

Kartlegging av reinbeiter ved hjelp av Landsat 5/TM data i Kautokeino, Nord-Norge.

Mapping of reindeer ranges in the Kautokeino area, Northern Norway, by use of Landsat 5/TM data.

Tømmervik, H.¹ & Lauknes, I.²

¹ Norske Reindriftsamers Landsforbund, Boks 508, N-9001 Tromsø, Norway.

² Forskningsstiftelsen ved Universitetet i Tromsø (Forut), Stakkevollv. 23, N-9000 Tromsø, Norway.

Sammendrag: Målet med foreliggende undersøkelse var å undersøke muligheten av bruk av satellittdata i kartlegging av vinterbeiter for rein i Ávžže-området i Kautokeino på bakgrunn av Landsat 5 TM-data.

En «hybrid» klassifikasjonsrutine ble fulgt i prosjektet. Først ble en ikke styrt klassifikasjonsrutine («cluster algoritme») på en 1/4 del av bildet/scenen hvor man hadde markdata (flybildetolkning av vegetasjon) utført. Ved analyse av ulike kanalkombinasjoner kom man fram til at kanalkombinasjonen TM 5/4/3 hadde størst overenstemmelse med markdata. Det klassifiserte resultatet (12 klasser) ble brukt som «inndata» i en styrt klassifikasjonsrutine («minimum distance» algoritme) for hele bildet/scenen. Resultatet av denne klassifikasjonen ble filtrert for enkeltpikslar («median-filter») og til slutt ble det klassifiserte bildet geometrisk transformert til UTM-kartprojeksjon. Resultatet ble dermed et tematisk kart.

Klassifikasjon (ikke styrt/styrt) på scenen viste god overensstemmelse med det tolkede flybildet fra området, og klassifikasjon med hensyn til lavheier og fattige bjørkeskoger med lav, viste fra 90–100% samsvar i forhold til det tolkede flybildet. Tilstanden av lavbeitene kunne detekteres ut fra satellittdataene, men her trenges det mer bildeanalyse og feltundersøkelser. Visuell analyse viste at inngrep i beiteområdene som veier og landbruk og andre inngrep kunne tolkes ut. I kapittel 5. Resultater og diskusjon blir andre studier med henhold til satellittkartlegging referert og diskutert.

De foreliggende resultater viser at man kan bruke satellittdata som første trinns kartlegging av reinbeiter, samt til overvåking av reinbeitene over tid.

Rangifer, 7(2): 2–14

Tømmervik, H. & Lauknes, I. 1987. Mapping of reindeer ranges in the Kautokeino area, Northern Norway, by use of Landsat 5/TM data.

Abstract: The aim of this study was to test the utility of Landsat 5/TM data to detect and map reindeer ranges (winter ranges). The area which has been investigated is the Ávžže area in Kautokeino, Northern Norway, on the means of Landsat 5 TM-data.

A «hybrid» non-supervised/supervised classification routine was elaborated and applied in this project. The initial stage was an analysis of several bandcombinations, and the 5/4/3 combination gave the preferable combination as input to the cluster algorithm (unsupervised classification). The image was divided in 4 sections of size 512 samples and 512 lines. One of this sections (the section which cover the ground truth map) was selected for the non-supervised classification. In the beginning 17 classes were merged, and a median filter was applied for the resultant image, which comprises 12 classes. The statistics from the final result from the non-supervised classification were then used together with the TM bandcombination 5/4/3 for the whole image, as

input to the minimum distance classification algorithm. This algorithm was applied to every section in turn. A mosaic of the 4 sections was then made and a median filter was then registered to a digitalized map (UTM-projection). The final result was a colored thematic map over the whole area.

The classification of the scene was successful with an overall classification of 90–100% for lichen-heaths (9dx/9c/9a/9av Dry shrub, fresh shrub) and birch-forests (6d/6dv/6dx shrubtype with lichen). The condition of the lichen-heaths could be detected on a sufficient level on the basis of the satellite data, but further analysis will be done here. The accuracy of the digital classification was assessed on a quantitative basis. Visual classification and interpretation of the satellite imagery showed that areas of conflict (roads, agriculture) could be detected. In chapter 6. «Resultater og diskusjon» some other results from other studies/investigations carried out in Scandinavia concerning remote sensing in mapping of vegetation are referred and discussed.

Based on this study, we will conclude that use of satellite data is capable to serve as first stage classification in a multistage land use and reindeer range inventory and monitoring system.

Key words: Remote Sensing, «hybrid» classification algorithm, vegetation, reindeer range inventory.

Rangifer, 7(2): 2–14

Tømmervik, H. & Lauknes, I. 1987. Landsat 5/TM tietoihin perustuva porolaitumien kartoitus Kautokeinosssa, Pohjois-Norjassa.

Yhteenveto: Työn tarkoituksena oli tutkia mahdollisuuksia käyttää Landsat 5 TM -tietoja porojen talvilaitumien kartoitukseen Kautokeinin Ávzze -alueella.

Projektissa käytettiin hybridistä luokittelurutiinia. Ensin käytettiin ei-ohjattua luokittelurutiinia (terttualgoritmia) neljänneskuvan alueelta, jonka kasvillisuudesta oli käytettävissä ilmakuvista saadut maastotiedot. Eri kanavayhdistelmiä analysoitaessa todettiin, että yhdistelmä TM 5/4/3 parhaiten vastasi maastotietoa. Luokittelun (12 luokkaa) tulosta käytettiin lähtötietona ohjatussa luokittelussa koko kuvan alueella, n.s. lyhimmän matkan algoritmia käyttäen. Tämän luokittelun tulokset suodatettiin keskiarvon mukaisiksi ja lopulta luokiteltu kuva muunnettiin geometrisesti UTM-projektioon. Tulokseksi saatiin täten kasvillisuutta kuvaava teemakartta.

Luokittelu maastossa (ohjattu/ei-ohjattu) täsmäsi hyvin alueen ilmakuvan tulkinnan kanssa. Jäkäläkankaiden ja karujen jäkäläisten tunturikoivikkojen kohdalla yhtäpitävyys ilmakuvan tulkinnan kanssa oli 90–100%. Satelliittitiedoista voitiin tehdä päätelmiä jäkälälaitumien tilasta, mutta näiltä osin tarvitaan lisää kuvanalyysijä ja kenttätutkimusta. Silmämääräinen analyysi osoitti että erilaiset puuttumiset porolaitumiin kuten tiet ja maanviljelys y.m. voitiin saada esille. Kappaleessa 5 «Resultater og diskusjon» käsitellään myös muuta satelliittikartoitukseen liittyvää tutkimusta.

Tulokset osoittavat että satelliittitietoja voidaan hyödyntää porolaitumien ensivaiheen kartoitukseen sekä laitumien jatkotarkkailuun.

