Høgskolen i Telemark

HiT Skrift
I-2006

Høyoppløselige bilder som grunnlag for overvåking av endringer i fjellvegetasjon

Arne Hjeltnes

HiT skrift nr 1/2006

Høyoppløselige bilder som grunnlag for overvåking av endringer i fjellvegetasjon

Skisse til nytt registreringssystem

Arne Hjeltnes

Avdeling for allmennvitenskapelige fag (Bø)

Høgskolen i Telemark

Porsgrunn 2006

HiT skrift nr 1/2006
SBN 82-7206-261-5 (trykt)
ISBN 82-7206-262-3 (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.

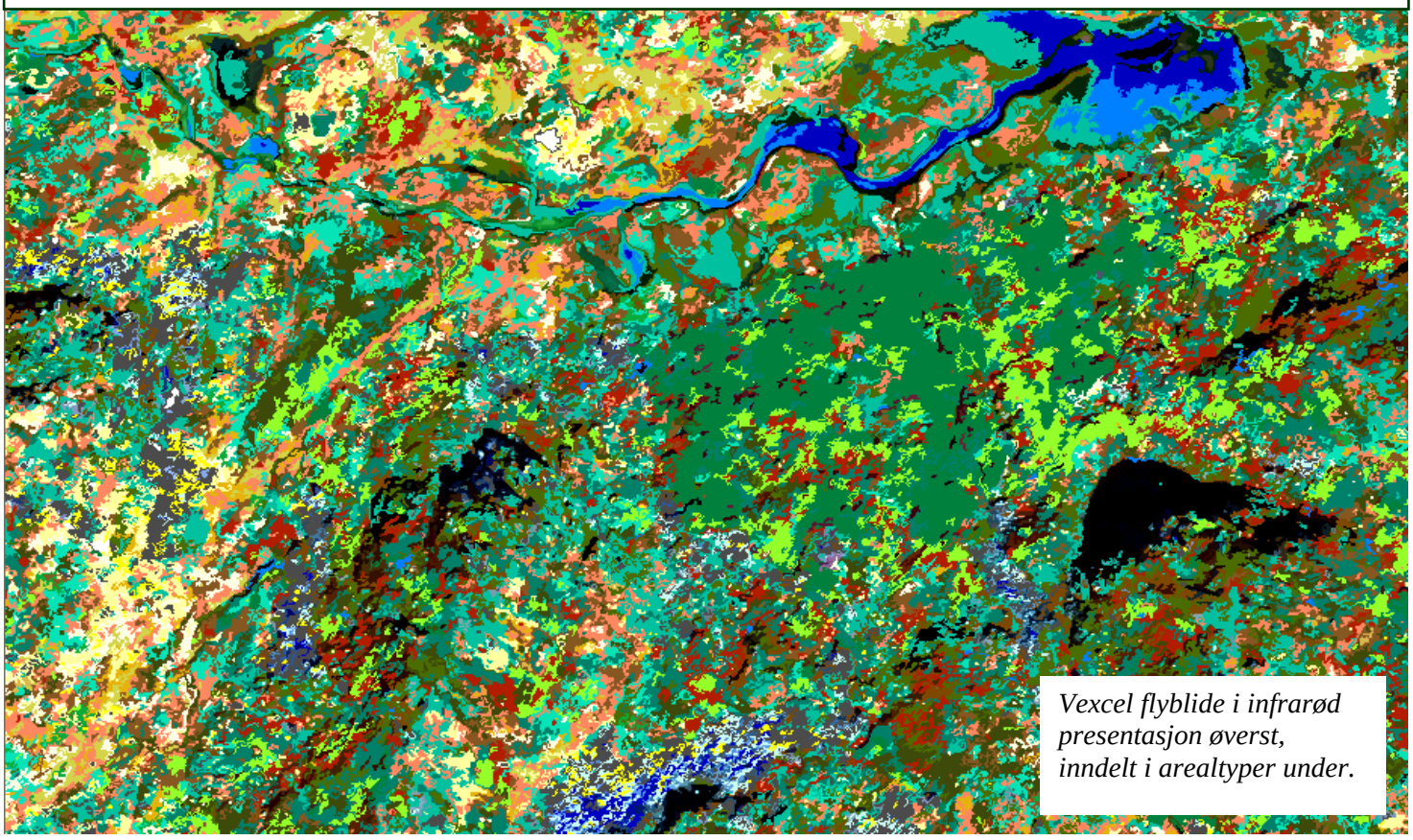


Høyoppløselige bilder

som grunnlag for overvåking av endringer i fjellvegetasjon

Skisse til nytt registreringssystemet

Arne Hjeltnes



Vexcel flyblide i infrarød presentasjon øverst, inndelt i arealtyper under.

Forord

Norsk Romsenter (NRS) og Direktoratet for naturforvaltning (DN) etablerte i 2001 programmet SatNat, et program for å utvikle produkter og produksjonsgang for bruk av satellittdata i ulike oppgaver innen naturforvaltning.

Detaljert overvåking og kartlegging av vegetasjon med bildedata har stått sentralt i programmet. Høgskolen i Telemark i et samarbeid med Høgskolen i Hedmark har utført et arbeid for SatNat-programmet med fokus på hvordan nye digitale flyfoto og høyoppløselige satellittdata kan benyttes i overvåking og kartlegging av fjellvegetasjon etter en objektorientert klassifikasjonsmetode. Dette er en relativt ny tilnærming til maskinell klassifikasjon og en tilnærming som ikke er prøvet i Norge tidligere.

Dersom metoden som er undersøkt i dette prosjektet kan optimaliseres for operativ produksjon vil produkter fra en slik klassifikasjon også danne et meget godt datagrunnlag til trening og validering av mer grovoppløselige satellittdata.

Norheimsund, 2.mars 2006

Leif Kastdalen
Programleder SatNat

Innhold

Sammendrag 4
1 Innledning 7
1.1 Bakgrunn 7
1.2 Mål 8
2 Metode 10
2.1 Objektorientert klassifisering av bilder 10
2.2 Feltregistreringen 11
2.3 Segmentering i eCognition 13
2.4 Klassifikasjon av bildene i eCognition 13
3 Resultater og diskusjon 20
3.1 Tidsforbruk 20
3.2 Feltregistreringen 20
3.3 Klassifikasjon 21
3.4 Definering av arealklassehierarki 27
4 Overvåking av fjellvegetasjon 37
5 Konklusjon 39
6 Skisse til nytt klassifikasjonssystem 41
6.1 Overordnet inndeling: Arealklasse og hovedtype 42
6.2 Dominante art/artsgruppe som har tydelige spektrale karaktertrekk 43
6.3 Fuktighet 44
6.4 Andel impediment - åpenhet 45
6.5 Lav 45
7 Referanser 47

Sammendrag

I denne rapporten oppsummeres erfaringene med bruk av bilder med høy geometrisk oppløsning i SatNat prosjektet. 3 områder på Hardangervidda fotografert med Vexcel flybildekamera og 3 områder i Setesdalsheiene/Sirdal dekket av Ikonos satellittbilde, ble klassifisert høsten 2005. Feltregistreringer foregikk i juli 2005.

De analyserte bildene hadde henholdsvis 0,45 og 1 m geometrisk oppløsning. Analysen av de multispektrale bildene identifiserer objekter innenfor et svært stort fargerom på flere tusen gråtoner i 4 dimensjoner. Bildene er produsert av 4 sensorer som måler reflektert lys fra jordoverflaten (blått, grønt, rødt og infrarødt lys). Derfor finners det mye informasjon i bildene både i høylys og skyggepartier.

Arbeidet har omfattet metodeutvikling innen feltregistrering, styrt objektbasert klassifikasjon av bilder med fokus på spektrale egenskaper og en hierarkisk inndeling av arealtypene. Observasjonene i felt ble stedfestet ved å tegne direkte på papirkopier av flybilder i stereomodell. Der vi manglet detaljerte flybilder ble det i tillegg benyttet håndholdt GPS til stedsangivelse.

Klassifikasjon foregikk i verktøyet eCognition og består av 5 ledd:

a) Segmentering

Bildene segmenteres i et eller flere detaljeringsnivå. Denne prosessen danner objekt som resten av klassifikasjonen er basert på.

b) Klassehierarki

Klassehierarkiet (figur 1.1) lagrer opplysninger om enhetene til det klassifiserte produktet i tillegg til klassifikasjonsparametrene. På det laveste (detaljert) nivået i klassehierarkiet definerer vi arealklasser som lar seg skille på bildet primært ved spektrale kjennetegn. På overordnet nivå finner vi en gruppering av de detaljerte arealtypene.

c) Identifisering av treningsflater som danner grunnlag for klassifikasjon

Treningsflater knytter kunnskap om den virkelige verden til det klassifiserte produktet. Treningsflater er utvalgte segment som kartleggeren kan identifisere på bakgrunn av feltarbeid. Ei våt grasrik myr er eksempel på ei treningsflate på bildet. Hver arealklasse beskrives av mange treningsflater som til sammen omfatter hele variasjonen til arealklassen ute i naturen. En presis identifikasjon av et stort antall treningsflater medfører et omfattende og tidkrevende arbeid. Feltregistreringen har som et sekundært mål å trene opp personen som foretar kontorarbeidet hvor bildetolking på høyt detaljnivå inngår. Bildetolkingen er aktuell når nye treningsflater skal legges inn eller klassifikasjonen skal kontrolleres.

d) Klassifikasjon og kontroll av treningsflatene

Selve klassifikasjonen kjøres hver gang man ønsker et overblikk over hvordan alle segmentene i bildet grupperes til sine nærmeste treningsflater i det multispektrale rom; eller forblir uklassifisert. Treningsflater som i utgangspunktet representerer en enkelt arealklasse, vil også klassifiseres med hensyn til sitt spektrale naboskapet til andre nærstående arealklasser med en Fuzzy tilnærming. Dette gir god oversikt over og kontroll med klassifikasjonen.

Hver enkelt treningsflate står på ”egne bein” – har sin ”personlige” statistiske kjennetegn. Den bidrar ikke til en felles statistikk som beskriver en arealklasse. Men treningsflata tilhører en eller

flere arealklasse som et selvstendig objekt. Dette anser vi som helt sentralt egenskap for en presis klassifikasjon av heterogen norsk natur.

Høydedatabasen kan med fordel benyttes til klassifikasjonen. På denne måten blir det betydelig mindre sammenblanding av spektralt like arealtyper som vi oppfatter å være forskjellige. For eksempel vil *lynghei* med innslag av stein eller finnskjegg i lavalpin sone og ulike steinrike rabbesamfunn i øvre lavalpin og mellomalpin sone kunne ha svært lik signatur (kjennetegn). Bruk av høydedata i klassifikasjonen medfører at det blir behov for betydelig flere treningsflater i kartleggingsområder med kraftig relieff.

e) *Kontroll av klassifikasjonen*

Kontrollen av klassifikasjonen foregår nå ved en visuell kontrollmetode, på samme måte som kontroll av treningsflatene. Vi har ikke tilstrekkelig med treningsflater til å foreta en statistisk kontroll av klassifikasjonen.

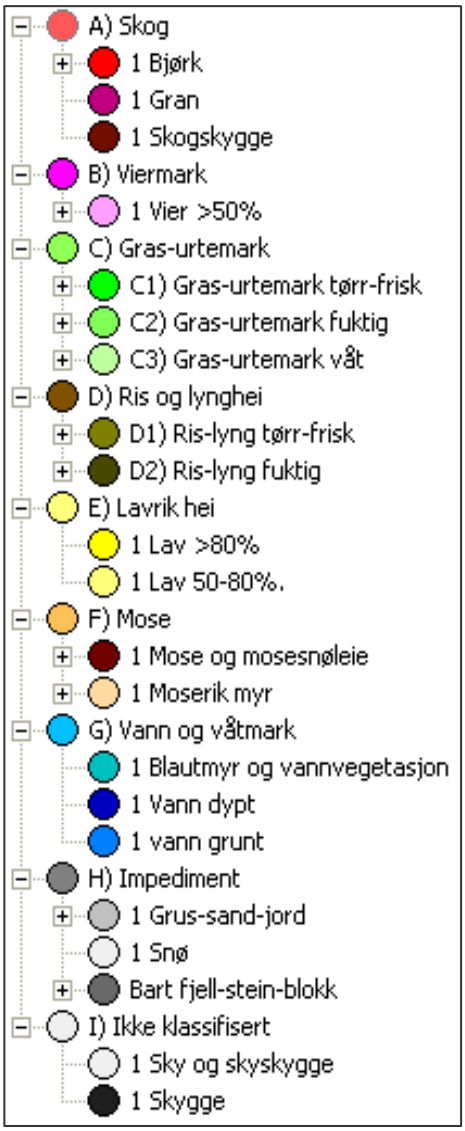
Resultater

Skog er spesielt utfordrende når det gjelder å identifisere gode treningsflater for arealklassene. Det er en myriade av ulike signaturer som skyldes variasjon i skyggevirkningen sammen med de mange sjiktene og tetthetsvariasjonen i skogvegetasjonen.

Detaljert klassifikasjon av egenskaper ved arealet som endrer seg kontinuerlig over tid er utfordrende. Dette er tilfelle hvis det er kritisk avstand i tid mellom fotograferingstidspunktet og feltregistreringen. Eksempel: Fuktighetsforholdene på bakken er direkte berørt av været, som endrer seg fra en dag til en annen. Derfor vil feltregistreringen kun være veiledende for klassifikasjonen. Tilsvarende vil menneskeskapte areal som alpinbakker og hogstfelt i en tidelig suksesjonsfase endre seg raskt over uker og måneder. Feltregistrering på en annen sesong enn fotograferingstidspunktet kan altså gi store problem ved tolking av bildene på kontoret.

Klassifikasjonen på Vexcel flybildene møtte en del problem på grunn ujevn kontrast og fargemetning i bildet som særlig skyldes vidvinkelopptak fra fly. Referanse-område 04 ble ikke klassifisert ferdig av denne grunn.

Ikonos satellittbilden fungerte godt med en *Nærmeste nabo klassifikasjon* med en Fuzzy tilnærming. Georeferering av feltobservasjonene ved hjelp av håndholdt GPS og sv. hvite flybilder i målestokk 1:40 000 var alt for upresist for å gjenfinne detaljer i satellittbildet. Men takket være gode radiometriske egenskaper i satellittbildet som støtte for bildetolkingen, oppleves klassifikasjonen likevel som ganske vellykket. 1 m geometrisk oppløsning på satellittbildet gir en



Figur 1.1 Klassehierarkiet. Hovedinndelingen

tilfredsstillende generalisering av den heterogene norske fjellnaturen med tanke på maskinell klassifikasjon.

Klassehierarkiet (figur 1.1) er benyttet både til *Vexcel* flybilder med 0.4 m geometrisk oppløsning og *IKONOS* satellittbilder med 1 m geometrisk oppløsning. Dette fordi de gode spektrale egenskapene i bildet har større betydning enn geometrisk oppløsning når nærstående arealklasser skal identifiseres. Dominante arter og artsgrupper som kan skilles spektralt fra annen vegetasjon, fuktighetsforhold og andel impediment er variabler som legger premissene for hvilke arealtyper som kan identifiseres maskinelt på bildene.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

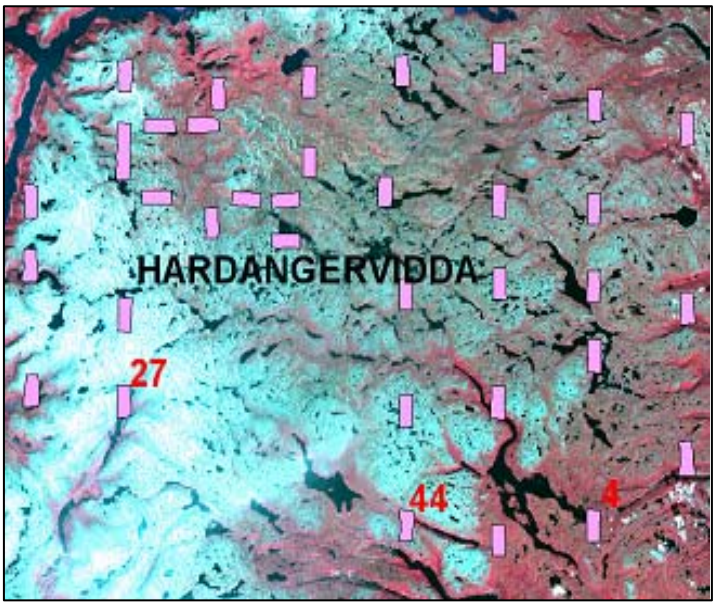
Det er et økende krav til å framskaffe enhetlige data over våre naturressurser. De store områdene som skal kartlegges og overvåkes, forsterker behovet for å benytte satellittdata. Norsk Romsenter (NRS) har et samarbeid med Direktoratet for naturforvaltning (DN) innen SatNat-programmet som startet i 2001. Programmet skal utvikle metodikk for rutinemessige bruk av satellittdata innen ulike bruksområder knyttet til bruk og vern av biologisk mangfold.

