- Eli Thorbergesen m.fl.** (2003): "Kunnskapens tre har røtter..." Praksisfortellinger fra barnehagen. En FOU-rapport. 42 s. (HiT-notat 5/2003)
- Per Arne Åsheim , ed.** (2003) : Science didactic. Challenges in a period of time with focus on learning processes and new technology. 54 s. (HiT Working Paper 4/2003)
- Roald Kommedal and Rune Bakke** (2003): Modeling Pseudomonas aeruginosa biofilm detachment. 29 s. (HiT Working Paper 3/2003)
- Elisabeth Aase** (2003): Ledelse i undervisningssykehjem. 27 s., vedlegg. (HiT-notat 2/2003)
- Jan Heggenes og Knut H. Røed** (2003): Genetisk undersøkelse av stamfisk av ørret fra Måna, Tinnsjø. 10 s. (HiT-notat 1/2003)
- Erik Halvorsen, red.** (2002): Bruk av Hypermedia og Web-basert informasjon i naturfagundervisningen. Presentasjon og kritisk analyse. 69 s. (HiT-notat 2/2002)
- Harald Klempe** (2002): Overvåking av grunnvannsforurensning fra Revdalen kommunale avfallsfylling, Bø i Telemark. Årsrapport 2000. 24 s. (HiT-notat 1/2002)
- Jan Ove Tangen** (2001): Kompetanse og kompetansebehov i norske golfklubber. 12 s. (HiT-notat 6/2001)
- Øyvind Risa** (2001): Evaluering av Musikk 1. 5 vektall. Desember 2000. Høgskolen i Telemark, Allmennlærerutdanninga på Notodden. 39 s. (HiT-notat 5/2001)
- Harald Klempe** (2001): Overvåking av grunnvannsforurensning fra Revdalen kommunale avfallsfylling, Bø i Telemark. Årsrapport 1999. 22. s. (HiT-notat 4/2001)
- Harald Klempe** (2001): Overvåking av grunnvannsforurensning fra Revdalen kommunale avfallsfylling, Bø i Telemark. Årsrapport 1998. 22 s. (HiT-notat 3/2001)
- Sigrun Hvalvik** (2001): Tolking av historisk tekst – et hermeneutisk perspektiv. Et vitenskapsteoretisk essay. 28 s. (HiT-notat 2/2001)
- Sigrun Hvalvik** (2001): Georg Henrik von Wright. Explanation of the human action : an analysis of von Wright's assumptions form the perspective of theory development in nursing history. 27 s. (HiT-notat 1/2001)
- Arne Lande og Ralph Stålberg, red.** (2000): Bruken av Hardangervidda – ressurser, potensiale, konflikter. Bø i Telemark 8.-9. april 1999. Seminarrapport. 57 s. (HiT-notat 3/2000)
- Nils Per Hovland** (2000): Studentar i oppdrag : ein rapport som oppsummerer utført arbeid og røynsler frå prosjektet "Nyskaping som samarbeidsprosess mellom SMB og HiT", 1998-2000. 24 s. (HiT-notat 2/2000)
- Jan Heggenes** (2000): Undersøkelser av gyteplasser til ørret i Tinnelvas utløp fra Tinnsjø (Tinnoset), Notodden i Telemark, 1998. 7 s. (HiT-notat 1/2000)

HiT-skrift og HiT-notat kan bestilles fra Høgskolen i Telemark, kopisenteret i Bø:
e-post: kopi-bo@hit.no
tlf. 35952834
eller på internett: <http://www.hit.no/main/content/view/full/1201>. For priser se web.

HiT Publications and HiT Working Papers can be ordered from the Copy Centre,
Telemark University College, Bø Campus:
email: kopi-bo@hit.no
tel.: +47 35952834
or via the website: <http://www.hit.no/main/content/view/full/1201>. See the website for prices