Rangifer, 7(2): 2–14

Innledning

Denne artikkelen tar utgangspunkt i et pilot-prosjekt som Norske Reindriftsamers Landsforbund og Forskningsstiftelsen ved Universitetet i Tromsø har samarbeidet om (Tømmervik & Lauknes 1987). Målsettingen for dette prosjektet har vært å vise en alternativ modell for naturressurs- og reindriftskartlegging, som er basert på utstrakt bruk av IR-bilder opptatt fra fly og satellitter.

Situasjonen nå er at man kun har grove arealstatistikker for noen av reinbeitedistriktene, mens det noen få steder foreligger arealressurskart og vegetasjonskart. Ved hjelp av de sistnevnte kart har man bl.a. på svensk side kunnet

dokumentere reinbeiteressursene i et område på en helt annen måte enn tidligere. Dette har vært til uvurderlig hjelp i konsekvensanalyse-sammenheng i forbindelse med inngrep som er gjort i reindriftsområdene. Problemet med slike kart er at de til nå har vært svært tidskrevende og dyre å produsere. Produksjonstiden har vært opp til et par år og de har kostet opp til 250.000 kroner å produsere (målestokk 1:50 000).

Metodene for kartlegging av naturressurser har i de siste tiåra blitt sterkt utviklet, og en av disse metodene er fjernmåling og fjernanalyse fra fly og satellitt. I forhold til de personalintensive og konvensjonelle metoder, så gir fjernmåling fra satellitt en god mulighet for kartlegging

og overvåking av beiteområdene. Dette er et resultat av stor overflatedekning og muligheter for repeterbare pass/opptak gjennom året eller med noen års mellomrom.

Målene for dette prosjektet har blant annet vært:

- a) en enkel ressurskartlegging (beitetypekartlegging basert på kjente systemer for vegetasjonstypeinndeling).
- b) å kartlegge lavbeitenes tilstand
- c) å kartlegge inngrep og arealer som er sterkt oppstykket

Et samarbeid ble innledet med Per K. Bjørklund fra Jordregisterinstituttet, som hadde kartlagt et område mellom Kautokeino og Ávžže ved hjelp av infrarøde flybilder (IR-bilder). Bjørklund fulgte opp vårt prosjekt ved å være behjelpelig med IR-bilddata, prosjektrapport og sine kunnskaper om området. Han var også til stede ved bildebehandlingsanlegget ved Tromsø Telemetristasjon under det innledende arbeidet.

Kart produsert ved hjelp av satellittbilddata

Kart som produseres ved hjelp av satellittdata er ikke vanlige avfotograferinger, men strålingsinformasjon som er blitt bearbeidet og analysert i datamaskinen. Dette innebærer stort sett at man sammenligner strålingsintensiteten i ulike bølgelengder for ukjente områder med intensiteten for kjente områder (vegetasjonstyper eller andre objekt). Dette skjer ved at man velger ut områder (treningsområder) med kjente vegetasjonstyper eller landformer i delbilder fra satellitten. Dette utføres ved terminaler med fargebildeskjermer. Ved kartlegging av ukjente områder så skjer det for hvert bildeelement (30x30 meter) en beregning av hvilken type mark det med størst sannsynlighet tilhører. Bildeelementene kalles på fagspråket for piksler. Piksler som avviker kraftig fra de kjente vegetasjonstyper eller objekter kommer fram som uklassifiserte piksler. M.a.o. blir området for uklassifiserte piksler farget svart. Pikslene blir så skrevet ut på film i ulike farger ved hjelp av datamaskinens filmskriver eller direkte ved hjelp av digitale karttegnemaskiner (kartplottere). Vapsten Sameby i Västerbotten (Sverige) har brukt informasjon fra et satellittbilde for å kartlegge inngrep (vannkraftutbygging, veier, skogbruk m.v.) som er gjort i vinterbeiteområ-

det (Svonni, Umeå, pers. medd. 1986). Denne informasjonen foreligger i form av et ferdigtrykt kart. Arbeidet videreføres med å supplere kartet med vegetasjonstyper og tilstanden i skogen (hogst m.m.).

Områdebeskrivelse

Området det ble tatt utgangspunkt i var et område mellom Kautokeino, Ávžže og Vnorasvarri. Det er på 100 kvadratkilometer, og er et av de mest heterogene (komplekse) områder i Kautokeino m.h.t. vegetasjonstyper. Området er dominert av lavrike skog- og heityper, men har relativt stor prosentvis dekning med myr og sumpskog. De sistnevnte arealer er svært heterogene og varierte med hensyn til typer og utforminger. Av viddas vegetasjonstyper skulle de fleste være representert innenfor det kartlagte området. Således vil vegetasjonen være representativ for den indre del av Finnmarksvidda. Området ligger sentralt til ved bilveg, og omfatter bl.a. forsøksområde og feltstasjon for Statens Reinforsøk (Bjørklund 1984). Det området som ble klassifisert omfattet et større område (ca. 943 kvadratkilometer) og ligger nord og øst av Kautokeino kirkested (fig. 1).

Data og metoder

Bilddata

Tabell 1. Oversikt over bilddata brukt i undersøkelsen.