Denne rapport oppsummeres erfaringene med bruk av bilder med høy geometrisk oppløsning i SatNat-prosjektet utført av Arne Hjeltnes ved Høgskolen i Telemark. Arbeidet er en videreføring av arbeidet til Erlend Lorenzen ved Høgskolen i Hedmark, som avsluttet sitt arbeidet våren 2005. Mine erfaringer baserer seg på to ukers feltregistrering av bildene i juli-august 2005 i 6 referanse-områder og deretter analyser i det objektbaserte bildeprogrammet eCognition i september til desember 2005. Vurderingene og konklusjonene i denne rapporten er sterkt farget av min erfaringsbakgrunn fra 25 år med feltbasert kartlegging og overvåking av vegetasjon, landbrukets produksjonsgrunnlag og kulturlandskap i Norge.

1.1.1 Områdeavgrensing og datagrunnlag

Dette prosjektet er gjennomført med bildedata fra studieområder på Hardangervidda og i Setesdal-Ryfylkeheiene. På Hardangervidda er det benyttet flyfoto og i Setesdal-Ryfylkeheiene satellittbilder.

Figur 1.1 viser 35 referanseområder på Hardangervidda, hver på 2 x 3 km^2 størrelse, som ble flyfotografert den 10. august i 2004 av Terratec AS med Vexcel Ultra Scan, et multispektralt digitalt kamera for flyfotografering. Referanseområdene er markert med rosa farge på figuren. Mitt arbeid er konsentrert til referanseområde 4, 27 og 44 i utkanten av Hardangervidda. Område 4 ligger ved østenden av Møsvatn i Vinje kommune, område 27 i nordenden av Valldalsvatnet ved Røldal og område 44 i vestenden av Bitdalsvannet i Vinje kommune.



Figur 1.1. Referanseområder på Hardangervidda. Bildedekning: Vexcel flybilder. Område 27, 44 og 4 ble besøkt i juli 2005.

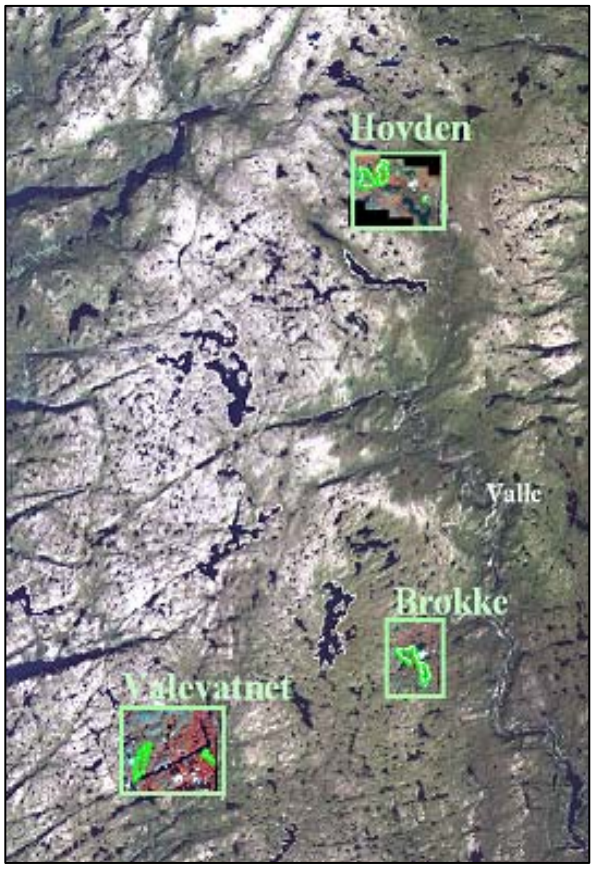
Vexcel Ultra Scan måler reflektert lys i 4 multispektrale kanaler og en pankromatisk kanal. Den multi-spektrale sensoren registrerer både blått, grønt, rødt i den synlige delen av spekteret og nærinfrarødt. Det kan dermed lages et utall bildevarianter for visuell presentasjon – svart hvitt, naturlige farger og falske farger hvor infrarød kanal inngår. Vexcel Ultra Cam gir bildedata med 16-bits

informasjon. Denne store fargedybden sammen med 4 kanaler gir mange muligheter for framheving av deler av informasjonen i bildet. Bildet ble georektifisert til et ortofoto med pikseloppløsning på hele 15 x 15 cm og med en nøyaktighet på 1 meter eller bedre. Før georektifiseringen ble det foretatt en sammensmelting av de fire multispektrale bildekanalene med den høyere oppløselige pankromatiske kanal til et 4 kanal multispektralt bilde. Dette teknikken er kalt "*PAN-skarping*".

Grønne rammer på figur 1.2 viser deler av tre områder i Setesdalsheiene og Sirdal som ble fotografert fra IKONOS satellitten de siste dagene i juli 2004. De grønne punktene viser feltkontrollerte areal.

Ikonos satellittbildet består av de samme 5 kanalene som Vexcel bildet. Vi har foretatt en "*PAN-skarping*" til et 4 kanal multispektralt bilde (Blått, grønt, rødt og nærinfrarødt lys) med 1 meter geometrisk oppløsning. Til støtte for feltregistreringen har vi benyttet gamle svart hvite flybilder i målestokk 1:40 000 i stereo-modell. Bildene er fotografert i tidsrommet fra 1987 til 1982.

Både Vexcel flybildet og Ikonos satellittbildet har et svært stort fargerom. Eksempelvis finner vi hele 3882 ulike gråtoner i infrarød kanal til Ikonos bildet fra Brokke. Ved maskinell klassifikasjon er vi altså i stand til å karakterisere objekter på bildene innenfor et svært stort firedimensjonalt fargerom på flere tusen gråtoner i hver dimensjon! Det er av denne grunn svært mye informasjon både i skygge- og høylysområder i bildene. Scanna (digitaliserte) analoge flybilder har gjerne dårligere radiometroisk kvalitet (et fåtall fargetoner) sammenlignet med de digitale sensorene.



Figur 1.2 Referanseområder i Setesdalen-Sirdal. Bildedekning: Ikonos satellittbilde og sv.hv. flyfoto.

Det er i tillegg benyttet høydedata fra terrengmodell. Terrengmodellen representerer et heldekkende analysegrunnlag for klassifikasjon av bildene. I områdene med Ikonos dekning benyttes grove høydedata fra N50 med 20 m oppløsning i vertikalplanet. I områder med Vexcel bilder ble mer nøyaktige høydedata avledet fra bildene under ortofotoprosessen.

1.2 Mål

Prosjektets hovedmål var å

- utprøve detaljert kartlegging av fjellvegetasjon og overvåking av vegetasjonsendringer ved en maskinell objektorientert klassifikasjonsmetode. Det benyttes høyoppløselige digitale 4

kanals bildedata.

Videre hadde prosjektet som delmål å:

- undersøke om den objektorienterte klassifikasjonen på høyoppløselige bildedata kan gjøres med en tematisk og romlig detaljeringsgrad slik at den også er egnet som metode for å etablere referansedata til bruk i styrt pikselbasert klassifikasjon av satellittdata med romlig oppløsning i området 5-30 meter
- starte etablering av en hierarkisk klasseinndeling for vegetasjon som tar utgangspunkt i de spektrale kjennetegn og ikke platesosiologiske kriterier

Utviklingsarbeidet har skjedd ved kartleggingen av vegetasjonen på referanseflater dekket av flybilder og satellittbilder med høy geometrisk oppløsning.

Arbeidet har omfattet metodeutvikling innen feltregistrering, styrt klassifikasjon av bilder med fokus på spektrale egenskaper og inndeling av arealtyper med en hierarkisk inndeling med vekt på spektrale kjennetegn. Parallelt med dette arbeidet ble det bygd opp kompetanse på ny objektbasert analysemetodikk i verktøyet eCognition. I desember 2005 deltok jeg på et videregående kurs over to dager i dette verktøyet.

2 Metode

Valg av geografisk oppløsning – bildekvalitet

Vi har prøvd ulike geometriske oppløsninger på bildene som ble klassifisert. Vexcelbildene har i utgangspunktet 15 cm oppløsning levert fra produsenten Terreatec AS. Dette gir svært store bildefiler og av den grunn et svært begrenset område som kan klassifiseres i en omgang. Dette er tidsmessig og økonomisk ugunstig. Det var et mål å kunne håndtere et stort arbeidsområde i programmet eCognition slik at den totale variasjonen innenfor referanseområdet kunne evalueres under klassifikasjonen. Vexcelbildene ble derfor resamplet til 0.45 m oppløsning. Ikonos bildene hadde en oppløsning på 1 m, som ble benyttet.

Konklusjon så langt er at både 0.15 m, 0.45 m og 1m oppløsning fungerer bra ved maskinell klassifikasjon. Bilder med 0.45 m og ikke minst 1 m geometrisk oppløsning gir en forsiktig generalisering av den komplekse naturen uten at viktige detaljer blir visket ut. Dette er for eksempel busker, flekker med lav og åpninger i kronedekket i skog. Informasjonsmengden i bildene oppleves å være enormt stor, først og fremst på grunn av det store fargerommet i bildene. Informasjonen i Vexcelbildene virker nærmest overveldende når ambisjonen er en detaljert klassifikasjon. Det kreves stor innsats og konsentrasjon for å kunne utnytte dette store fargerommet ved en detaljert klassifikasjon. IR kanalen gir verdifull tilleggsinformasjon om frodighet, fuktighet og god mulighet til å skille mellom mange arealtyper.

Visuell tolking som støtte for arbeidet med klassifikasjonen, drar imidlertid stor nytte av geometrisk oppløsning på under ½ m, spesielt i 3D. Mange fine detaljer forsterker opplevelse av objektene i landskapet med farge, struktur og form. Vårt øye er ikke like godt til å dra nytte av det store fargerommet i bildene. Da trenger vi mange utgaver av det samme bildet med forskjellig fargekoding og fargestrekking.

2.1 Objektorientert klassifisering av bilder

To metoder kan fremheves etter utviklingsarbeid i SatNat prosjektet.

1. Den ene gjelder bruk av en objektorientert metode for klassifisering av areal på høyoppløselige bildedata (≤ 1m) (Definiens 2004, Vikhamar & Kastdalen 2005).
2. Det andre er bruken av datamineringsmetodikk som beslutningstre og regresjonstre i analyser av bildedata, fortrinnsvis med en grovere oppløsning (10-30 m). Bruken av datamineringsteknikkene er i SatNat-programmet utprøvd både i Østfold (Vikhamar m. fl. 2004), i Sør-Trøndelag (Lieng m. fl. 2006, I trykk) og på Hardangervidda (Kastdalen m. fl. 2006, I trykk).

I denne rapporten har vi prøvd ut den førstnevnte metodikken og verktøyet eCognition fra Definiens Imaging. Dette verktøyet sammen med de nye digitale bildene gir etter vår mening en helt ny dimensjon til maskinelle analyser av bilder.

Klassifikasjonen består av 4 prosesser

1. Feltregistreringen gir referansedata til visuell tolking og maskinell klassifikasjon av bildene
2. Segmentering i eCognition inndeler bildet i mange små objekt som er spektralt homogene. Objektene har egenskaper avledet fra bildene og høydedata.
3. Klassifikasjon i eCognition består av 4 ledd.

- Definering av et klassehierarki med klasseinndeling på ulike generaliseringsnivå
- Identifisering av treningsflater som danner grunnlag for klassifikasjon
- Klassifikasjon og kontroll av treningsflatene
- Kontroll av klassifikasjonen

2.2 Feltregistreringen

Under feltarbeidet ble det oppsøkt og beskrevet små areal i terrenget på ca 40 -200 m^2. De ble klassifisert etter SatNat klassifikasjonssystem (Øien og Hjeltnes, 2003**)** [1] og georeferert ved å tegne direkte på papirkopier av flybilder i stereomodell. I tillegg ble det notert navnet og prosentfordeling på de dominerende artene og andre sentrale egenskaper ved arealet i feltjournalen. Denne metodikken er beskrevet mer i detalj i neste kapittel.

Feltregistreringene må innsamles på tilsvarende detaljeringsnivå som segmenteringen av bildene. Dette tilsvarer den fineste inndelingen av objekt som blir gjenstand for klassifikasjon. Altså vil høy detaljering i klassifikasjonen medføre tilsvarende høy detaljering under feltarbeidet og arbeidet på kontoret – og dermed høye arbeidskostnader

Målet med feltregistreringen var å oppsøke alle høydelag og eksposisjoner med feltobservasjoner for å kunne observere alle viktige utforminger av arealtypene. Innenfor fire ulike vegetasjonssoner ble flest mulig eksposisjoner oppsøkt, med hovedfokus på NØ og SV hellinger.

1. Subalpin sone
2. Lavalpin, nedre halvdel
3. Lavalpin, øvre halvdel
4. Mellomalpin
5. (Høyalpin forekommer ikke i referanseområdene)

Legg merke til at metodikken for feltregistreringen avviker fra opplegget i SatNat hvor det legges ut rette transekter i enten nord-sydlig eller øst-vestlig retning. Etter faste avstander foretas det observasjoner av arealtype ved hjelp av GPS, foto og feltjournal.

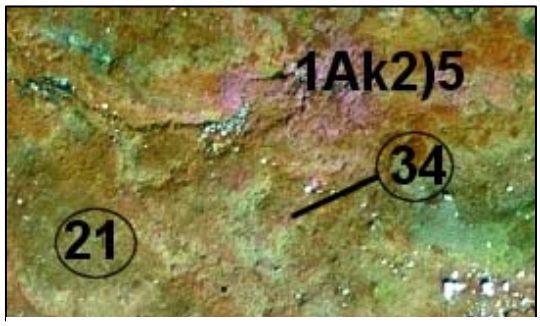
[1] SatNat klassifikasjonssystem er foreslått endret noe i kapittel 6

2.2.1 Observasjonsflater i felten

På Hardangervidda hadde vi tilgang til detaljerte flybilder fra Vexcel kameraet (Se figur 1.1). Bildene ble plottet ut på A4 ark i på blekkskriver og laserprinter i målestokk ca 1:6-8 000 [2], og observert under stereobetraktning i felt. Bildemålestokken var kanskje i minste laget, men ga god oversikt og innsikt i de økologiske faktorene som har betydning for fordelingen av vegetasjonen. I forhold til et filmbasert medium var bildeoverflaten vanskelig å tegne på, slik figur 2.2 viser.

I de tre områdene med dekning av IKONOS satellittbilde (se figur 1.2), benyttet vi svart hvit flybilder i målestokk 1:40 000 kopiert på fotopapir av fotofirmaet. Målestokken var alt for liten til nøyaktig geografisk plassering av observasjonene. Innsikt i mikrorelieffen på bakken som gir svært mye tilleggsinformasjon om potensiell arealtype, var av samme grunn vanskelig tilgjengelig. I tillegg ble det benyttet håndholdt GPS uten differensiel korrigering, men med gjennomsnittsmåling. Begge disse stedfestingsmetodene medførte altså stor unøyaktighet. Feltregistreringen var kun egnet til å lokalisere arealtypene til nærmeste 10-20 m. Men siden satellittbildene hadde jevn kontrast og fargemetning lot arealtypene seg identifisere med overraskende stor grad av sikkerhet ved tolking på satellittbildet på skjerm og sv.hv. flybilder i steromodell. Her er det et stort forbedringspotensial ved å arbeide på forstørrelser av flybildene. Dette gir mer nøyaktig geografisk referanse og mer plass til feltnotater. Samtidig er fotopapiret godt å tegne på med tynn tusjpenn, slik figur 2.1 viser. Bildene tåler godt gråværsdager i felten.