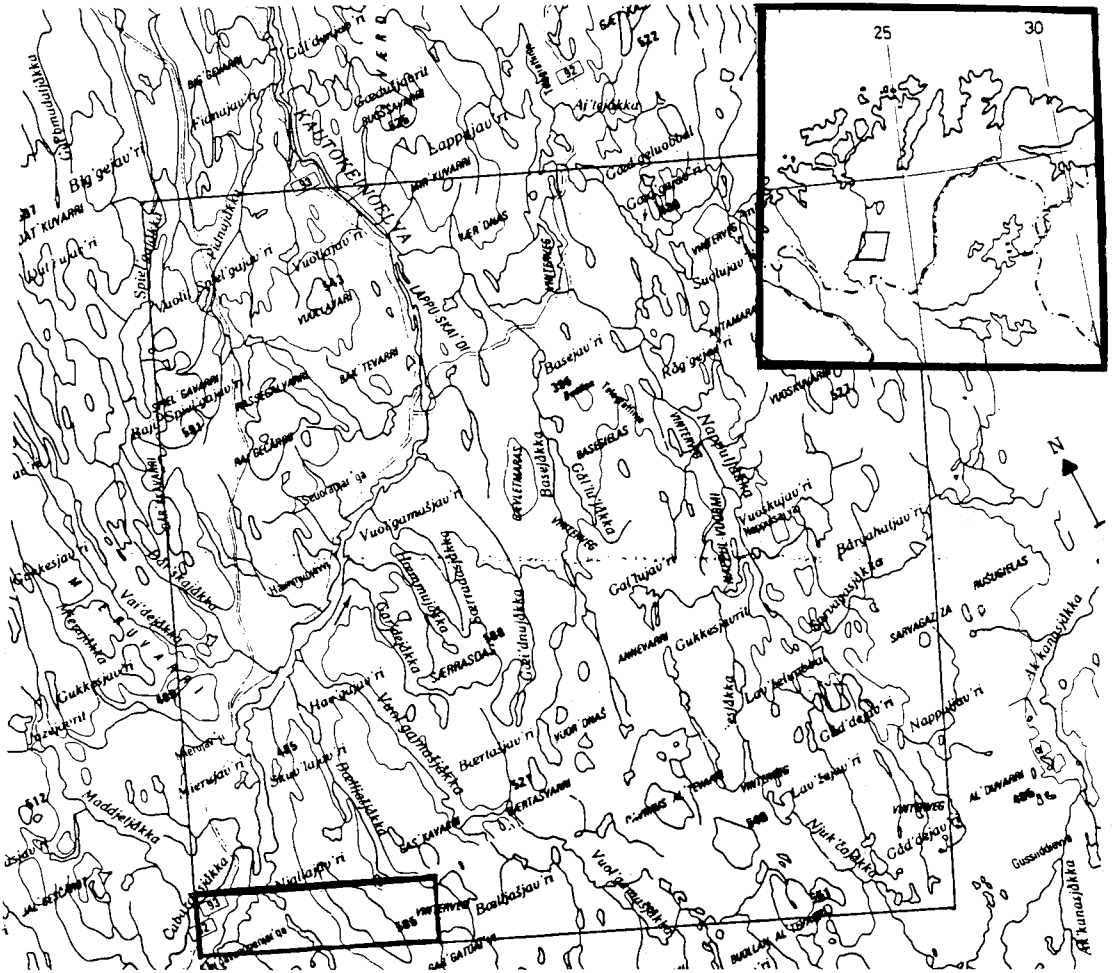
Table 1. Applied image data.

	Opptak Recorded	Scene
Landsat 5 TM-Scene	1984-08-01	194/11
IR-flybilde (NLF) Air picture	1980-07-18	

Metoder brukt i bildebehandlingen

Prosesseringen av Landsat/TM bilddata startet i desember 1985 og fortsatte ut året 1986, med mer eller mindre avbrudd grunnet andre oppgaver.

Området som en var interessert i å vegetasjonsskartlegge med hensyn til reindriftsforhold, tilsvarte en bildestørrelse på 1024 samples og 1024 linjer i TM-scenen. Fordi bildebehandlingssystemet ved TTS har begrensninger når det gjelder å behandle store bilder/scener, ble bildet delt inn i 4 seksjoner med størrelse 512 samples og 512 linjer.



Figur 1. Det vegetasjonskartlagte området (Topografisk kartserie 1501 – Nordreisa 1:250 000), Statens Kartverk). Det lille rektanget i nedre venstre hjørne representerer området hvor analysen av klassifiseringsresultatet ble foretatt.

Fig. 1. The position of the study area, and the area which is mapped (Topographic map 1501 – Nordreisa 1:250 000). The rectangle in the lower left represents the test area, where the ground truth map is registered.

På disse 4 seksjonene ble det utført ikke-styrte klassifikasjonsmetoder («cluster analyser») basert på ulike TM - kanalkombinasjoner. Det ble også brukt bildeforbedringsmetoder, som f.eks. kontraststrekking for å oppnå bedre muligheter for visuell inspeksjon og for å oppdage kjente objekter i bildet (veier, sandtak, vatn o.s.v.)

Ikke-styrt klassifikasjon

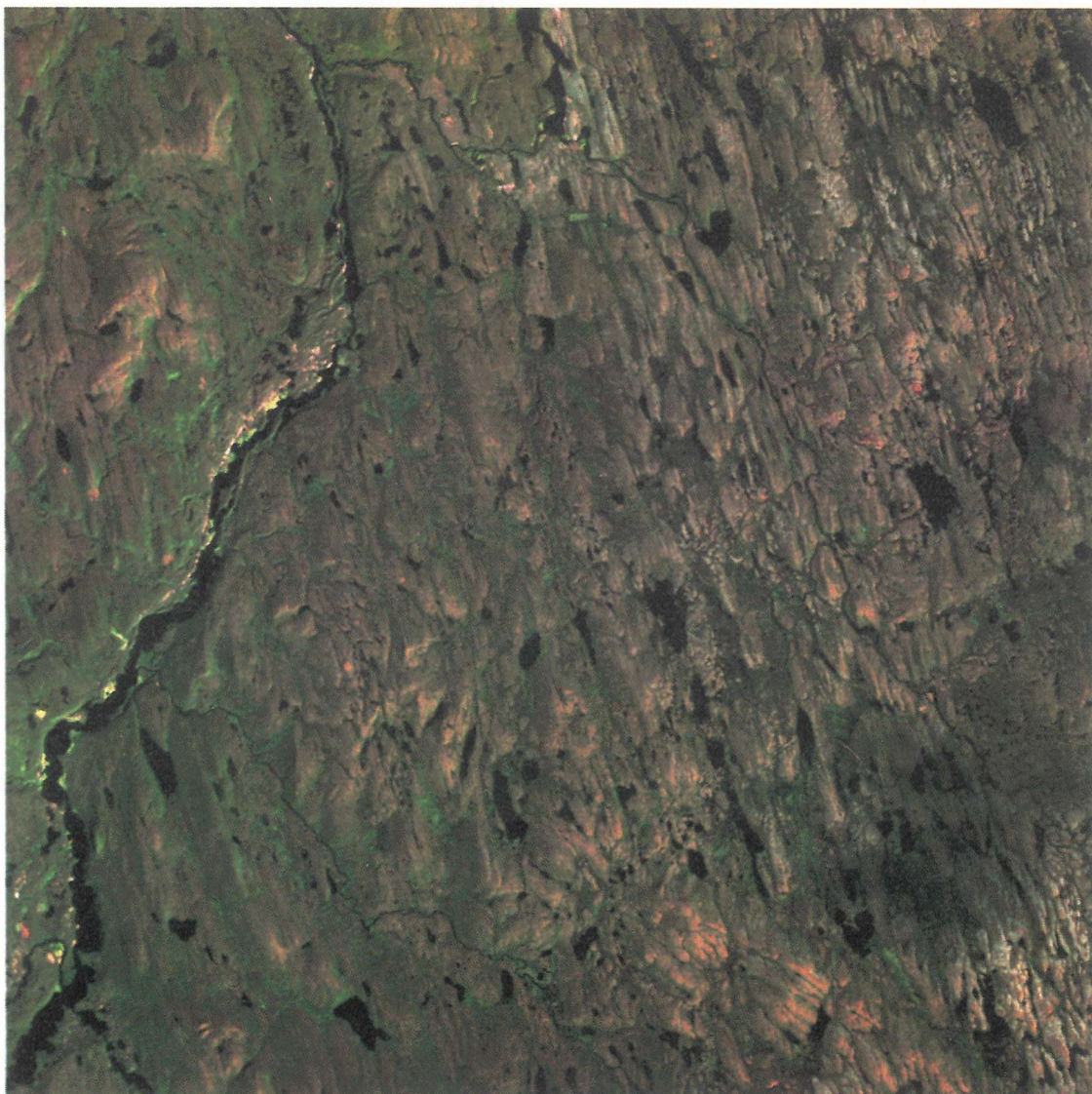
Seksjonene var det originale (rådata) TM bildet ble brukt som inndata til «cluster» - algoritmen. Det ble forsøkt ulike kanalkombinasjoner som 3/2/1, 5/4/3, 5/4/2, 5/4/3/2 og 7/5/4. Ved eksperimentering og visuell inspeksjon viste det

seg at kanalkombinasjonene 5/4/3 og 7/5/4 ga de beste resultatene. Kanalkombinasjonene 5/4/3 ble foretrukket (fig. 2).

Parametrene til «cluster» - algoritmen ble justert slik at algoritmen ga et resultat på 17 klasser. Resultatet fra «cluster» algoritmen ble så mediainfiltrert, for å filtrere bort enkelte piksler slik at bildet ble bedre egnet for visuell inspeksjon og klassifisering.

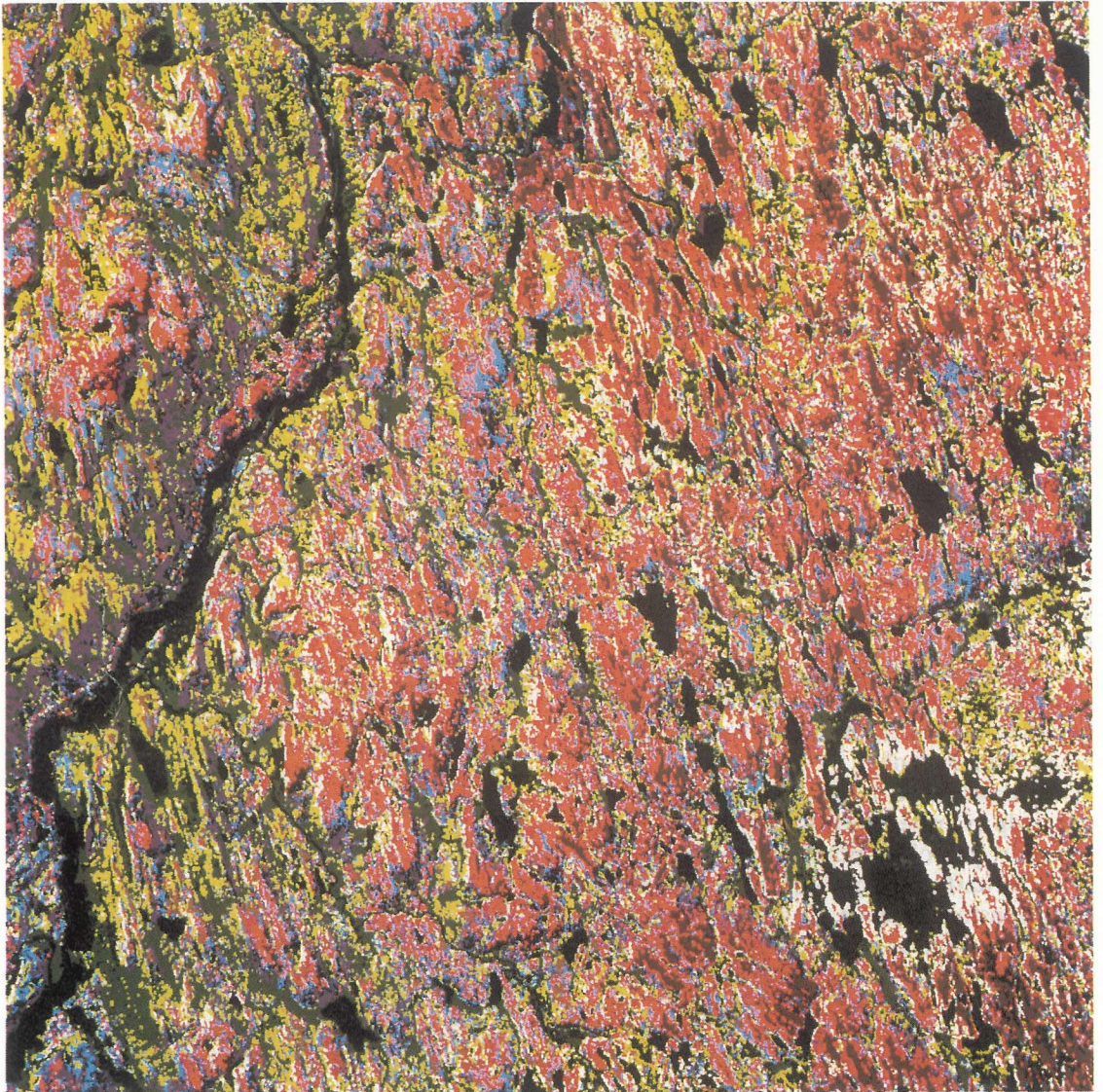
Klassifisering av hele området

Det ble bestemt å prøve å klassifisere hele området, samt å få det klassifiserte bildet på kartriktig form (tematisk kart).



Figur 2. TM - kanalkombinasjonen 5/4/3 (RGB) over Kautokeino-området, geometrisk korrigert og transformert over til en UTM kartprojeksjon. Bildet er også lineært kontrastforbedret for å få fram detaljer i bildet. I bildet framkommer lavheier i grå/rød/brun farge, myr i rød-brun farge og skog i grønne nyanser. Landbruksområder vises i gule og røde fargenyanser, mens veier og sandtak vises i røde farger. I nederste høyre hjørne blir bildet forstyrret av noen skyer.

Fig. 2. *TM - bandcombination 5/4/3 (RGB) over Kautokeino area, registered to UTM projection. The image is contrast stretched (linear stretching) for visual inspection and feature recognition. Dry shrub and fresh shrub (both types with lichen) are represented in grey, red and brown colours, wet shrub and mires in dark red-brown colours and forests in green colours. Agricultural areas are represented in yellow-red colours, roadsystems are to be seen in red colours. The area in lower right part of the image is partly covered with cloud-shadows.*



Figur 3. Bildet viser det klassifiserte resultatet med 12 klasser, pseudofargelagt og på kartriktig form.