SatNat-kodene ble notert direkte på flybildene med 0,18 mm tykk tusjpenn. Se 3 eksempel på figur 2.1. Det ble registrert ca 200 punkt på Vexcel bildene for ett langt dagsverk. Der det var behov for kommentarer, ble disse notert i notatbok med referanse på bildet. Kommentarene i feltjournalen dokumenterer flere opplysninger enn det som kan komprimeres i SatNat-koden og gir verdifull dokumentasjon av mikrovariasjonen for 1 – 4 arealtyper eller dominerende arter på det lille observasjonsarealet. Notatene kompenserte også for manglende detaljrikdom i feltbildene. Det ble samlet inn tilleggsopplysninger for ca 30 punkt om dagen. Notatene omfatter opplysninger om dominerende arter i de ulike arealtyper, fuktighet og annet som ble ansett for å ha betydning for å kunne forstå bakgrunnen for signaturen på bildet under etterarbeidet inne på kontoret.



Figur 2.1Nøyaktig stedfesting av feltobservasjoner

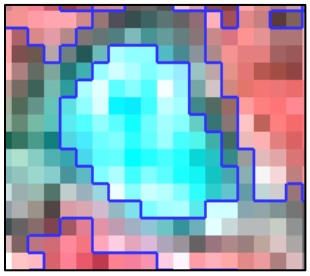
Observasjonsarealet (et lite areal i ute i terrenget), dekkes av de to første tegnene i SatNat-koden inntegnet på bildet i stereobetraktning med 2.5 x forstørrelse. Se eksempelet på figur 2.2: ”*1A*”. Dette gir stor nøyaktighet i stedsangivelsen. Referansepunktet til merknadene i notatboka representerer tilsvarende av de to første tallene, i eksempelet ”*21*”. På denne måten kan arealet som beskrives varieres fritt ved å benytte stor eller liten skrift. 1,5 x 1,5 mm på bildet er den vanligste brukte størrelsen på registreringsarealet. Det minste arealet som kan beskrives på denne måten er litt mindre enn 1 x 1 mm. Dette representerer ca 6 x 6 m på bakken. Det tredje eksempelet i figur 2.2 - punktet 34 - viser hvordan små detaljer på bildet kan påvises ved å trekke en strek fra koden til punktet. På denne måten kan mauertuer, døde trær, einerbusker, små striper og lignende enkeltobjekt identifiseres med stor geografisk nøyaktighet. Inne på kontoret er det enkelt å finne de samme detaljene igjen på ortofotoet på PC-skjermen. Ortofotoet er som tidligere nevnt georeferert med 1 m nøyaktighet.

[2] Beregning av bildemålestokk. En bil ble målt til ca 0.7 mm på bildet. Det forutsettes at den er ca 4.5 m lang

Foto av observasjonsarealet er mindre interessant, siden bildet må tolkes. Noen parameter er vanskelige å dokumentere på fotoet, for eksempel fuktighet som endres kontinuerlig med værforholdene. Notatboka oppfattes som raskere i bruk på kontoret enn å slå opp i bildedatabaser og tolke foto. GPS ble ikke benyttet sammen med Vexel-bildene da den oppfattes å være mindre nøyaktig enn inntegning direkte på detaljer i bildet i stereobetraktning. I større homogene skogområder kan det være formålstjenelig å benytte GPS, siden det kan vare arbeidsomt å navigere til et bestemt sted på bildet med tilstrekkelig nøyaktighet. Andre erfaringer i SatNat prosjektet tilsier at håndholdt GPS med differensielle korrigeringsdata (EGNOS) og bruk av gjennomsnittsmåling gir meget bra presisjon på det innmålte observasjonspunktet..

2.3 Segmentering i eCognition

Segmentering i eCognition inndeler bildet i mange små objekt. Bildet blir delt opp i et svært stort antall segmenter av valgfri størrelse. Det velges en ”passelig” oppløsning av segmentene slik at de beskriver den fine variasjonen av arealtyper i landskapet gjengitt på bildene. Et enkelt segment bør altså være mest mulig homogent med tanke på spektral variasjon i bildet og den detaljering som ønskes. Her kreves det faglig skjønn og erfaring. Figur 2.2 viser et enkelt segment (objekt) som omfatter blå og hvite fargenyanser i en bestemt fargestrekking av bildet.. Segmentene varierer i størrelse fra ca 20 - 80 m^2. Noen er ned mot en opp til flere hundre kvadratmeter store. Senere an det være aktuelt å segmentere på et grovere nivå med ulike metoder, for å forsøke å fange opp større objekt som skogholt og kulturlandskapsområder.



Figur 2.2 Inndeling av bildet i segmenter.

Segment er geografiske objekt med egenskaper som representerer mye informasjon fra bildet. Først og fremst er dette spektral statistikk fra de bildeelementene som ga opphav til segmentet. I tillegg genereres det mye geometrisk informasjon om segmentets form og struktur og opplysninger om segmentenes tilhørighet til arealklassene i et klassehierarki. Under analysen benytter vi mye av denne informasjon i tillegg til opplysninger fra digitale kart.

2.4 Klassifikasjon av bildene i eCognition

Når et objekt/segment skal tilordnes en arealklasse benyttes to metoder for styrt klassifikasjon:

1. Nærmeste nabo klassifikasjon med en fuzzy avgrensing (*Fuzzy Classification*)
2. Klassifikasjon basert på relasjonene til andre klassifiserte objekt (*Classification with Class-Related Features*)

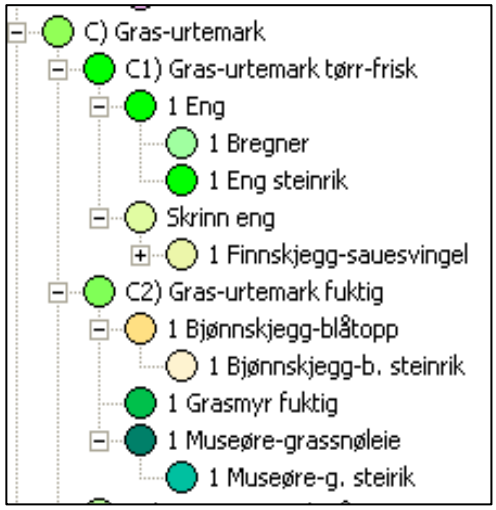
Spesielt vil vi framheve den første metoden som klassifiserer objektene etter en *Nærmeste nabo klassifikasjon*. Denne objektbasert tilnærming er svært godt tilpasset den tankegangen som ligger bak tradisjonell feltbasert vegetasjonskartlegging. Den medfører en grenseoppgang ute i terrenget mellom alle utforminger av enhetene i klassifikasjonssystemet. Denne grenseoppgangen er så kompleks at den ikke er nedfelt i kartleggingsinstruksen, men overlatt til kartleggeren. Det må isteden etableres en felles forståelse mellom de personene som foretar kartlegging for å oppnå en hensiktsmessig generalisering, (Rekdal og Larsson 2005).

Vi har foreløpig benyttet lite ressurser på å utforske klassifikasjon basert på relasjonene til andre klassifiserte objekt (*Classification with Class-Related Features*). Her ligger det muligheter til for eksempel å aggregere skogareal til heterogene objekt (trekrone + skogskygge + bunnvegetasjon) og avgrensing av kulturpåvirket mark.

2.4.1 Definering av arealklassehierarki

Ved de tradisjonelle manuelle metodene er det mulig å inndele arealtyper i tema (klasser) basert på plantesosiologiske kriterier, som igjen baserer seg på at visse karakterarter er observert i felt. Når automatiske metoder brukes på bildedata vil dette ikke være mulig i samme grad. Da vil en faktor som dominerende plantetype (gras, mose, lyng, kratt, løvtre etc.) kunne danne overordnede klassenivå, og med faktorer som fuktighet og graden av stein/sand/grus som deler hovdegruppen opp i undergrupper. Ved endringer forårsaket av for eksempel gjengroing og beiteslitasje vil disse parameterne endre seg og dermed bli mulig å fange opp av maskinelle metoder.

Klassehierarkiet lagrer opplysninger om enhetene til det klassifiserte produktet i tillegg til klassifikasjons-parametrene. På det laveste (detaljert) nivået i klasse-hierarkiet definerer vi arealklasser som lar seg skille på bildet primært ved spektrale kjennetegn. På over-ordnet nivå finner vi en gruppering av de detaljerte arealtypene. Bregner er eksempel på en arealklasse på detaljert nivå, vist i høyre del av figur 2.3. Den tilhører en gruppe arealer som er kalt *Eng*. *Gras og urtemark* danner et overordnet nivå som igjen er inndelt i tørre-friske, fuktige og våte utforminger. Dette er en økologisk gradient som lett lar seg identifisere på de multispektrale bildene. Andel impediment gir også sterkt bidrag til spektralsignaturen til arealene og kan gjenfinnes i klassehierarkiet som undergrupper under fuktighetsgradienten. Vi kan i andre sammenhenger la impedimentgradienten danne det overordnede nivået. Oppdragsgivers behov vil kunne styre grupperingen av de detaljerte enhetene i et gruppehierarki. Her er det stor fleksibilitet, bare de detaljerte enhetene lar seg skille fra hverandre på bildet.



Figur 2.3 Utsnitt av klasse-hierarkiet

Arbeid innenfor det enkelte referanseområde medfører gjerne at nye arealklasser blir tilført klassehierarkiet på det laveste nivå. Klassifikasjon av arealtyper ved hjelp segmenteringsmetoder på grovere nivå eller ved bruk av klasserelaterte egenskaper vil bidra til nye enheter i klassehierarkiet på det overordnede nivå. Eksempel er en skogtype som består av objekt ene solbelyst krone, skygge og halvskygge og bunnvegetasjon. Her er vi inne i en prosess som ikke er sluttført.

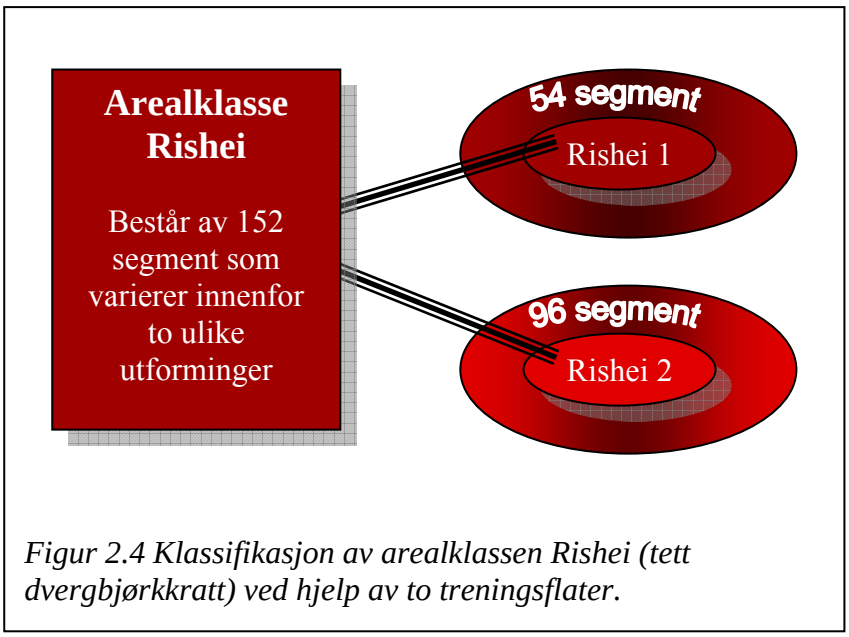
2.4.2 Identifisering av treningsflater

eCognition benytter såkalte treningsflater for å knytte kunnskap om den virkelige verden til det klassifiserte produktet. Treningsflater er utvalgte segment som kartleggeren kan identifisere på bakgrunn av feltarbeid. Hver arealklasse beskrives av mange treningsflater som til sammen omfatter hele variasjonen til arealklassen. Under klassifikasjonen vil hver enkelt treningsflate

tilordne andre segment til den arealklassen treningsflatene representerer. Dette naboskapet representeres ikke av geografisk nærhet, men beskrives av de klassifikasjonsparametrene som utgjør egenskaper til segmentet i en *Nærmeste nabo klassifikasjon*.

Hver enkelt treningsflate står på "egne bein" – har sine "personlige" statistiske kjennetegn. Den bidrar ikke til en felles statistikk som beskriver en arealklasse. Men den tilhører en eller flere arealklasse som et selvstendig objekt. Dette anser vi som helt sentralt egenskap for en presis klassifikasjon av heterogen norsk natur. Under feltbasert tradisjonell vegetasjonskartlegging opplever man at arealtypene glir over i hverandre langs et utall gradienter og ikke avgrenset til "bokser", slik klassifikasjonssystemet gir uttrykk for. Eksempelvis vil dette være økologiske gradienter som jordfuktighet, jorddybde, eksposisjon, høyde over havet, avstand fra kysten osv.

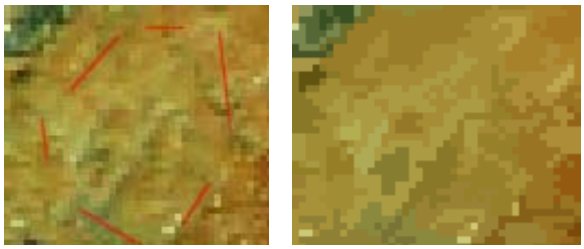
Figuren 2.4 viser at 2 treningsflater (segment) representerer ulike utforminger av dvergbjørkrike areal. Treningsflatene er kalt "*Rishei*", nummerert med 1 og 2. De har typisk ulike fargenyanser på bildet – illustrert i rødbrun farge for treningsflate 1 og rød farge for treningsflate 2. Disse 2 segmentene knytter til sammen 150 andre segment til arealklassen *Rishei* under klassifikasjonen. Fargegradientene i rødbrunt eller rødt på ellipsen rundt treningsflaten illustrerer at segmentene i arealklassen *Rishei* varierer innenfor hver sin utforming. Vi velger å benytte strenge klassifikasjonskriterier slik at bare de aller "nærmeste" segmentene lar seg klassifisere/ tilordne til sin arealklasse. Dette er illustrert ved at ellipsene, som representerer 150 segment, beskriver en smal bord rundt treningsflaten. Dermed trenger vi mange treningsflater for å beskrive alle de gradientene som en enkelt arealtype blir påvirket av. For rishei kan det være aktuelt å benytte ca 15-30 treningsflater



Figur 2.4 Klassifikasjon av arealklassen Rishei (tett dvergbjørkkratt) ved hjelp av to treningsflater.

Identifisere treningsflater i bilder med høy detaljrikdom

Gode feltdata er en forutsetning for valg av representative segmenter (treningsflater) til klassifikasjonen. Vexcelbildene som ble tatt med i felt ga lite innsikt i variasjonen innenfor et lite registreringsareal på ca 10 x 10 m, selv om bildemålestokken var ca 1: 7 000. Den myra som er illustrert i figur 2.5, ble observert som et uniformt objekt på feltbildene. Relevante tilleggsnotater med gode dokumentasjon av feltobservasjoner er altså vesentlig for sikkert utvalg av "riktig" segment på ortofotoet på PC-skjermen inne på kontoret. Dette



Figur 2.5 Bildeutsnittene viser pikselverdier(fargnyanser i bildet) til venstre og de tilsvarende segment i til høyre.

sammen med fototolking i stereo og mono gir nødvendig innsikt i variasjonen i terrenget.

Eksempelet i figur 2.5 viser ei myr i fjellet med en største utstrekning på ca 15 m. Den er markert med røde markeringslinjer. Figurene viser de utfordringene vi står ovenfor når vi skal velge en eller flere små treningsflater (segment) for å representere et geografisk objekt av en bestemt utforming. Lyse gulgrønne farger representerer moserike deler, mørkere grønn er våte parti med grasmyr, lyse grønn farge representerer fuktig grasmyr og rødbrune farger representerer lyngdominans. Stein med og uten lav som hvitgule flekker.

2.4.3 Klassifikasjon og kontroll av treningsflater

Selve klassifikasjonen kjøres hver gang man ønsker et overblikk over hvordan alle segmentene i bildet grupperes til sine nærmeste treningsflater i det multispektrale rom; eller forblir uklassifisert.