Fig. 3. The final result, pseudo coloured thematic map over the whole area. The legend comprises 12 classes.

En «hybrid» versjon av den ikke-styrte klassifikasjonsmetoden ble nå brukt. Et delbilde (512x512) som tilsvarte noe av det samme området som det tolkede flybildet (som inneholder vegetasjonstyper som er karakteristisk for hele området), ble valgt ut som inndata (kanalkombinasjonen 5/4/3) til «clusteralgoritmen».

«Cluster» algoritmen ble anvendt på dette utsnittet flere ganger med forskjellige parametre, inntil resultatet kunne godkjennes på bakgrunn av kjennskap til området og sammenlikning med det tolkede flybildet. Resultatet ble et bilde på 17 klasser.

Statistikken for disse 17 klassene (fra delbildet) sammen med TM kanalene 5/4/3 ble nå anvendt som inndata til en minimum distanse klassifikasjonsrutine. Bildet (1024x1024) ble så delt inn i de samme delbilder som nevnt ovenfor, på grunn av systemets begrensede kapasitet for behandling av store bilder. Minimum distanse klassifikasjonsrutinen ble så anvendt på delbildene etter tur.

Til slutt ble delbildene mosaikkert sammen slik at en nå hadde et klassifisert resultat av hele området. Medianfiltrering av resultatbildet ble også anvendt nå.

Det klassifiserte bildet (resultantbildet) ble ved hjelp av en geometrisk transformasjonsrutine basert på polynomfunksjoner, transformert til UTM kartprojeksjon. Etter at den geometriske transformasjonen var ferdig ble bildet fargelagt ved hjelp av en fargeleggingsrutine («color»), hvor det er mulig å bestemme fargekombinasjoner og valører digitalt.

Metode for analyse av klassifikasjonsresultatet

Et område på ca. 30.1 kvadratkilometer i sørvest-delen av scenen ble brukt som basis for sammenligningen. En «non-site-specific» metode ble brukt (Reichert & Crown 1984), der man kun sammenlignet vegetasjons-/beitetypenes arealandeler på det tolkede flybildet med de arealandeler som de sammen typer hadde på det klassifiserte bildet, uavhengig av lokalisering (tab. 4 og fig. 3). En «site specific» metode analyserer og sammenlikner to datasetts (et markdatasett og et satellittdatasett) romlige forhold. For sammenlikning av klassifikasjonen med det tolkede flybildet ble flere av klassene i tabell 3. slått sammen, da kriteriene for kartleggingen i felt og på bakken ikke er de samme. I felt foretas det ofte integrasjon (sammenslåing

av flere typer). Vi tok utgangspunkt i at kanalkombinasjonen 5/4/3 er godt egnet i å kartlegge lavholdig vegetasjon, og foretok da en sammenslåing av de klasser som hadde spektralsignaturer (se tabell 2.) som lå opp til hverandre, og som viste seg å være identiske vegetasjonstyper.

Vegetasjonstype/klasseinndeling

Vi har fulgt Jordregistreringsinstituttets typeinndeling i dette prosjektet.

6c. Rik bjørkeskog

I denne typen inngår ulike typer av høgstaudebjørkeskoger, samt rike, intermediære sumpskoger. I tillegg inngår tresatt intermediær og rik myr. I tillegg finnes det smale dråg langs bekker med dominans av *Geranium sylvaticum* i mosaikk med *Vaccinium myrtillus* og *Empetrum hermaphroditum* (blåbær- og kreklingdominert bjørkeskog). De ulike utformingene opptrer på ulike typer substrat og lokaliteter. Rikskoger forekommer vanlig i smale eller bredere soner på sediment langs elver, som sesongvis kan bli overfløymet. (I tillegg finnes 6c. Rik bjørkeskog i lisdeler, og her er det også stor variasjon i vegetasjonen. Relativt store arealer i det kartlagte området består av «rike», «intermediære» og «fattige» sumpskogutforminger.

6d. Fattig bjørkeskog

Denne klassen omfatter for det meste lav- og lyngrike utforminger. Lavdekningen ble kartlagt i tre undergrupper, nemlig 6d 0–20%, 6dv: 20–50% og 6dx: 50–100% lavdekning. Lavdekningen er godt synlig på IR-bildet med lyse lilla og blålige nyanser. På satellittbildet kommer dette fram som lilla-fiolette nyanser. I tillegg opptrer det en sumpskogutforming med *Vaccinium uliginosum*, *Calluna vulgaris*, *Betula nana* og vierkratt (*Salix*-arter).

7a. Starr/gressmyr

Omfatter all starr- og gressdominerte myrtyper. (Bløtmyr og sumper går inn i denne typen). Det ble ikke gjort forskjell på rikmyr og fattigmyr her, noe som byr på problemer under ikke-styrt klassifikasjon.

7d. Rismyr

Omfatter alle mose-, lav- og lyngdominerte myrer. Klassen omfatter også kompleksmyrer,

som består av «tuvemyr» og «strengmyrer» med noe starrmyr i mellom. Lavdekningen er kartlagt i tre undergrupper; 7d: 0–20%, 7cv: 20–50% og 7dx: 50–100%.

9a. Rishei

Typen omfatter blåbærhei (*Vaccinium myrtillus*), lyng- og dvergbjørkdominerte (*Empetrum hermaphroditum* og *Betula nana*) arealer i lesider. Typen utgjør her små arealer av det kartlagte området. 9a forekommer oftest som en mosaikk av typen 9a, Rishei og 9d Lavhei, der førstnevnte dominerer arealmessig. 9a forekommer i området med en lavdekning på 20–50% (9av), men også med liten lavdekning (9a) og med stor lavdekning (9ax). 9a (9a, 9av og 9a) vil også forekomme spredt som små lokaliteter i 9d, Lavhei, og ble derfor ikke kartlagt av Bjørklund (1984). Men på satellittbildet trer disse små lokalitetene fram som enkeltpiksler eller små «øyer» innenfor 9d komplekset.

9d. Lavhei

Lavhei forekommer normalt på høyereliggende eksponerte partier med tynt snødekke, men kan også forekomme i senkninger i terrenget. De mest eksponerte og gulskinnpregete (*Cetraria nivalis*) områdene kommer fram som rødlige områder på satellittbildet, mens de mer kvitkrull- (*Cladonia stellaris*) og lys/grå reinlav-utformingene (*Cladonia arbuscula* og *Cladonia rangiferina*), kommer fram som mer hvite partier på bildet. Økt innslag av lyng og dvergbjørk (*Betula nana*) i 9d vises på satellittbildet med mer brun/rødlig farge. Områder med beiteslitasje ble også skilt ut ved at de mer rødlige områdene var mest belastet og utnyttet. 9d, Lavhei ble under feltarbeidet kartlagt i tre undergrupper med henhold til lavdekning; 9d: 0–20%, 9dv: 20–50% og 9dx: 50–100%. I tillegg ble beiteutnyttelsen kartlagt i to undergrupper: 9dx - sterk utnyttelse, 9dx - mindre sterk utnyttelse, 9dv - sterk utnyttelse og 9dv - mindre sterk utnyttelse og 9d - sterk utnyttelse og 9d - mindre sterk utnyttelse.

11a. Ur- og blokkmark

Areal med mindre enn 20% vegetasjonsdekning. Resten er mest grus, stein og blokker.

11b. Bart fjell

Rangifer, 7(2), 1987

11d. Utnyttet impediment

Utbygde arealer, veier, grustak, fyllinger, veiskjæringer m.v.

12. Jordbruksområder

Dyrket og brakk mark (8c Beitevoll).

Bildebehandling

Digital klassifikasjon og visuell tolkning ble utført på et 12S IMAGE PROCESSING SYSTEM (MODEL 575) tilknyttet en WAX 730 vertsmaskin ved Tromsø Telemetristasjon (TTS), Tromsø.

Resultater og diskusjon

Klassifikasjonsresultater

Det ble brukt en ikke-styrt klassifikasjonsmetode (automatisk) basert på TM kanalene 5, 4 og 3, som omfattet et område på 943 kvadratkilometer.

Maskinen «clustret» ut først 17 forskjellige klasser, som ikke hadde noe «overlapp» angående midlere spektralsignaturer +/- standardavvik (tab. 2). Resultatet fra «cluster» analysen ble så visuelt sammenlignet med det fra før vegetasjonskartlagte delområdet.

Analysen av resultatet fra den ikke-styrte klassifikasjonen viste at det var naturlig å slå sammen noen av vegetasjonsklassene. Dette kom av at spektralsignaturene for noen klasser var nokså like, eller at det var naturlig å slå sammen klassene sett i plantesosiologisk sammenheng.

Typeklassifiseringen som Jordregistreringsinstituttet har utført er brukbar for området, men man må skille en del mer på typene og være forsiktig med å integrere typer som egentlig står svært langt fra hverandre både phytososiologisk og når det gjelder spektralsignaturer (fysiske egenskaper). Disse problemene oppsto spesielt i områder med 7d/7dx Lav/lyngdominert myr hvor en del 7a Starrmyr ble integrert inn i denne klassen ved flyfototolkningen.

Vi slo så sammen de vegetasjonsklassene som i spektralsignatur og egenskap skilte seg lite ut i fra hverandre, og fikk da til resultat 11 klasser vegetasjon (11 vegetasjonstyper), samt en klasse for vatn (tab. 3). Klassifiseringsresultatet i nedre høyre del av området (fig. 3) er noe forstyrret av skyer (skyskygger).

Tabell 2. I tabellen vises spektralsignaturenes mid-
delverdi og standardavvik for de ulike klas-
ser i kanalene 5, 4 og 3. Kollonnen ytterst
til høyre viser antall piksler i hver klasse.

Table 2. The «cluster» statistics of the spectralsignatu-
res for the 17 classes in the bands 5, 4 and 3.
The column in the far right shows the num-
ber of pixels in each class.

Summary table				
Class	Bands (M/STD)			Pixels
	5	4	3	
1	49.80	46.97	22.39	27444.
	3.57	4.94	2.46	
2	52.79	47.44	27.46	11238.
	3.57	4.94	2.46	
3	51.34	57.07	21.28	12544.
	3.57	4.94	2.46	
4	52.97	55.01	27.35	4645.
	3.57	4.94	2.46	
5	58.94	49.89	24.28	21833.
	3.57	4.94	2.46	
6	60.29	49.22	28.66	15092.
	3.57	4.94	2.46	
7	58.94	57.05	22.70	6962.
	3.57	4.94	2.46	
8	60.56	54.75	28.13	7517.
	3.57	4.94	2.46	
9	64.33	50.89	25.81	14705.
	3.57	4.94	2.46	
10	65.75	50.55	29.49	16162.
	3.57	4.94	2.46	
11	64.49	56.52	24.63	5970.
	3.57	4.94	2.46	
12	66.34	54.68	29.51	9975.
	3.57	4.94	2.46	
13	68.60	51.61	26.61	9654.
	3.57	4.94	2.46	
14	70.23	51.49	30.99	29363.
	3.57	4.94	2.46	
15	70.39	56.82	26.27	5856.
	3.57	4.94	2.46	
16	72.79	54.83	34.22	35666.
	3.57	4.94	2.46	

Klassifikasjonen skilte ut 6 lavbeiteklasser (lavdekning større enn 20%); 2 skogsklasser med lav (lavdekning større enn 20%), en myr-
type med lav, 3 lav-rishei-beiteklasser (lav-
dekning større enn 20%) og en lav-risheiklasse
med lavdekning mindre enn 20%. For lav-ris-

heiklassene fikk en også skilt ut de områdene
som var spesielt godt utnyttet av reinen og som
er mer eksponert med hensyn til vind og erosjon
samt de områdene som ikke hadde den samme
beiteutnyttningen og/eller lå mer beskyttet både
for beiting og vær og vind.

Analyse av klassifikasjonsresultatet

Nedenfor er det satt opp en tabell (tab. 4) med
de resultater som en fikk ved analysen av klassi-
fikasjonen sammenholdt med det tolkede fly-
bildet.

Klassifikasjonen av de lavholdige beitetypene
(6d, 6dv, 6dx, 7dx, 7d, 9d, 9dx, 9av og 9a) har
en høy grad av samsvar med det tolkede flybildet
(99,4%). Det er imidlertid lavere grad av
samsvar for noen av disse vegetasjonstypene,
men dette kommer av at de forekommer i mo-
saikk med andre typer og har liten arealmessig
utstrekning. De vegetasjonstypene med minst
areal og størst variasjon i økologi, sumpskog
og myr (7a, 7dx/7d), viste dårligst overensstem-
melse med det tolkede flybildet (48,6% og 70%
samsvar), samt 9d/9a Lav-Rishei (66,6% sam-
svar), men her er arealene for små for å kunne
komme fram til sikre konklusjoner. Integrasjon
av bakke-data under vegetasjonskartleggingen
kan ha vanskeliggjort klassifikasjonen her.

For 7d/7dx Lav/lyngdominert myr kunne en av
flybildet se at en del 7a Starrmyr hadde blitt in-
tegrert inn i denne klassen ved flyfototolkning-
en. Dessuten har de tørreste deler av 7d/7dx
nok blitt integrert inn i 6d Fattig bjørkeskog un-
der flybildetolkningen, da arealdelen for satel-
littklassifiseringen her er mye større. Dette kan
komme av at den midlere infrarøde kanalen
(kanal 5) er følsom for vanninnhold i jord/torv,
og derfor vil kartlegge fuktig skogsmark inne i
myrklassen (7d/7dx).