Under den maskinelle klassifikasjonen i verktøyet eCognition, forholder vi oss til de samme glidende overgangene mellom arealklassene som oppleves under en manuell feltbasert kartlegging. Når det velges ut treningsflater i eCognition, gir systemet tilbakemeldinger om hvordan kandidaten (et objekt) forholder seg til de eksisterende treningsflatene. Dette skjer ved en *Nærmeste nabo klassifikasjon* med en *Fuzzy* tilnærming. Hvis kandidaten er identisk med en eksisterende treningsflate som tilhører klassen, gis den tilhørighetsverdi på 1. Er den helt forskjellig fra alle eksisterende treningsflater i klassen tildeles den verdien 0. Vi ønsker at alle treningsflater skal ha en høy tilhørighet til sin klasse, helst over 0.94. Dette gir oss god kontroll med ikke klassifiserte areal for etterfylling av nye treningsflater i "hullene" i det spektrale rom.

Class	Membership
1 Lynghei	0.942
1 Bjørk lyng åpen	0.995
1 Lyng fuktig	0.911
1 Bjønnskjegg-blåtopp	0.821
2 Lyngrik myr	0.807
1 Dvergbjørk	0.768
1 Bjørk	0.766
1 Finnskjegg-sauesvingel	0.758
2 Røsslyng	0.740
1 Lynghei/rabb skrinn	0.701
1 Eng	0.689
1 Grasmyr fuktig	0.686

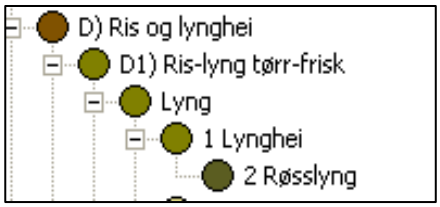
Figur 2.6. Vurdering av en treningsflate (et segment) som potensiell Lynghei

Figur 2.6 viser at en kandidat til *Lynghei* har fått en tilhørighetsverdi på 0.942, som er tilfredsstillende. Man samtidig finnes det flere treningsflater til andre klasser som også ligner på kandidaten. I referanseområdet Brokke, som dette eksempelet er hentet fra, har en treningsflate til *Bjørk lyng åpen* en kritisk høy tilhørighetsverdi til kandidaten (0.995). Hvis vi gjennomfører en klassifikasjon hvor den aktuelle kandidaten til *Lynghei* IKKE defineres som en treningsflate, vil dette området klassifiseres som *Bjørk lyng åpen*. Defineres kandidaten som *Lynghei* vil dette og lignende areal derimot bli klassifisert som *Lynghei*.

Men informasjonsvinduet til eCognition (figur 2.6) gir samtidig beskjed om at klassifikasjonen er på riktig kurs. Disse to arealklassene står nemlig nær hverandre både spektralt og i den virkelige verden. Det må tas en beslutning om kandidaten og treningsflaten til *Bjørk lyng åpen* er plassert for langt ut på gradienten som beskriver innslag av bjørk i fjellheia. *Lyng fuktig* ligger *samtidig* relativt nær kandidaten og forteller at kandidaten er et noe fuktig areal – på fuktighetsgradienten fra tørr til våt.

Dette innebærer altså at en treningsflate som i utgangspunktet representerer en enkelt arealklasse, også klassifiseres med hensyn til sitt spektrale naboskapet til nærstående arealklasser.

Treningsflater som oppfattes som korrekt og typisk for sin utforming blir beholdt, selv om en kritisk konflikt med andre arealklasser ble påvist. Hvis det viser seg at to arealklasser står for nær hverandre i det spektrale rom, løser vi denne konflikten enten ved å slå arealklassene sammen eller foreta en omorganisering av klassehierarkiet. Figur 2.7 viser at *Røsslyng* kan være vanskelig å skille fra typisk *Lynghei* i fjellet. Den er plassert som undergruppe under *Lynghei*. I tillegg har vi lagt til tallet 2 foran klassenavnet som en merkelapp på denne type vanskelige arealklasser. På denne måten åpner vi opp for at *Røsslyng* i andre deler av landet eller på andre bilder lar seg skille fra lynghei dominert av blåbær, blokkebær og krekling.

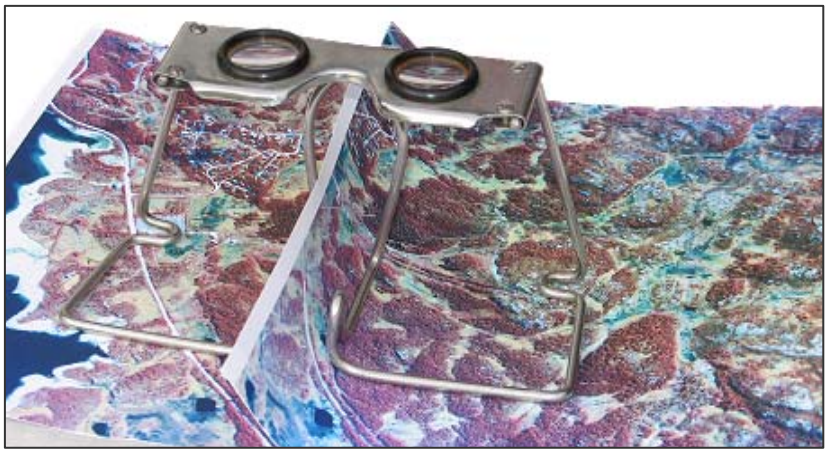


Figur 2.7 Undergrupper i klassehierarkiet.

Bildetolking

Svært detaljert informasjon om lokal mikrotopografi er helt avgjørende for å kunne verifisere om det valgte segmentet faktisk representerer den arealklassen som er beskrevet i feltregistreringen. Kanskje vil et segment 10 meter til høyre være et bedre valg. Flybilder i stereomodell sammen med ortofoto på skjermen gir til sammen verdifull informasjon for å lete opp aktuelle treningsflater. Bildetolking kan også avsløre om et segment er feilaktig klassifisert til en arealklasse. Vi kan lettest foreta disse to operasjonene i de områdene hvor feltregistreringen har foregått og hvor vi har opparbeidet lokal kunnskap om sammenhengen mellom arealtype og spektralsignatur.

Stereoskopisk betraktning av Vexcel flybilder med 15 cm geometrisk oppløsning og med stor fargedybde i det multi-spektrale rom, gir et svært godt inntrykk av farge, struktur, form og mikrorelieff.. Samtidig observasjon i denne 3D modellen og ulike fargestrekkinger av bildet på dataskjermen oppfattes som et optimalt tolkingsmiljø. Da kan vi med stor grad av sikkerhet skille mellom nærstående areal definert i det multispektrale rom og som har ulik lokalisering i mikrotopografien



Figur 2.8 Enkel stereomodell for feltbruk. Den gir svært god kontakt med detaljene i bildet og innsikt i de økologiske forhold som har betydning for fordelingen av areatypene i landskapet..

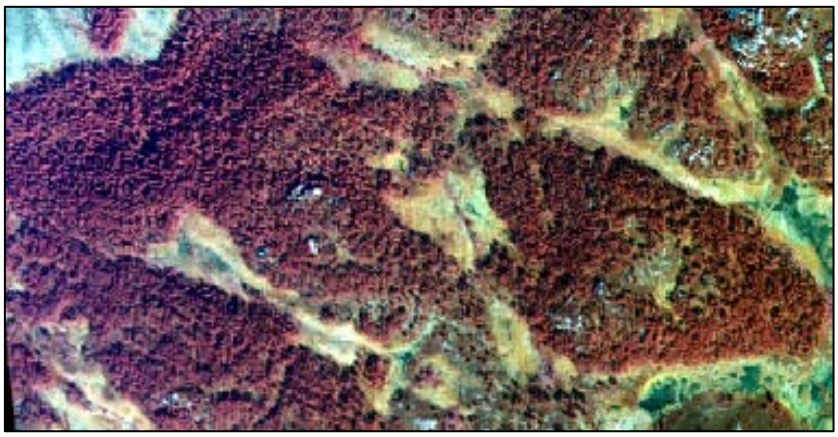
i naturen. Bildene må fargestrekkes slik at de økologiske variablene som bildet gir informasjon om, synliggjøres på en best mulig måte. Eksempel: En steinrik skrinn lyngrabb skilles lett fra et tørt, steinrikt finnskjeggsnøleie i lesiden av rabben.

Svart hvite flybilder i svært liten målestokk (1:40 000) ble benyttet sammen med Ikonos satellittbilder i felt og på kontoret. Vi regner med at stereoskopisk betraktning av denne type bilder i større målestokk (1: 20 000) vil kunne gi tilstrekkelig informasjon om mikrotopografien til nødvendig støtte for tolkingen av signaturen på satellittbildet.

Figur 2.8 viser en enkel steromodell tilbasset feltbruk som ble benyttet til stereoskopisk bildetolking både i felt og på kontoret..

Lysforhold i bildene - satellittbilder kontra flybilder

Den radielle fortegningen i flybildene grunnet kameraets vidvinkel linse, medfører at lysforholdene i bildets ytterkanter er annerledes enn i sentrum. Den bildehalvdelen som vender mot sola er lysene enn den som vender fra. Effekten øker ved større vinkel mellom jordoverflaten og siktelinja fra kamera til bakken. Figur 2.9 gir et inntrykk av denne effekten i bjørkeskog. Store kontraster grunnet overganger mellom land, vatn, snø eller skyer gir også stor endring i eksponeringen. Refleksjon av sol fra vannoverflaten gir i tillegg en uheldig effekt særlig i flybilder.



Figur 2.9 Bjørkeskog med ulik fargetone (rødbrun og blåfiolett farge) innenfor en liten del av et Vexcel flybilde i referanseområde 04.

For satellittbilder er effekten med endrede lysforhold innenfor ett opptak nærmest eliminert. Satellitten skanner bakken kontinuerlig i 400 – 830 km høyde på sin bane fra nordpol til sørpol. I denne høyden blir ikke radiell fortegning eller refleksjon av sollys fra bakken noe merkbart problem. Opptakene gis en konstant eksponering og dermed har bilder tatt under samme passering like fargetoner for like arealtyper. Høyoppløselige satellittbilder tar opptak i striper med bredde 8 – 16,5 km og kan levere bilder fra 64 km² og oppover til et par tusen km² med helt homogen fargetone. Dis og skyer påvirker derimot klassifikasjonen direkte for optiske sensorer.

For visuell tolking er det av mindre betydning at lysforholdene endrer seg innen et bilde og mellom bilder. Vår hjerne kompenserer for dette ved tolkingen og vi forstår at område A og område B er samme arealklasse selv om de på bildet har forskjellig fargetone. Ved stereobetraktning skjer det en fargeutjevning i hjernen mellom de to bildene som betraktes samtidig. I en og samme stereomodell vil høy fargemetning i en bildekant oppveies av samtidig betraktning av mer ”normale” farger på et annet bilde.

Det at fargetonen endrer seg innen bildet som skal klassifiseres, er meget arbeidsomt og derfor kostbart å bygge inn i den automatiske klassifikasjonen. Vi må forsøke å redusere denne effekten mest mulig. For flyfoto kan dette gjøres ved kun å klassifisere det sentrale området av et bilde. Skal større areal klassifiseres, slik at bildet må settes sammen av mange flyopptak, må det foretas en fargeutjevning på bildene. Denne fargeutjevningen bidrar til et bedre visuelt produkt. Men verdiene i bildet blir endret slik at samme arealtype fortsatt oppfattes noe forskjellig i det multispektrale rom. Siden vi ikke kartlegger klart avgrensede arealtyper i naturen, men gradienter av fuktighet, fenologi, innslag av impediment og finmosaikk mellom plantearter, vil dette medføre at klassifiserte arealklasser ”flyter over i hverandre”.

Så langt har vi derfor konkludert med at klassifisering på områder satt sammen av mange flybilder blir mer kostbare og mindre nøyaktig å klassifisere maskinelt enn når vi benytter høyoppløselige satellittbilder. Dette på grunn av for store kontrastvariasjoner både innenfor hvert flybilde og mellom flybilder.

Høydedata

Høydedatabasen kan med fordel benyttes til klassifikasjonen.. På denne måten forhindrer vi at treningsflater som representerer utforminger av arealtyper i en høydesone blir brukt til å klassifisere helt andre arealtyper i andre høydelag. Eksempelvis skiller vi på denne måten bedre mellom lynghei med innslag av stein eller finnskjegg i lavalpin og ulike rabbesamfunn i øvre lavalpin og mellomalpin sone. Ved å trekke høydeverdiene inn i *Nærmeste nabo klassifikasjonen* vil en treningsflate være ”aktiv” innenfor et høydenivå på ca ± 90 m i kombinasjon med multispektrale bilder med stort fargerom. Bruk av høydedata på denne måten medfører naturligvis at det blir behov for betydelig flere treningsflater i kartleggingsområder med kraftig relieff.

2.4.4 Kontroll av klassifikasjonen.

Kontrollen av klassifikasjonen foregår nå ved en visuell kontrollmetode, på samme måte som kontroll av treningsflatene i kapittel 2.4.3. Vi har ikke tilstrekkelig med treningsflater til å foreta en statistisk kontroll av klassifikasjonen.

3 Resultater og diskusjon

3.1 Tidsforbruk

Tidsbudsjett for klassifikasjon av et 2-3 km^2 (Vexcel) og 14 – 20 km^2 (Ikonos) kartleggingsareal framgår av tabell 4.1. 1 dag i felt og 3 dager etterarbeid vil være en realistisk ambisjon ved optimalisering av opplegget . Kartleggeren må bygge opp nødvendig kompetanse for å jobbe effektivt. Kun den delen av referanseområdet som ble dekket av feltregistreringen er klassifisert. Et dagsverk i felt gir ca 200 treningsflater. Dette er i minste laget for en detaljert heldekkende klassifikasjon av høyoppløslige flybilder i fjellområder med flere høydesoner innenfor kartleggingsområdet. En presis identifikasjon av et stort antall treningsflatene medfører et omfattende og tidkrevende arbeid.

Tabell 4.1 Tidsbudsjett for kartlagt del av ett referanseområde. Utprøvingen av høyoppløslige bilder høsten 2005.

Tidsforbruk	**Vexcel flybilde** Område 4, 27 og 44 Ca 2-3 km^2	**IKONOS satellittbilde** Hovden, Brokke, Valevatn 14-20 km^2
Feltkontroll	1 dag	2 dager
Etablere klassehierarki og digitalisere treningsflater basert på feltregistreringen. Noe kontroll av treningsflatene. Arbeidet baseres på observasjoner i felt og noe bildetolking	3 dager	2 dager
Forbedring av klassifikasjonen. Dette innebærer kontroll og etterfylling av nye treningsflater. Arbeidet baseres på utstrakt bildetolking	2 dager	1 dag
Sum	**6 dager**	**5 dager**

3.2 Feltregistreringen

Feltregistreringer må foretas innenfor alle høydelag og eksposisjoner i referanseområdet. Det er nødvendig å innhente et stort antall registreringer (> 200 observasjoner) med høy geometrisk nøyaktighet (1m) i løpet av en dag i felt. Vi regner med at det trengs 400 – 1 200 (i komplekse områder) treningsflater for å klassifisere det arealet som dekkes av en dag i felt (1-2 km^2). Det er lite sannsynelig at vi får nok ressurser til å samle inn tilstrekkelig referansedata til en detaljert klassifikasjon og i tillegg ekstra data til kontrollen av klassifikasjonen. Derfor vil feltregistreringen ha som sekundært mål å trene opp personen som foretar kontorarbeidet hvor bildetolking på høyt detaljnivå inngår.

Det er en fordel å foreta feltregistreringen klumpvis. På denne måten beskrives de dominerende arealtypene innenfor et lite delområde på 1-2 da. Dette danner et bedre grunnlag for bildetolking på kontoret enn frittstående observasjoner spredt ut over et stort areal.