Fattig bjørkeskog m/lav (6d/6dv/6dx) og 6c
Rikskog viste høy grad av samsvar når en sam-
menlikner det klassifiserte satellittbildet med
det tolkede flybildet. Lav-Rishei (9dx/9av) ble
også detektert med høy grad av samsvar
(97,4%). Når det gjelder lavbeitenes utnyttelse-
tilstand kunne en til dels kartlegge dette også,
da en kunne skille typene 9dx/9av Lav-Rishei,
tett lavdekning og sterk utnyttelse (92,8% sam-
svar) og 9dx/9av Lav-Rishei, tett lavdekning og
mindre utnyttet (70% samsvar). 9d/9a Lav-Ris-
hei (mindre tett lavdekning og sterkt utnyttet)
ble kartlagt med 66,6% samsvar i forhold til

Tabell 3. Tabellen viser det klassifiserte resultat etter at noen av de 17 opprinnelige klassene ble slått sammen. Arealfordelingen står til høyre i tabellen.

Table 3. The result of the classification after some of the classes were merged together. The area in squarekilometers in the right column.

Klasse Class	Vegetasjonstype Type of vegetation	Areal (km ²) Area (km ²)
0	Vatn/elver/uklassifiserte piksler <i>Lakes, rivers and unclassified pixels</i>	98.18
1	6dv Fattig bjørkeskog <i>Birch forests, heath with lichen cover: 20–50%</i>	137.05
2	6d Fattig bjørkeskog <i>Birch forests, heath</i>	84.80
3	6c Rik bjørkeskog <i>Birch forests, meadow type</i>	114.18
4	7a Starrmyr <i>Mires, intermediate type</i>	35.98
5	6dx Fattig bjørkeskog med lav <i>Birch forests, heath with lichen cover: 50–100%</i>	95.32
6	7dx/7d Lav/lyngdominert myr <i>Wet shrub with lichen cover</i>	70.94
7	9ax/v Rishei med lav <i>Fresh shrub with lichen cover</i>	73.64
8	9dv/6dv Lavhei med spredt tresetning <i>Dry shrub/heath with scattered trees</i>	53.15
9	9dx/9av Lav-rishei (tett lavdekke, sterkt utnyttet) <i>Dry shrub – Fresh shrub, dense lichen cover, exploited</i>	88.78
10	9d/9a Lav-rishei (mindre tett lavdekke, sterkt utnyttet) <i>Dry shrub – Fresh shrub, not so dense lichen cover, exploited</i>	22.44
11	9dx/9av Lav-rishei (tett lavdekke, mindre utnyttet) <i>Dry shrub – Fresh shrub, dense lichen cover, not so exploited</i>	79.22

Total areal: 943.72 km²

felldata (Tab. 5). Denne undersøkelsen viser at lavbeitenes tilstand muligens kan overvåkes over tid ved hjelp av satellitt-teknologien, men her må ytterligere undersøkelser til. Et annet forhold er at de mest eksponerte Lav-Risheiene (9dx/9av) trolig blir så sterkt utsatt for vind og annen klimatisk påvirkning, at beitetrykket spiller en sekundær rolle.

Diskusjon

Vår undersøkelse viser at lavholdige vegetasjonstyper/beitetyper kartlegges godt av Landsat 5 TM-satellitten (99,4% samsvar med bakke-data). Dette er i overensstemmelse med at

satellitten har en kanal plassert i området 1.5 – 1.7 μ m, hvor vegetasjonstyper med lavinnhold/dekning blir best detektert og kartlagt.

Når det gjelder 9ax/9av/9a Rishei, så vil denne vegetasjonstypen ofte forekomme i mosaikk med 9d Lavhei. Bjørklund (1984) integrerte ofte 9a Rishei inn i 9d Lavhei, men av det klassifiserte bildet ser en at i alt 73 kvadratkilometer av totalarealet dekkes av denne vegetasjonstypen. En kan se av det klassifiserte bildet at 9ax/v danner små «øyer» i 9d-komplekset.

I tillegg kunne man utenfor testområdet visuelt tolke ut klasser som grus/sandtak, veier, utbygde områder (11d), jordbruksområder (12) og beitevoller (8c), men her ble det ikke utført

noen analyse mellom satellittbilledata og felt/kartdata.

I Pasvik (Korsmo & Lauknes 1986) ble hogstflater og skogsbilveier godt kartlagt av Landsat 5 TM satellitten. Her var det bilder som ble kontraststruktet som ga det beste resultatet for identifisering av inngrep, men også digital klassifisering ga bra resultat i kartlegging av hogstflater, som er oppstått etter 1960. Vår undersøkelse viser det samme forholdet med hensyn til inngrep i landskapet som veier, jordbruk og grustak. Endring i lavbeitenes areal kan dermed følges over år, og f.eks. inngrep som bl.a. veibygging, skogshogst m.v. kan registreres ved hjelp av satellitteknologien med jevne mellomrom.

Forskjellige forfattere har studert muligheten av å bruke Landsat TM-scener og SPOT-scener som grunnlag for vegetasjonskartlegging.

Jaakkola (1985) har gjort en studie på simulerte SPOT-data og konkluderte med at klassifisering med henblikk på skogstyper var meget god, med en gjennomsnittlig riktig klassifisering på over 90%, sammenliknet med bakkedata. Tømmervik (1985 og 1986) kom fram til samme konklusjon m.h.t. Landsat 5 TM-data og SPOT-simulert data, når det gjaldt «rike» skogstyper.

Tømmervik (1985) fikk dessuten som resultat av satellittkartleggingen i Dividal en god oversikt over tilgjengelig vinterbeite i fjellregionen, fordi satellittbildene/de simulerte data var tatt på våren, der rabb-snøleiemønsteret trådte klart fram.

Larsson (1984) konkluderte på bakgrunn av studier av simulerte SPOT-data at satellittdata ikke var egnet til førstegangskartlegging av vegetasjon, men derimot egnet til å framskaffe

Tabell 4. Analyse av klassifikasjonsresultatet. Tallene i parentes refererer seg til klassene i tabell 3. Klassene som framtrer her er samleklasser for nærstående vegetasjonstyper. Merk at klassene 7 og 8 mangler, da de ikke var representert i testområdet.

Table 4. Analysis of the classification. The numbers in parentheses refer to the classes in table 3. These are near identical classes. The classes 7 and 8 are missing in this table since they were not represented in the test area.