Følgende informasjon bør prioriteres under feltregistreringen

- Arealtype etter SatNat. Dette gir god oversikt i mange forhold som er nyttig for fototolking. SatNat arealtype angir bl.a. terrengplassering (leside/rabb). Dette er svært viktig informasjon ved en manuell fototolking.
- Dominerende arter og artsgrupper slik de er beskrevet i klassehierarkiet. Alle arter/artsgrupper med mer enn ca 20 % dekning listes opp med angivelse av dekningsgrad i 10% skala
- Signatur (fargenyanse) til art/artsgruppe på papirkopi av bildet. Dette vil fungere som en koblingsnøkkel mellom personen som foretar feltregistreringen og bildetolkingen på kontoret. Feil i feltregistreringen kan avsløres når beskrivelsen av signaturen avviker fra lignende arealtyper.

3.3 Klassifikasjon

3.3.1 Noen utfordringer

Utfordringer i skog

Skog er spesielt utfordrende når det gjelder å identifisere gode treningsflater for arealklassene. Det er en myriade av ulike signaturer som skyldes variasjon i skyggevirkningen sammen med de mange sjiktene og tetthetsvariasjonen i skogvegetasjonen. Stor fargedybde i Vexcel bildet (spektral oppløsning) sammen med høy geometrisk oppløsning og ujevn fargemetning over bildflata bidrar til at skyggegradientene oppleves nærmest endeløse. Resultatet blir svært mange treningsflater og høyt tidsforbruk. IKONOS-bildet med en grovere oppløsning bidrar til en forsiktig generalisering av informasjonen i bildet. Her finnes det derfor betraktelig færre skyggeklasser, men også på grunn av bedre radiometriske egenskaper i satellittbildet enn flybilder. I skog savner vi god 3D visualisering i analyseverktøyet for sikker identifikasjon av sjiktingen, spesielt når bakkevegetasjonen delvis er dekt av et glissent kronedekke.

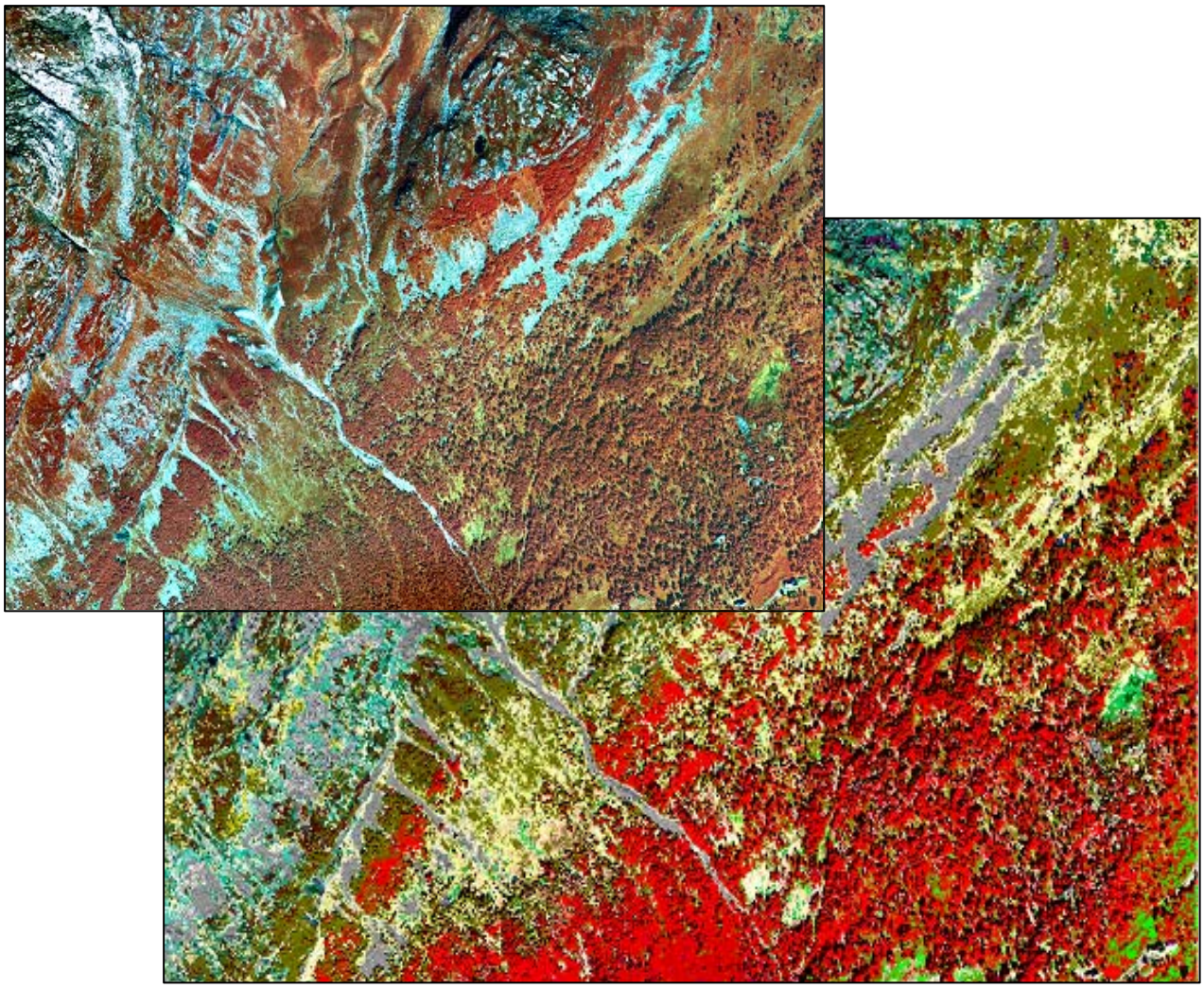
Skogklassifikasjonen på høyoppløslige bilder består av 5 delområder.

1. Klassifikasjon av solbelyste tre- og buskkroner
2. Klassifikasjon av skyggeområder i kroner og på bakken
3. Klassifikasjon av solbelyst markvegetasjon
4. Klassifisere markvegetasjon i halvskygge under et glissent kronetak.

5. Til slutt kan det være aktuelt å aggregere de fire objekttypene over til større objekt. F.eks. kan solbelyste trekroner av gran, halvskygge og skygge i trekroner og på bakken danne granskogobjekt. Vi har foreløpig liten erfaring i dette arbeidet.

Kulturlandskap

Vi har erfart at spektrale egenskaper er ikke tilstrekkelig til sikker avgrensing av ulike typer kulturlandskap og overgangene mot naturlig vegetasjon. Kartmasker (fra digitale kart) og egenskaper som struktur og form avledet fra bilder kan gi oss en støtte til avgrensing. Her gjenstår det noe utviklingsarbeid.



Figur 3.1 Klassifisert Vexcel bilde (til høyre), referanseområde 27. Skoggrensa er definert ved søk på høydeverdi < 970 m i terrengmodellen. Samtidig inngår høydeverdiene sammen med spektral bildeinformasjon i "Nærmeste nabo klassifikasjon" med en Fuzzy tilnærming.

Endringer i naturen

Detaljert klassifikasjon av egenskaper ved arealet som endrer seg kontinuerlig over tid er utfordrende. Dette er tilfelle hvis det er kritisk avstand i tid mellom fotograferingstidspunktet og feltregistreringen.

Eksempel 1: Fuktighetsforholdene på bakken er direkte berørt av været, som endrer seg fra en dag til en annen. Derfor vil feltregistreringen kun være veiledende for klassifikasjonen. Bildene, som reflekterer fuktighet svært godt, og bildetolking må derfor ta et stort ansvar for inndelingen i fuktighetsklasser.

Eksempel 2: Tilsvarende vil menneskeskapte areal som alpinbakker og hogstfelt i en tidelig suksesjonsfase endre seg raskt over uker og måneder når det gjelder dominerende arealtype. Feltregistrering på en annen sesong enn fotografering kan altså gi store problem ved detaljert tolking av bildene på kontoret.

3.3.2 Kommentar til de enkelte referanseområdene

Figur 1.1 og 1.2 viser hvor referanseområdene ligger i Sør-Norge. Navnene på de klassifiserte arealtypene er markert med kursiv i teksten og beskrevet i kapittel 3.4

Referanseområde 4 Informasjonssenteret i Tinn

Klassifikasjonen er sterkt berørt av ujevn fargemetning over bildet og ansees som lite vellykket. Eksempel: Vier er ganske blass i fargen noen steder og med karakteristisk fiolett-rød signatur andre steder. Den første utgaven forveksles gjerne med halvskygge oppe i trekronene til bjørk. Variasjon i signatur til bjørk er vist i figur 2.9. Klassifikasjonen av ortofotoet blir derfor svært problematisk siden ingen arealtyper har karakteristisk signatur innenfor hele kartleggingsområdet. Men innenfor enkelte delområder av referanseområdet er klassifikasjonen svært god.

Klassifikasjon av Vexcel flybilde	
Antall dagsverk, klassifikasjon	4 dager
Klassifikasjonen er avbrutt.	

Referanseområde 27 Røldal

Klassifikasjonen vurderes å være ganske god. Klassifikasjonen lider tydelig av noe ujevn kontrast/fargemetning i bildet. Bruk av høydeinformasjon under klassifikasjonen krever et svært stort antall treningsflater. Derfor er det nødvendig med utstrakt tolking uten tilstrekkelig støtte av feltregistreringer. Det er en del feil i treningsflatene som skyldes denne tolking og problem med ujevn fargemetning i bildet.

Klassifikasjon av Vexcel flybilde	
Antall treningsflater:	1 150
Antall dagsverk, klassifikasjon	5 dager
Antall dagsverk i felt	1 dag
Klassifisert areal	4 km^2

Mer humid klima enn i Rauland "glatter ut" de spektrale forskjellene mellom arealtypene. Det er høy frodighet i vegetasjonene på grunn av jevn tilførsel av fuktighet i vekstsesongen. Dette fører til at ulike arealtyper får lignende signatur. Fuktighet bidrar nemlig sterkt til arealtypens signatur. Eksempler på dette: *Blautmyr* og *Grasmyr våt* er svært vanskelig å skille både i felt og på bildet siden grunne våte duskullrike myrer er vanlig i lavalpin og nedre mellomalpin sone. *Bjønnskjeggmyr* og *Finnskjegg-sauesvingel eng* er av samme grunn vanskelige å skille.

Det er for lite feltregistreringer på impediment og delvis myr. Utfordringen er å få nok feltregistreringer på mange ulike arealtyper i alle skyggegradienter og gradienter etter innhold av impediment. Mye av dette arealet måtte tolkes, som gir stor usikkerhet. Fokus på impediment har vært lav p.g.a. min kartleggingsbakgrunn, hvor dette arealet tidligere har hatt liten fokus og for en stor del blitt gjenstand for tolking.

De mellomalpine objektene er svært vanskelig å tolke på bildene på kontoret. Feltregistreringen er også utfordrende med uklare overganger og mosaikker i plantedekket – typisk for denne vegetasjonssonen. I tillegg er registreringen i mellomalpin ikke detaljerte nok. Noen problemer må tilskrives regnværet under feltarbeidet.

Skog har svært mange klasser slik det er beskrevet for område 04. Det var nødvendig å benytte en test på høydeverdier (terskelverdi på 970 m) for å unngå skogklasser på *Lyng* over skoggrensa. Bjørkeskog og *Lynghei* får lignende spektralsignatur – kraftig rød-brun farge, særlig rundt skoggrensa

Feltregistreringer er for lite nøyaktige til å skille mellom *Lyng, Bjørkekratt/Bjørk* og *Frodig eng* (intermediær type). Disse fargetonene skilles samtidig vanskelig på Vexcel bildet over ulike deler av ortofotoet.

Vier 25-50% skiller dårlig mot *Bjørk*. Den karakteristiske rødfiolette fargen finnes kun på deler av mosaikken. Altså nok et eksempel på endringer i fargemetning på ulike deler av bildet. Derfor utelates vier fra klassifikasjonen.

Lyng i baklier forveksles med einerbusker.

Referanseområde 44 Storevatn i Rauland

Klassifikasjonen vurderes å være ganske bra ved etterfylling av mange nye treningsflater innlagt ved fototolking. Det ble brukt 2 dagsverk under feltregistreringen, noe som gir gode feltdata. Det ble ikke brukt høydeinformasjon under klassifikasjonen, siden dette var det første området som ble klassifisert. Det er en del feil i treningsflatene som skyldes problem med ujevn fargemetning i bildet.

Klassifikasjon av Vexcel flybilde	
Antall treningsflater:	630
Antall dagsverk, klassifikasjon	7 dager
Antall dagsverk i felt	2 dag
Klassifisert areal	3 km^2

Lavdekning over 50% avgrenses bra. Problem med sammenblanding av lav og ur og blokkmark med sterk solrefleksjon.

Tørrgras dominert av finnskjegg skilles godt

Areal dominert av vierkratt skilles godt

Ris og *Frodig eng* glir litt over i hverandre. Dette regner vi med skyldes ujevn fargemetning over bildeflata i forhold til ulik solrefleksjon.

Vann har mange strukturer i overflaten som hindrer innsyn til bunnen og gir svært mange arealklasser som medfører behov for svært mange treningsflater

Moserik myr og/eller *Grasmyr våt* forveksles en del med *Skrinn lynghei*.
Det er svært lite myr i referanseområdet, men også alt for lite feltregistreringer på de meget komplekse myrarealene. Myr er den mest krevende arealtypen. Noen viktige gradienter på myr som sensoren er følsom for: Fuktighet og dekningsgrader av mose, bjønnskjegg og gras/starr/urter.

Det er for lite feltregistreringer på *Blautmyr/vannvegetasjon*.

Lynghei/rabb-skrinn er valgt som fellesnavn for flere arealklasser:

- *Lav 25-50%* er umulig å tolke sikkert siden arealklassen er svært kompleks. Dette skaper også konflikt mellom valg av navn på arealene. Vi må velge å klassifisere etter dominans av enten lyng, ris eller lav.
- *Mellomalpin grasrabb* er forsøkt skilt ut, men inngår i de andre klassenavnene som er omtalt under disse punktene.
- *Slitte rabber uten lav* var tidligere brukt som betegnelse på nedbeita lavrike rabber

Det opptrer utrolig mange skyggeklasser

Referanseområde Hovden

Klassifikasjonen vurderes å være ganske god. Det er en del feil i treningsflatene som skyldes utstrakt tolking med for dårlige tolkingsressurser. Bruk av høydeinformasjon under klassifikasjonen krever et stort antall treningsflater.

Klassifikasjon av Ikonos satellittbilde	
Antall treningsflater:	870
Antall dagsverk, klassifikasjon	4 dager
Antall dagsverk i felt	2 dag
Klassifisert areal	14 km^2

Det var ikke nødvendig å teste på høyden over havet i terrengmodellen for å beskrive skog og skoggrensa godt nok, slik som på Vexcel bildet. Det er tilstrekkelig å legge høydedatabasen inn som en av mange lag i *Nærmeste nabo klassifikasjonen*. Dette antar vi skyldes den jevne kontrasten i satellittbildet.

Det er vanskelig å finne godt skille mellom tette bjørkeskoger på den ene siden og opplendte skrinne, åpne, lyngrike bjørkeskoger på rygger i terrenget på den andre siden. Her mangler vi først og fremst feltregistreringene for bunnvegetasjon i skog under et glissent kronedekke av bjørk.

Vierkratt med mindre enn 50% dekning er vanskelig å holde adskilt fra andre arealtyper. Vi har innført en ny klasse kalt: *Kratt blanding*.

Innblanding av impediment skaper mange overganger mellom arealene og identifiseres svært godt på bildene. Stein/fjellblotninger med over ca 70% dekning bør derfor skilles ut som en egen type.

Reflekser fra bølger på vann skaper problem med å skille ut grunt vann fra dypt vann.

Referanseområde Brokke

Klassifikasjonen vurderes å være ganske god. Antall treningsflater er optimalisert, slik at unødvendige flater er utelatt. Bruk av høydeinformasjon under klassifikasjonen krever en del ekstra treningsflater. Det er relativt lite feil i treningsflatene selv etter utstrakt tolking og dårlige tolkingsressurser (flybildene). Dette er sannsynligvis et resultat av opparbeidet erfaring etter arbeid med 4 forutgående referanseområder.

Klassifikasjon av Ikonos satellittbilde	
Antall treningsflater:	450
Antall dagsverk, klassifikasjon	4 dager
Antall dagsverk i felt	2 dag
Klassifisert areal	21 km^2

Bjørk lyng åpen inneholder også fuktskog med molte

Lyng fuktig omfatter heier i baklier dominert av bjønnskjegg og lyngarter og litt dvergbjørk i mosaikk. Tuemyr inngår i mellomalpin sone med dominans av lyngarter.

Arealtypen *Bjønnskjegg-blåtopp* omfatter myr og fukthei og står ganske nær *Finnskjegg-sauesvingel* på grunn av det humide klima. Men typen lar seg skille på satellittbildet. Den siste typen er ikke så tørr som lenger øst for vannskillet.

Våte utforminger av følgende arealtyper står nær hverandre spektralt, men også i virkeligheten: *Museøre-gras*, *Bjønnskjegg-blåtopp* og *Grasmyr*. Typene bør kanskje heller inndeles etter våt. – fuktig – tørr. Innenfor denne inndelingen kan magre og frodige arealtyper samles. Alle de tre arealtypene som er nevnt over, vil da grupperes sammen.

Bjørkeskogen er svært vanskelig å klassifisere. Sv. hvite flybilder i målestokk 1: 40 000. Satellittbilde med 1 m geometrisk oppløsning gir dårlige muligheter til å bildetolke hovedstrukturen i skogen. Bunnvegetasjon og kronesjiktet flyter over i hverandre på grunn av den diffuse overgangen fra glissen ytre kronedel av bjørk til tettere trekrone. Denne usikkerheten i bildetolkingen preger klassifikasjonen.

Eng av smyle/gulaks eller bregnemark med en blek rosa farge, lar seg skille fra bjørkeskog (*Bjørk*) som er rødere. Soleksponert krone av bjørka kan ligne på *Eng*. Beitevollen er nemlig lite gjødsla, noe som gir relativt svak IR-stråling. Det er problematisk å skille mellom trekrone og engvegetasjon på bakken når skogen er halvåpen av samme grunn som i forrige avsnitt.

Referanseområde Valevatnet

Klassifikasjonen vurderes å være ganske god. Det er benyttet et lavt antall treningsflater siden vegetasjonen var relativ homogen på grunn av det humide klimaet. Det fungerte relativt bra å klassifisere området uten bruk av høydedata. Det oppfattes å være en del mindre feil i trenings-flatene. Feltregistreringen var ikke nøyaktig nok og tolkingsressursene (flybildene) er for dårlige. Særlig de fuktige arealtypene var utfordrende. Dette var det første området som ble feltbefart.

Klassifikasjon av Ikonos satellittbilde	
Antall treningsflater:	200
Antall dagsverk, klassifikasjon	4 dager
Antall dagsverk i felt	2 dag
Klassifisert areal	14 km^2

Høydedatabase er ikke benyttet ved klassifikasjonen. Dette medfører noe problem først og fremst for skoggrensen.

Det er utfordrende å skille mellom ulike fuktige/våte arealtyper ved fototolking på kontoret. Feltregistreringen møter også det samme problemet. Dette høytliggende heiområde antas å ligge i

vegetasjonsseksjon *O3h Humid underseksjon* (Moen 1999) som har fuktpreget vegetasjon. De fleste arealtyper har utforminger som møtes langs tørr-fuktig-våt-gradienten i dette referanseområdet. Noen av de vanskelige arealtypene å skille fra hverandre er: *Lyng fuktig*, *Grasmyr fuktig*, *Mosesnøleie*, *Skygge* og fukthei (*Bjønnskjegg-blåtopp*).

Skrinn lynghei/rabb er såpass fuktig at det også oppleves overganger til litt tørrer utforminger av *Bjønnskjegg-blåtopp*, gjerne med litt stein

Skyggene er av og til så fuktige at de forveksles med grunt vann eller våt myr på bildet. Dette kan ikke oppfattes som en stor feil i dette humide området.

Det er lite støtte i de sv. hvite flybildene til tolkingsarbeidet. Men de gir viktig informasjon om topografien.

3.4 Definering av arealklassehierarki

Plantesosiologiske enheter har til nå vært dominerende for å beskrive vegetasjonssamfunn. Men en slik inndeling er nødvendigvis ikke bedre enn andre inndelinger for å oppdage klimatiske eller menneskeskapte endringer. Et eksempel på dette er den tilnærming som en nå ønsker å legge til grunn i et nytt prosjekt på å definere naturtyper i Norge (Økland 2005). Dette vil i langt større grad bygge på beskrivelse av gradienter og dermed passe bedre for kartlegging med optiske sensorer enn dagens plantesosiologiske system.

Klassehierarkiet som er beskrevet i dette kapittelet, er benyttet både til *Vexcel* flybilder med 0.4 m geometrisk oppløsning og *IKONOS* satellittbilder med 1 m geometrisk oppløsning. Dette fordi de gode spektrale egenskapene i bildet har større betydning enn geometrisk oppløsning når nærstående arealklasser skal identifiseres.

Figur 3.2 viser de to overordnede nivåene som er tenkt benyttet videre i SatNat til klassifikasjon av satellittbilder med grovere oppløsning. Det overordnede nivået tok utgangspunkt i det klassehierarkiet som Erlend Lorentzen og Leif Kastdalen utviklet våren 2005.

Figur 3.3 viser alle arealklasser som er forsøkt klassifisert i de 6 referanseområdene. Dette er en fin inndeling som er tenkt benyttet til overvåking av naturområder. Klassehierarkiet er organisert/gruppert fra høyre (fin inndeling) og mot venstre (overordnet inndeling)

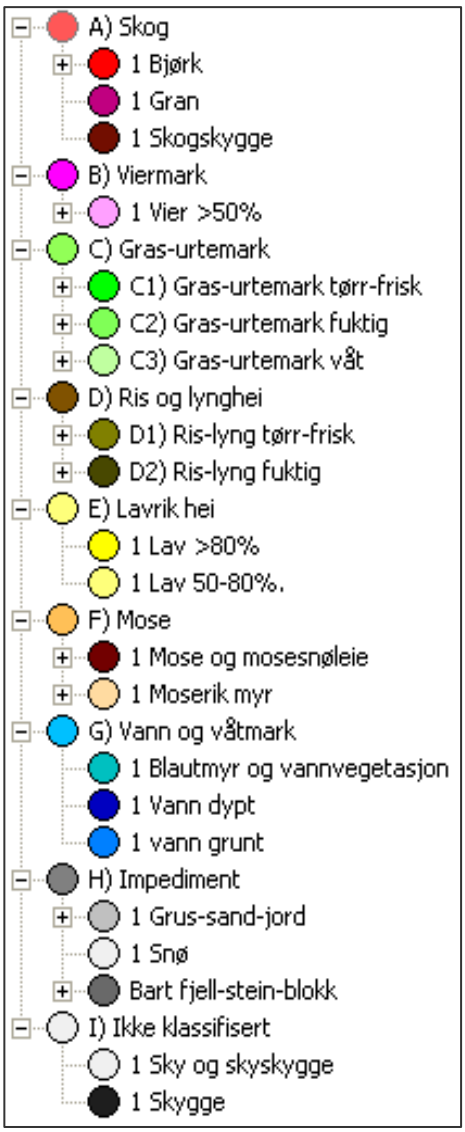
Tallet 1 og 2 foran klassenavnet i klassehierarkiet indikerer at det er tildelt treningsflater til disse arealklassene. Tallet 2 indikerer at arealklassen vanskelig lar seg skille fra sin nærmeste overordnede klasse. Abstrakte/overordnede arealklasser er angitt uten tall eller med bokstavkoder først i navnet; eksempel C1. Dette representerer aggregerte arealklasser basert på de underordnede - altså arealklasse uten egne treningsflater.

Følgende variabler har stor betydning for spektralsignaturen til arealtypen. Dette legger premissene for hvilke arealtyper som kan identifiseres maskinelt på bildene.

- Dominante arter og artsgrupper som kan skilles spektralt fra annen vegetasjon. Gode eksempel er: Lav, vier, tørre magre grasarter (finnskjegg, sauesvingel og bjønnskjegg) og mose.
- Fuktighetsvariasjon på bakken

- Andel impediment (naken jord, sand, stein og fjell)
- Fenologi (som i stor grad er korrelert med terrengforhold)
- Ujevn kontrast og fargemetning i bildet som særlig skyldes vidvinkelopptak fra fly
- I skog får vi utrolig mange skyggeklasser ved kombinasjon av tetthet i kronesjiktet og den arealtypen skyggen faller på i trekroner og på bakken. Skygge utenfor skogen berører svært mange arealtyper
- Områder med atmosfæriske forstyrrelser (skyer og dis) må trekkes ut av det arealet som klassifiseres.

Ved inndelingen av arealklassene er det tatt mye hensyn til at den naturlige vegetasjonen er påvirket av mange gradienter (fuktighet, fenologi, innblanding av impediment osv.). Selv om de typeiske utformingene er klart atskilt på bildene og i terrenget, vil alle overgangstypene medføre behov for en sammenslåing av nærstående arealklasser i klassehierarkiet.

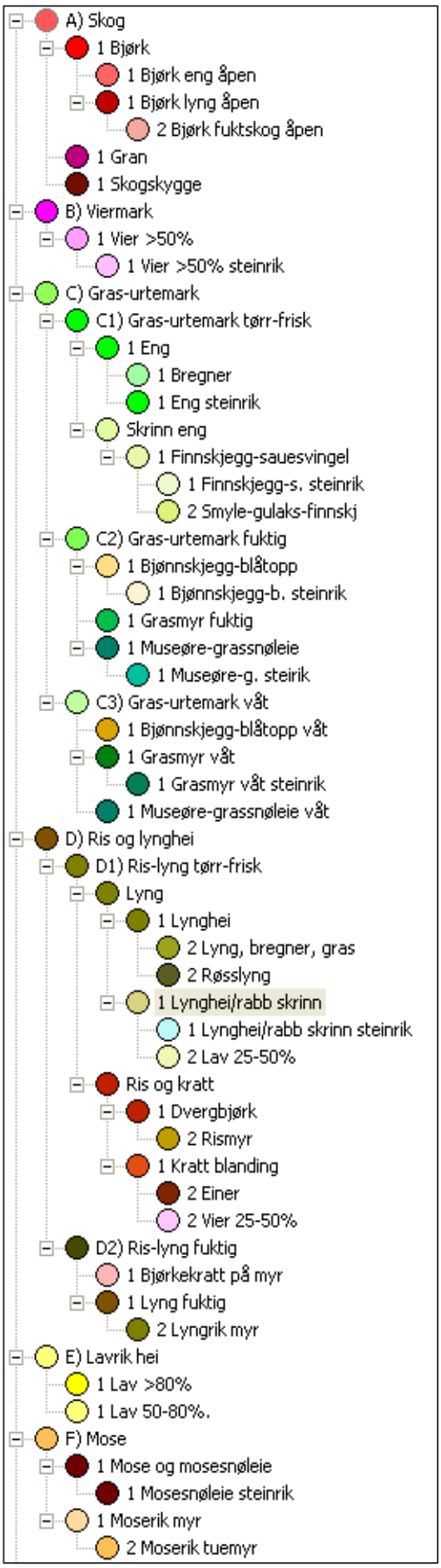


Figur 3.2 Klassehierarkiet. Hovedinndelingen

Det vil være nødvendig å kunne reorganisere klassehierarkiet for å tilpasse seg de store regionale variasjonene i norsk natur som er beskrevet i Moen (1999). På samme måte som i Windows utforsker kan arealklassene og de tilhørende treningsflatene flyttes rundt i klassehierarkiet slik at arealklasser som er vanskelige å skille fra hverandre under klassifikasjonen, tilhører samme undergruppe. Den overordnede inndelingen berøres ikke/lite av denne omorganiseringen. Eksempelvis vil flere fuktige arealtyper i referanse-området Valevtnet ligne spektralt på hverandre i det humide klimaet. *Lyng fuktig*, *Grasmyr fuktig*, *Mosesnøleie* og fukthei (*Bjønnskjegg-blåtopp*) har mørk blå-grønn-brun lignende signatur på bildet i den valgte fargekomposisjonen. Dette oppleves også i den virkelige verden og begrunner hvorfor vi ønsker til å modellere klassifikasjonen slik at de nære sammenhenger mellom økologiske forhold (i dette tilfellet uttrykt ved fuktighetssgradienten) og spektral likhet i bildet blir gjenspeilet i klassehierarkiet. Klassifikasjonen blir på denne måten mer "riktig".

Med større geometrisk oppløsning på satellittbildet har vi innført noen nye samleklasser som for eksempel *Kratt blanding*. Impedimentrike areal vil av samme grunn i større grad danne egne arealklasser på *IKONOS* satellittbildet enn *VEXCEL* flybildet. Eksempel: *Museøre-gras steinrik*. Impediment har en svært sterk signatur som lett overstråler vegetasjonen. Det blir derfor vanskelig å identifisere ved flybildetolking om for eksempel *Museøre-gras, Mose og mosesnøleie, Lyng* eller *Skrinn eng* representerer det vegetasjonsdekte arealet mellom all steinen.

Figur 3.5 og 3.6 viser sammenstillinger av arealklassene etter gradientene; fuktighet og innslag av impediment



3.4.1 A) Skog

Bunnvegetasjonen i skog klassifiseres ved egne arealklasser, som er definert andre steder i klassehierarkiet.

Bjørk

Tett og åpent kronedekke

Bjørk eng åpen

Åpne deler av trekroner hvor gras og urter bidrar til signaturen.

Bjørk lyng åpen

Åpne deler av trekroner hvor lyng og ris bidrar til signaturen.

Bjørk fuktskog åpen

Åpne trekroner hvor særlig blåtopp bidrar til signaturen.

Gran

Tett kronedekke. (Kartlagt kun små areal.)

Furu

Glissent kronedekke. (Kartlagt kun små areal.)

Skogskygge

Skyggeparti i trekrone og på bakken. Halvskygger på bakken gir svært mange utforminger særlig på *Vexcel* bildet.

3.4.2 B) Viermark

Vierarter dekker mer enn 50 % av arealet

Vier >50%

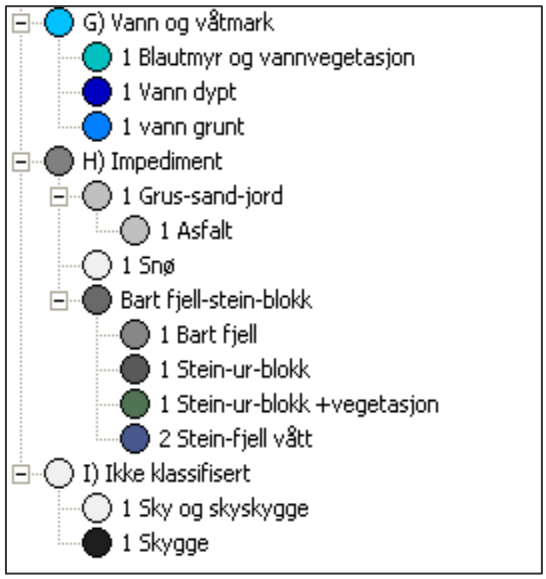
Vierarter dekker mer enn 50 % av arealet

Vier >50% steinrik

Ca 40-70% impediment (stein/fjell/grus). (forslag på ny inndeling)

3.4.3 C) Gras-urtemark

Naturlig engvegetasjon som er lite/ikke gjødslet ligner spektralt på solbelyst bjørk. I skog er det derfor viktig å identifisere areal på bakken som ikke har innslag av spredte bjørkekvister.



Figur 3.3 Klassehierarki. Detaljert inndeling
(første del av figur på forrige side)

C1) Gras-urtemark tørr-frisk

Eng

Urter, bregner og breiblada gras dekker over 50 %

Bregner

Store bregner dekker over 50% av arealet

Eng steinrik

Ca 40-70% impediment (stein/fjell/grus). (forslag på ny inndeling)

Skrinn eng

Smalblada gras og starr dekker over 50 %.

Finnskjegg-sauesvingel

Lyse, smalblada grasarter som finnskjegg og sauesvingel dominerer.

Finnskjegg-sauesvingel steinrik

Ca 40-70% impediment (stein/fjell/grus). (forslag på ny inndeling)

C2) Gras-urtemark fuktig

Vanninnholdet i jorda/vegetasjonen har tydelig påvirkning på signaturen til arealtypen.

Bjønnskjegg-blåtopp

Fuktige til ganske tørre faste myrer dominert av bjønnskjegg. Fukthei med blåtopp og bjønnskjegg inngår i den samme arealklassen. Lite frodighet (lav IR-stråling)

Bjønnskjegg-blåtopp steinrik

Ca 40-70% impediment (stein/fjell/grus). (forslag på ny inndeling)

Grasmyr fuktig

Gras og starr dekker over 50 %

Musøre-grassnøleie

Museøre, starr, urter og grasarter dekker over 50 %. Lite frodighet (lav IR-stråling)

Mueøre- grassnøleie steinrik

Ca 40-70% impediment (stein/fjell/grus). (forslag på ny inndeling)

C3) Gras-urtemark våt
Vanninnholdet i jorda/vegetasjonen har sterk påvirkning på signaturen til arealtypen.

Bjønnskjegg-blåtopp våt
Fukthei med blåtopp og bjønnskjegg.

Grasmyr våt
Vann i/nær overflaten på myra. Høytliggende grasmyrer med tynt humusdekke

Grasmyr våt steinrik
Ca 40-70% impediment (stein/fjell/grus). (forslag på ny inndeling)

Musøre-grassnøleie våt
Musøre, starr urter og grasarter dekker over 50 %.

Musøre-grassnøleie våt steinrik
Ca 40-70% impediment (stein/fjell/grus). (forslag på ny inndeling)

3.4.4 D) Ris og lynghei

D1) Ris-lyng tørr-frisk

Lynghei
Blåbær, skinntryte, krekling, røsslyng dekker over 50 %

Røsslyng
Røsslyng dekker over 50% av arealet. Klassen er lite aktuell på *IKONOS* satellittbilde

Lynghei/rabb skrinn
Blåbær, skinntryte, krekling, røsslyng, dvergbjørk på rabber eller leside. Mindre enn 40 % impediment. Mindre enn 40 % lav

Lynghei/rabb skrinn steinrik
Ca 40-70 % impediment (stein/fjell/grus). (forslag på ny inndeling)

Lav 25-50%
Vanskelig lavmenge å tolke på bildet. I prinsippet er det umulig å identifisere denne lavmengden innenfor vanlige gradienter som impediment, fuktighet og innblanding av annen vegetasjon.

Dvergbjørk
Tett ris på fastmark og myr. Dvergbjørk, einer, bjørk og vier dekker over 50 %

Rismyr
Dvergbjørk på myr, oftest tuete myr med molte.

Kratt blanding

To eller flere arter i blanding (vier, dvergbjørk, bjørk)

Vier 25-50%

Vanskelig klassen som til en viss grad lar seg skille på Vexcel bilder. Unødvendig klasse siden den geometriske oppløsningen på bildene er høy (1m eller bedre)

Einer

Einerkratt dekker sjelden store sammenhengende areal

D2) Ris-lyng fuktig

Lyng fuktig

Fuktige baklier og høytliggende areal i fjellet

Lyngrik myr

Gjerne tuer på myr med lyngarter, dvergbjørk og molte. Vanskelig å skille fra fuktig lynghei på bildet og i virkeligheten.

Røsslyng

Røsslyng dekker over 50 % på fuktig mark.

Bjørkekratt på myr

Glisen bjørk på grasmyr

3.4.5 E) Lavhei

Lyse lavarter gir sterk signatur på bildet. Derfor bør arealklassen *Lav 50-80%* omfatte 40-70 % lav. Se omtale av *Lav 25-50%* under *Lynghei*, som går ut.

Lav 50-80 %

Lyse lavarter dekker 40-70 % av arealet (forslag på ny inndeling)

Lav > 80 %

Lyse lavarter dekker over 70 % av arealet (forslag på ny inndeling)

3.4.6 F) Mose

Mose gir sterk signatur på bildet..

Mose og mosesnøleie

Moserike snøleier og fastmark utenom myrer dekker over 50 %

Mose og mosesnøleie steinrik

Ca 40-70% impediment (stein/fjell/grus). (forslag på ny inndeling)

Moserik myr

Torvmoser som skinner gjennom glissent bestand av starr.

Moserik tuemyr

Torvmoser som skinner gjennom glissent bestand av lyng og starr. Vanskelig avgrensing mot *Moserik myr*.

3.4.7 G) Vann og våtmark

Arealklassene er hovedsakelig utskilt ved hjelp av fototolking.

Blautmyr og vannvegetasjon

Myr med åpent vannspeil/pytter, starrbelter og flytebladvegetasjon.

Vann dypt

Bunnen kan ikke identifiseres på bildet. Refleks fra bølger er imidlertid et problem

Vann grunt

Bunnen kan identifiseres på bildet. I Sirdal vil våte berg i skygge bli klassifisert som grunt vann. Refleks fra bølger er et problem. Vannsig på fjellflater er forsøkt skilt fra *Vann grunt*.

3.4.8 H) Impediment

Over 75 % dekning av impediment

Jord

Tørre og friske areal

Jord

Våte og fuktige areal

Snø

Snø og is

Bart fjell, stein og blokk

Bart fjell

Stein, ur og blokk

Våt fjell, blokk, stein og sand

Vannsig på fjellflater er forsøkt skilt fra *Vann grunt*. Gode feltregistreringer mangler.

3.4.9 I) Ikke klassifisert

Skygge

Arealtypen er svært vanskeig å identifisere i skyggen. Derfor er alle skyggefulle areal utenom skygge fra trær, ført til denne arealklassen.

Sky og skygge til sky

Manuelt klassifisert

Ikke klassifisert

Små restareal som mangler treningsflater med høy nok likhetsverdi (Memberskip value < 0.85)

Arealtype	**Tørr-frisk**	**Fuktig**	**Våt**	**Åpent vannspeil > 50 % av arealet**
SKOG				
Bjørk	x	x		
Bjørk eng åpen	x	x		
Bjørk lyng åpen	x	x		
Bjørk fuktskog åpen		x		
Gran	x	x		
Furu	x	x		
Furu eng åpen	x	x		
Furu lyng åpen	x	x		
Furu fuktskog åpen		x		
Skogskygge	x	x	x	x
VIERMARK				
Vier >50%	x	x		
Vier >50% steinrik	x	x		
GRAS OG URTEMARK				
Eng	x	-		
Bregner	x			
Eng steinrik	x	-		
Finnskjegg-sauesvingel	x			
Finnskjegg-sauesvingel steinrik	x			
Bjønnskjegg-blåtopp		x		
Bjønnskjegg-blåtopp steinrik		x		
Grasmyr fuktig		x		
Museøre-grassnøleie		x		
Museøre- grassnøleie steinrik		x		
Bjønnskjegg-blåtopp våt			x	
Grasmyr våt			x	
Grasmyr våt steinrik			x	
Museøre-grassnøleie våt			x	
Museøre-grassnøleie våt steinrik			x	

RIS OG LYNGHEI				
Lynghei	x			
Lynghei/rabb skrinn	x			
Lynghei/rabb skrinn steinrik	x			
Dvergbjørk	x	x		
Rismyr	x	x		
Kratt blanding	x	x		
Lyng fuktig		x		
Bjørkekratt på myr		x		
LAVHEI				
Lav > 80 %	x			
Lav 50-80 %	x			
MOSE				
Mose og mosesnøleie		x	x	
Mose og mosesnøleie steinrik		x	x	
Moserik myr		x		
VANN OG VÅTMARK				
Blautmyr og vannvegetasjon				x
Vann dypt				x
Vann grunt				x
IMPEDIMENT				
Grus sand jord	x	x		
Snø		x		
Bart fjell	x			
Stein, ur og blokk	x			
Våt fjell, stein og blokk		-	x	

Figur 3.5 Fordeling av arealklassene etter tørr – våt gradienten

	Andel impediment Nakent fjell, blokk, stein, sand og jord		
Arealtype	**0-40 %**	**40-70%**	**> 70 %**
SKOG			
Bjørk	x		
Bjørk eng åpen	x		
Bjørk lyng åpen	x		
Bjørk fuktskog åpen	x		
Gran	x		
Furu	x		
Furu eng åpen	x		
Furu lyng åpen	x		
Furu fuktskog åpen	x		
Skogskygge	x	x	x
VIERMARK			
Vier >50%	x		
Vier >50% steinrik		x	

GRAS OG URTEMARK			
Eng	x		
Bregner	x		
Eng steinrik		x	
Finnskjegg-sauesvingel	x		
Finnskjegg-sauesvingel steinrik		x	
Bjønnskjegg-blåtopp	x		
Bjønnskjegg-blåtopp steinrik		x	
Grasmyr fuktig	x		
Museøre-grassnøleie	x		
Museøre- grassnøleie steinrik		x	
Bjønnskjegg-blåtopp våt	x		
Grasmyr våt	x		
Grasmyr våt steinrik		x	
Museøre-grassnøleie våt	x		
Museøre-grassnøleie våt steinrik		x	
RIS OG LYNGHEI			
Lynghei	x		
Lynghei/rabb skrinn	x		
Lynghei/rabb skrinn steinrik		x	
Dvergbjørk	x		
Rismyr	x		
Kratt blanding	x		
Lyng fuktig	x		
Bjørkekratt på myr	x		
LAVHEI			
Lav > 80 %	x		
Lav 50-80 %	x		
MOSE			
Mose og mosesnøleie	x		
Mose og mosesnøleie steinrik		x	
Moserik myr	x		
VANN OG VÅTMARK			
Blautmyr og vannvegetasjon	x		
Vann dypt	x		
Vann grunt	x		
IMPEDIMENT			
Grus sand jord			x
Snø			x
Bart fjell			x
Stein, ur og blokk			x
Våt fjell, stein og blokk			x

Figur 3.6 Fordeling av arealklassene etter impediment gradienten

4 Overvåking av fjellvegetasjon

Et av målene med arbeidet var å vurdere metodens egnethet til å måle endringer i fjellvegetasjonen. Mye av tiden i prosjektet har blitt benyttet til å sette seg inn i metodikken og utforske hva som faktisk lar seg avgrense og klassifisere ved hjelp av objektbasert styrt klassifikasjon av høyoppløslige flybilder og satellittbilder. Vi kan hente ut informasjon med svært stor detaljeringsgrad inndelt i mange aktuelle arealklasser. Men vi kan ikke på bakgrunn av våre undersøkelser så langt dokumentere hvordan metodikken vil kunne måle de ulike endringstypene som er definert av DN (Tabell 1.1 i Ødegård og Sickel, 2005).

Overvåking innebærer to eller flere gjentak av registreringer på det samme arealet med påfølgende analyse av endringer. I følge Ødegård og Sickel (2005) er det 5 aktuelle hovedmetoder:

1. Tematisk klassifikasjon av to eller flere bilder for detektering av endringer
2. Beregne endringer i reflektert stråling i ulike deler av spekteret piksel for piksel for to eller flere tidspunkt
3. Sette sammen et datasett basert på bilder fra flere tidspunkt. Dette ene sammensatte bildet blir klassifisert.
4. Manuell bildetolking og skjermdigitalisering av endringene.
5. Innovative metoder på en eller annen form for "læring" av et datasystem eller bruk av datamodeller for de prosesser som skal kartlegges. Avanserte kombinasjoner av metodene 1-3

Ødegård og Sickel (2005) peker på at metoder basert på relative endringer i NDVI indeksen ser ut til å kunne identifisere gjengroing med busker og kratt, men den metodikken må utvikles videre dersom den skal anvendes operasjonelt.

Muligheter

Forventningene til endringsanalyse basert på høyoppløslige bilder er store. Verktøyet eCognition sammen med de bildene fra de nye digitale flyfotokameraene og høyoppløselige satellittdata gir en helt ny dimensjon til maskinelle analyser av bilder. Vi kan oppsummere på følgende måte:

- Høyoppløselige digitale sensorer med både vanlig farge og IR gir oss mulighet til å hente mye mer informasjon uten å måtte være fysisk til stede. Informasjonen i bildet er bygd opp av flere sensorer som måler reflektert lys i mange bølgebånd samtidig med stor spektral dybde (antall fargetoner)
- Objektbaserte analyseverktøy som eCognition, gjør det mulig å hente ut mer informasjon fra bilder på en mer intelligent måte enn pikselbaserte system. Heterogenitet til arealklassene kan beskrives av mange uavhengige treningsflater og strukturen i og relasjonen mellom klassene kan modelleres. Annen heldekkende kartinformasjon som detaljerte terrengmodeller, kan trekkes direkte inn i analysen av bildene (på lignende måte som før)
- Flyfotobildene har mange av egenskapene (spektralt og geometrisk) til satellittbilder. Forholdene ligger derfor til rette for overvåking fra detaljrike flyfoto og satellittbilder til storskala satellittbilder.
- Bilder i tidsserier og gjentatte endringsstudier bør være økonomisk interessant med de metodene som er drøftet i dette notatet.

Utfordringer

Vi mangler mye kunnskap som støtter opp om de nye sensorene og analysemulighetene. Uten denne forskingen vil vi ikke kunne hente ut gevinsten ved nye bilder, metoder og analyseprodukt.

> Eksempel: Beiteundersøkelsene til NIJOS baserer seg på en tradisjonsrik kartleggings-metodikk tilpasset en optimal detaljering og feltinnsats i forhold til brukernes betalingsvillighet. Husdyrmiljøet i Norge har bidratt med kunnskap om enhetene i klassifikasjonssystemet. Dermed kan det avledes nyttige produkt som beiteverdi og beitekapasitet fra vegetasjonskartet.

Klassifikasjonssystemet må tilpasses en optisk sensor. Derfor må vi slakte noen hellige kuer som indikatorarter og plantesosiologi. Vi må lære oss til å tenke som en sensor!

Under feltregistreringene opplever vi stadig at de gamle tankebanene fra tradisjonell vegetasjonskartlegging trenger seg på. Det er lett å henge seg opp i at "*Lågurtenga*" faller ut. Samtidig glemmer vi å ha fokus på detaljer som skorpelav på steinblokker eller innse betydningen av frodigheten (vegetasjonsindeks) i forhold til fenologi, høydelag, helling og eksposisjon.

Forvaltningen må på samme måte stille seg en del nye spørsmål og søke faglig bistand for å finne gode svar. Har frodighet, fuktighetsgradienter og sesongfuktighet betydning for å beskrive potensialet for biologisk mangfold? Mange arealklasser kan beskrives med stor geografisk nøyaktighet i tidsserier og sortert på høydelag, helling og eksposisjon. Eksempler er areal dominert av vier, lav, dvergbjørk, tørrgras (finnskjegg, bjønnskjegg, sauesvingel), impediment, skyggefulle areal med mer. Hvordan kan forvaltningen utnytte denne informasjonen?

5 Konklusjon

De svart hvite flybildene i målestokk 1:40 000 ga for lite detaljer om terrengforholdene på grunn av for liten bildemålestokk. Feltregistreringen og fototolkingen basert på disse bildene var kun egnet til å lokalisere arealtypen(-e) til nærmeste 20 m.

Vexcelbilder kopiert på papir i bildemålestokk ca 1: 7 000 og montert i en enkel feltbasert stereomodell, ga en utrolig opplevelse av fine detaljer i mikrotopografi og økologiske forhold i fjellnaturen. Kombinert med multispektrale ortofoto eller satellittbilder på dataskjermen med stort fargerom på flere tusen gråtoner i hver bildekanal, gir dette store muligheter til sikker identifikasjon av alle de areaklassene som er omtalt i denne rapporten. Feltregistreringen basert på disse bildene er egnet til å lokalisere arealtypene til nærmeste 1 m, som er nøyaktigheten til ortofotoet og satellittbildet.
Maskinell klassifikasjon av flybildene er imidlertid utfordrende siden kontrasten i bildet varierer over bildeflata, Dette nødvendiggjør mange flere treningsdata enn tilsvarende for IKONOS satellittbilde. Selv ved fargeutjevning av ortofotoet vil likevel arealtypene ha en tendens til å flyte over i hverandre i det spektrale rom. Klassifikasjonen av referanseområde 4 ble av denne grunn ikke fullført. Bruk av den sentrale delen av et Vexcel bilde antar vi vil gi redusert problem med ujevn kontrast/ fargemetning over bildeflata.

De analyserte IKONOS satellittbildene har 1 m geometrisk oppløsning etter sammensmelting av pan (1x1 m piksel) og multispektrale kanaler (4x4 m piksel). Denne oppløsningen gir en tiltalende generalisering av den heterogene norske fjellnaturen og fungerte svært godt med en *Nærmeste nabo klassifikasjon* med en *Fuzzy* tilnærming. 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 for hele kartleggingsområdet (når høydedatabase benyttets i *Nærmeste nabo klassifikasjon*). Denne viktige egenskapen ved satellittbildet finner vi ikke på flybilder. Her gir som sagt ulik refleksjonsvinkel til sola ulik kontrast/ fargemetning over bildeflata og store forstyrrelser i klassifikasjonen.

Med tanke på visuell tolking av detaljer i skogstrukturen var 1 m geometrisk oppløsning i IKONOS satellittbildet i minste laget. Stereobetrakning av Vexcel flybilder over det samme området ville imidlertid utnytta mye mer av informasjonen i satellittbildet ved visuell tolking.

Vi har ikke prøvd å klassifisere det originale multispektrale bildet med en geometrisk oppløsning på 70 cm for Vexcel flybilde og 4 m for Ikonos satellittbilde. Ca 50 -100 cm geometrisk oppløsning oppfatter vi som optimalt med hensyn til en passelig generalisering av den komplekse fjellnaturen for en detaljert kartlegging. Vi vil påpeke sammenhengen mellom høy detaljering i klassifikasjonen og tilsvarende høyt tidsbruk og kostnader knyttet til feltregistreringen og analysearbeidet på kontoret..

Bruk av terrengmodell som en del av *Nærmeste nabo klassifikasjon* medfører at en treningsflate er aktiv innenfor en høydesone på ca ± 100 m. På denne måten vil fenologiske og utforminger av arealtyper knyttet til høydeforhold lettere la seg modellere. Vi har også observert mange eksempler på at ulike arealtyper har lik signatur i ulike høydelag. Dette forutsetter naturligvis mange flere treningsflater enn uten bruk av høydedata.

Klassehierarkiet, er benyttet både til *Vexcel* flybilder med 0,4 m geometrisk oppløsning og *IKONOS* satellittbilder med 1 m geometrisk oppløsning. Dette fordi de gode spektrale egenskapene

i bildet har større betydning enn geometrisk oppløsning når nærstående arealklasser i det spektrale rom skal identifiseres. Dominante arter og artsgrupper som kan skilles spektralt fra annen vegetasjon, fuktighetsforhold og andel impediment er sentrale variabler som legger premissene for hvilke arealtyper som kan identifiseres maskinelt på bildene. Mange av enhetene i det plantesosiologiske systemet lar seg ikke beskrive når bilder danner grunnlaget for kartleggingen.

Den objektbaserte metoden brukt på moderne høyoppløselige digitale bilder med stort fargerom (multispektral sensor som skiller mellom fine forskjeller i intensitetsverdier i reflektert lys) appellerer til en person med god kartleggerbakgrunn. Den enorme heterogeniteten i naturen som består av endeløse gradienter mellom arealtyper som mosaikkerer, modelleres på en fascinerende måte i verktøyet eCognition. En nærmeste nabo klassifikasjon basert på en fuzzy set tilnærming gir en mulighet til å forholde seg til den ”sannhet” at det er flere enn ett svar på klassifikasjonen av et enkelt objekt i den virkelige verden. Eksempelvis er det vanskelig å fastslå eksakt om et skogobjekt er granskog med stort innslag av furu eller furuskog med gran. Dette kan vi forholde oss til i verktøyet eCognition.

Vi har kun analysert bilder som er oppskarpet med pankromatisk kanal for høyere geometrisk oppløsning og dermed bedre visuell tolkbarhet. I Dech () konkluderes det met at den pankromatiske kanalen ikke bidrar med tilleggsinformasjon som fører til en bedre klassifikasjon av satellittbildet Landsat 7. Dette er imidlertid grove bilder med 30 m (multispektral) og 15 m (pan) geometrisk oppløsning.

Den objektorienterte metoden brukt på 4-kanalers bildedata med pikseloppløsning 1 meter eller bedre gir en romlig detaljeringsgrad som ikke er praktisk og økonomisk mulig ved manuelle kartleggingsmetoder. For bruk i overvåking betyr det at mindre vegetasjonsobjekt kan kartlegges og dermed overvåkes gjennom senere gjentak.

6 Skisse til nytt klassifikasjonssystem

Dette er et innspill til et videre arbeid med en nasjonal arealklassifikasjon basert på digitale bilder med høy geometrisk og spektral oppløsning (detaljeringsgrad). Klassifikasjonssystemet må være tilrettelagt for optiske sensorer og egnet til både automatiske og manuelle klassifikasjonsmetoder.

Muligheter og begrensinger ved visuell tolking av multispektrale bilder med høy geometrisk oppløsning, må definere premissene for viktige deler av klassifikasjonssystemet. Metoden for datafangsten gjenspeiles altså i klassifikasjonssystemet. Derfor vil lite frekvente arter ikke kunne bidra til inndelingen av typene. Fremstad (1997) og delvis Rekdal og Larsson (2005) benytter skillearter/ karakteristiske arter med liten dekningsgrad som sentrale premissgivere for inndelingen av mange vegetasjonstyper. Fattig-rik-gradienten, som feltbaserte klassifikasjonssystem gjerne er bygd opp om, må av denne grunn utgå i et sensorbasert klassifikasjonssystem.

Primært bør klassifikasjonssystemet tilrettelegges for å rasjonalisere feltregistreringen og systematisere relevant informasjon for bildeanalyser. Denne virkeligbeskrivelsen vil omfatte både sensorrelatert informasjon og tradisjonell kartinformasjon. Dette er informasjon som er nødvendig under bildetolkingen på kontoret for å forstå de fine strukturene i naturen og som bestemmer spektralsignaturen til objektene.

I klassifikasjonssystemet til SATNAT, (Øyen og Hjeltnes, 2003) mangler en god tilpasning til tolking av arealtyper i de ny detaljerte multispektrale flybildene. Den mest iøynefallende informasjonen i bildene må danne grunnlag for hovedinndelingen av klassifikasjonssystemet. Etter min mening må hovedinndelingen av arealklassene være:

1. Dominante arter/artsgrupper som har tydelige spektrale karaktertrekk
2. Fuktighet
3. Andel impediment.

Eksempel på bruk av kodesystemet

Kodesystemet er en effektiv måte å komprimere mye relevant informasjon om arealtyper. Dette rasjonaliserer feltregistreringen og kontorarbeidet. Behovet for ekstra kommentarer i feltprotokoll reduseres betraktelig. Eksempel:

1Aa1b1c2
Fjellvegetasjon (**1**). Moderat tørt (sesongfuktig) snøleie dominert av finnskjegg (**Aa1b1**) med 40-70 % impediment (**c2**), under 40 % dekning av lav (**ingen** kode for lavdekning)

6.1 Overordnet inndeling: Arealklasse og hovedtype

Det er naturlig å tenke seg en overordnet inndeling av landskapet som reflekterer det begrepsapparatet som er mye benyttet i forvaltning og blant folk flest. Dette er fjell, skog, myr, vann, jordbruksareal osv. Inndelingen er avledet av Gjertsen (2004). Den overordnede inndelingen består av to parameter: Arealklasse og hovedtype. Tegnforklaringen til det maskinelt klassifiserte produkt vil ikke kunne inneholde opplysninger om arealklasse og hovedtype hvis denne informasjonen ikke er tilført fra andre kilder enn bildet. Arealklasse og hovedtype lar seg altså ikke/vanskelig avlede direkte fra de digitale bildene ved maskinelle analyser.

Inndeling av Arealklasse	***Datafangstmetoder for Arealklasse***
• Fjell • Skog • Myr • Åpen mark • Dyrka mark/opparbeid • Bebygd • Naturlig vegetasjonsløst areal • Vann, is, snø	• Nasjonale kartdatabaser • Eksisterende kart og vitenskaplige undersøkelser • Visuell tolking på bilder • Feltregistrering, referansedata • Ikke egnet for maskinelle analyser av bilder

Vi bør vurdere å degradere hovedtype i dagens opplegg, Øyen og Hjeltnes (2003), til en parameter under/etter art/artsgruppe, fuktighet og andel impediment. Skog er et unntak. Tresjiktet er det første vi møter i bildet for skogdekt mark. Den gamle inndelingen av myr i kategori B, C og D kan heller avledes fra terrengmodell og inndeling etter fuktighet.

6.1.1 Inndeling av Hovedtype under Arealklasse

1. Fjell
    A. Leside og snøleievegetasjon
    B. Rabbevegetasjon

2. Skog

2A. Bartre		Gran Furu Sitkagran, edelgran	Lerk Einer Annet bartreslag
2B. Løvtrær uspesifisert	2C. Boreale løvtre	Gråor Bjørk Dvergbjørk Selje, vier	Osp Svartor Hegg Rogn
	2D. Varme-kjære løvtre	Hassel Alm Ask Eik	Lind Lønn Bøk Tindved

3. Myr
    A. Tuemyr
    B. Mattemyr

4. Åpen mark
    A. Fastmark
    B. Ferskvann
    C. Brakkvann
    D. Saltvann

5. Dyrka mark/opparbeid
    A. Åker
    B. Grasmark
    C. Frukt og bærhage
    D. Plantasje (juletrær, planteskole med mer.)
    E. Opparbeidet grøntareal (parker, idrettsplass, med mer.)

6. Bebygd
    A. By/tettbygd, åpen struktur
    B. By/tettbygd, tett struktur
    C. Gårdstun
    D. Industri/lager
    E. Massetak/steinbrudd
    F. Deponi
    G. Flyplass
    H. Veg
    I. Jernbane

7. Naturlig vegetasjonsløst areal
    A. Bart fjell
    B. Stein, blokk og ur
    C. Grus, sand og jord

8. Vann, is, snø
    A. Vann, stillestående
    B. Vann, rennende
    C. Snø
    D. Is, stasjonær
    E. Is, bevegelig

Datafangstmetoder for hovedtype

- Eksisterende kart og vitenskaplige undersøkelser
- Feltregistrering, referansedata
- Visuell tolking på bilder
- Ikke egnet for maskinelle analyser av bilder
-

6.2 Dominante art/artsgruppe som har tydelige spektrale karaktertrekk

Bildene identifiserer mange arter/artsgrupper godt. Parameteren angir dominerende arter som har betydning for spektralsignaturen. Trelagene angis under hovedtype. Angivelse av artene er aktuell

for alle oppløsninger av bilder, siden den enkelte plante er svært liten. Det er mulig å angi mange arter med en komprimert kode. Eksempel: a14 = finnskjegg (1) dominerer og bjønnskjegg (4) er subdominerende.

6.2.1 Arter/artsgruppe

Her er det ført opp et tilfeldig utvalg fra klassehierarkiet, kun som et eksempel. Det henvises til inndelingen av klassehierarkiet i kapittel 3.4.

a1 Finnskjegg, gjerne med innslag av sauesvingel
a2 Røsslyng
a3 Blåbær, skinntryte og krekling
a4 Bjønnskjegg
a5 Molte
a6 Vier
osv …….

Datafangstmetoder for arter/artsgrupper

- Visuell tolking på bilder
- Feltregistrering, referansedata
- Maskinelle analyser av bilder

6.3 Fuktighet

Vexcel og Ikonos bildene beskriver fuktighetsforholdene svært godt. Avstand i tid mellom fotografering og feltregistrering er problematisk. Sesongfuktighet og værforholdene like i forkant av fotograferingen vil ha betydning for fuktighetsgraden i vegetasjonen som kan observeres på bildet. Det er en fordel om sensoren har opptak av Mid-IR stråling (ca 1.5-1.7 μm), som gir et godt inntrykk av fuktighetsforholdene.

Vi synes at årets utprøving av en 4 delt inndeling på myr fungerer bra. Den bør kunne brukes for alle arter/artsgrupper i klassehierarkiet. Det gjenstår en definering av de fire fuktighetsklassene basert på spektrale forskjeller. En klar avgrensing mellom gruppene b1, b2 og b3 er ikke entydig, men må i stor grad kunne skilles på bildet.

6.3.1 Inndeling av Fuktighet

b1 tørr
b2 fuktig
b3 våt
b4 Svært våt. Åpne vannflater er framtredende på bildet (>40%)

Datafangstmetoder for Fuktighet

- Visuell tolking på bilder
- Feltregistrering, referansedata
- Maskinelle analyser av bilder

6.4 Andel impediment - åpenhet

Her beskriver vi mengden impediment (naken jord, sand, grus, stein, blokk og fjell) i vegetasjonen og graden av åpninger i tre og busksjiktet. Dette registreres svært godt på Vexcel-bildene. Andelen impediment i felt og bunnsjiktet beskrives direkte av høyoppløslige bilder når impedimentdetaljene er mindre enn oppløsningen på bildene.

Åpenhet i tre og busksjiktet er mindre aktuell for høyoppløslige bilder som fanger opp disse strukturene direkte.

For skog kan både c1, c2 og c3 benyttes, eksempel: c13 [3].

Datafangstmetoder for Åpenhet

- Visuell tolking på bilder
- Feltregistrering, referansedata
- Maskinelle analyser av bilder

6.4.1 Inndeling av Åpenhet

	Andelen impediment <20% og/eller tresjikt i skog > 70%
c1	Åpent marksjikt: Andelen impediment 20-40%
c2	Glissen og spredt marksjikt. Andelen impediment 40-70 %. (forslag på ny inndeling)
c3	Åpent tresjikt i skog (40-70% dekke) I prinsippet gjelder disse klassen kun for bilder med grovmasket oppløsning (10 m piksel eller større). Bilder med høyere geometrisk oppløsning fanger dette direkte

6.5 Lav

Inndeling av lav er egnet for registrering på alle oppløsninger av bilder, siden den enkelte plante er svært liten. Lavdekningen registreres svært godt på de multispektrale bildene. Vi har tidligere operert med en klasse med 25-50% dekning av lav. På grunn av heterogeniteten i fjellnaturen med mange overgangssoner vil denne klassen være vanskelig å gjennomføre.

6.5.1 Inndeling av Lav

	0 – 40 %	Ikke registrert
d1	40 – 70 % lav	(forslag på ny inndeling)
d2	>70 % lav	(forslag på ny inndeling)

Datafangstmetoder for Lav

- Visuell tolking på bilder
- Feltregistrering, referansedata

[3] Et godt eksempel er hasselskogene på Jomfruland i Telemark som står rett i rullesteinen, noen steder nesten uten vegetasjon under.

- Maskinelle analyser av bilder

7 Referanser

Dech, Stefan (?). Investigations on the efficient use of the panchromatic band of Landsat 7 ETM+ for land use classifications. (http://www.caf.dlr.de/caf/anwendungen/projekte/projekte_nutzung/landsat/landsat_projekte/projekt_dech/projekt_dech.htm#1#1)

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

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

Gjertsen, A. K., Stokland, J., Jansen, I. J. Schøning, P. og Strøm, G. D. (2004). Nasjonalt system for arealklassifikasjon (NASAK). NIJOS rapport 3/04.

Moen, A., (1999). Nasjonalatlas for Norge. Vegetasjon. Statens kartverk

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

Vikhamar, D., Fjone, G., Kastdalen, L. and Bolstad, J.P. (2004). Satellittdata til kartlegging av arealdekke. Utprøving av beslutningstremetodikk i Østfold fylke. DN-utredning 2004-3. 64s.

Vikhamar, D. & Kastdalen, L. 2005. Impervious surface mapping in Southern Norway, 31st International Symposium on Remote Sensing of Environment, St. Petersburg, Russia.

Ødegård, R.S. og Sickel, H (2005). Satellittbilder til kartlegging av arealdekkeendringer – en utprøving av metodikk for utvalgte inngrepstyper. Direktoratet for naturforvaltning.

Øien, D.-I. og Hjeltnes A. (2003). Klassifikasjon og flybildetolking av arealtyper i SatNat. Datafangstinstruks basert på metoden bildetolking. Notat med kodeliste 10.11.2003.

Økland, Rune H.,(2005). Ny norsk naturtypeinndeling. Tanker og skisser til prosjekt. Notat.

HiT skrift / HiT Publication

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 rensepark. 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 fenomenlogisk 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 Thorbergsen 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 vekttall. 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. Seminarrappport. 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