Vegetasjonstyper <i>Vegetation cover type</i>	Klassifikasjon <i>Classification</i>	Flybildetolkning (IR) <i>Aerial photo interpretation</i>	
	Areal (%) <i>Area in %</i>	Samsvar <i>Accuracy</i>	Areal (%) <i>Area in %</i>
6c Rik Bjørkeskog (3) <i>Birch forests, meadow type</i>	3.0	83.3%	2.5
6d/6dv/6dx Fattig - Bjørkeskog (1, 2, 5) <i>Birch forests, lichen heath</i>	56.1	93.5%	60.0
7a Starrmyr (sumpskog) (4) <i>Mire, intermediate type</i>	1.4	70.0%	2.0
7dx/7d Lav/lyngdominert myr (6) <i>Wet shrub, lichen type</i>	7.0	48.6%	3.4
9dx/9av/9d/9a Lav-Rishei (9, 10, 11) <i>Dry and fresh shrub, lichen type</i>	7.8	98.7%	7.9
<hr/>			
Totalt samsvar for vegetasjon (<i>Total accuracy of vegetation</i>)	75.3	99.3%	75.8
Vatn/elver/uklassifiserte piksler (0) <i>Water, rivers, unclassified pixels</i>	24.7		24.2

Total areal: 30.1 km²
(*Total area in squarekilometers*)

grove oversikter over beiteområder, forutsatt at en kalibrerer dataene basert på forutgående feltundersøkelser. Dette er vi ikke enig i, da satellittdata kan gå inn som første trinn i flertrinns klassifikasjon av vegetasjon, der man skaffer seg grovere oversikter og produserer vegetasjonskart i liten målestokk (målestokker mindre enn 1:50 000). Dette er tilstrekkelig i reindriftsammenheng for dokumentasjon og forvaltning av reindriftsområdene. Man kan så videre foreta konvensjonell vegetasjonskartlegging over de områder som ut fra satellittbaserte kart ser interessante ut, eller som har heterogen vegetasjon som vanskelig kan kartlegges fra satellitt.

Når det gjelder det metodologiske så har vår undersøkelse vært vanskeligjort, ved at en allerede hadde et vegetasjonstolket flybilde fra området. En ble for bundet til denne «fasiten», som er en fortolkning av vegetasjonen i området med de feilkilder en da har. Dette fikk innvirkning på klassifiseringsresultatet for de to myrklassene i området, 7a Starrmyr og 7dx/7de Lav/lyngdominert myr, da de to klassene under flybildetolkningen i felt ble brukt som «samleklasser» for flere vegetasjonstyper med ulik utforming, og som står langt fra hverandre både phytososiologisk, physiognomisk og biofysisk (spektralsignaturer). Det er slike feilkilder i feltmaterialet som spiller inn, når en skal analysere den digitale klassifikasjonen av satellittbil-

det. En bedre prosedyre er å analysere satellittbildene på forhånd før en går ut i felten, slik at en i felt får undersøkt hvilke objekter og mønstre satellitten «ser» og registrerer. Enkle vegetasjonskart over begrensede områder kan da tas opp og brukes som grunnlag for den endelige klassifikasjonen i laboratoriet. Dette er en prosedyre som ble fulgt av Tømmervik (1985).

Harvie et al. (1982) refererer til vegetasjonskartlegging av caribou-områder i Canada som er basert på Landsat MSS, og her varierte graden av riktig klassifikasjon fra 80% til 100% for digital klassifikasjon, sammenliknet med bakkedata. Harvie et al. (1982) konkluderte også med at kostnadene for satellittbasert vegetasjons- eller beitetypkartlegging vil reduseres med ca. 20% sammenliknet med konvensjonelle metoder. I tillegg ville en satellittbasert vegetasjonskartlegging ta 3 til 5 år, sammenliknet med 15–20 år for konvensjonell kartlegging. Nye typer satellitter som Landsat 5 TM og SPOT ville etter deres mening forbedre kartleggingen og redusere kostnadene vesentlig.

I Norge vil kostnadene for satellittbasert vegetasjons- og beitetypkartlegging trolig ligge på ca. 25% av kostnadene for konvensjonell vegetasjonskartlegging. Satellittkartleggingen vil dessuten ta ca. 5 år, sammenliknet med de stipulerte 30 år for konvensjonell kartlegging.

Tabell 5. Kartlegging av lavdekning og utnyttelsen av lavrishei-komplekset 9d/9a.

Table 5. Mapping of lichen cover and grazing pressure within the dry shrub-fresh shrub complex 9d/9a.

Vegetasjonstype <i>Vegetation cover type</i>	Klassifikasjon <i>Classification</i>	Flybildetolkning (IR) <i>Aerial photo interpretation</i>	
	Areal (%) <i>Area in %</i>	Samsvar <i>Accuracy</i>	Areal (%) <i>Area in %</i>
9dx/9av Lav-Rishei, tett lavdekning, sterkt utnyttet. (9) <i>Dense lichen cover, exploited</i>	6.5	92.8%	7.0
9d/9a Lav-Rishei, mindre tett lavdekning, sterkt utnyttet. (10) <i>Not so dense lichen cover, exploited</i>	0.3	66.6%	0.2
9dx/9av Lav-Rishei, tett lavdekning, mindre sterkt utnyttet. (11) <i>Dense lichen cover, not so exploited</i>	1.0	70.0%	0.7
Totalt: 9d/9a-komplekset <i>Total 9d/9a-complex</i>	7.8	98.7%	7.9

Konklusjon

De undersøkelser som er gjort på Landsat 5 TM data og SPOT-simulerte data, samt de undersøkelser som er gjort på SPOT-data (virkelige data fra satellitten) rundt omkring i verden, viser at satellittdata spiller en stadig viktigere rolle i første trinns kartlegging av vegetasjon. Vår undersøkelse har vist at Landsat 5 TM data er godt egnet for kartlegging av vegetasjon og beitetyper i Finnmark.

En ikke-styrt klassifikasjon/styrt klassifikasjon med henhold til vegetasjon og beitetyper på Kautokeino-scenen viste høy grad av samsvar med det tolkede IR-flybildet for 3 av 5 klasser (83–99% samsvar). To av klassene var de viktigste lavbeiteklassene; 6d-komplekset og 9a/d-komplekset, mens den tredje klassen var 6c Rik Bjørkeskog. Disse tre klassene omfattet store deler av totalarealet. De to resterende klassene, 7a Starrmyr og 7dx/7d Lav-/lyngrik myr som kom ut med et dårlig resultat i klassifikasjonsanalysen, omfattet svært små deler av totalarealet. De to sistnevnte klasser ble under flybildebildetolkningen brukt som «samleklasser» for flere vegetasjonstyper, som skiller seg ut fra hverandre både phytososiologisk, physiognomisk og biofysisk (spektralsignaturer). Det var slike feilkilder i feltmaterialet, som spilte mest inn under analysen av satellittbildebildet i klassifikasjonen.

Vi vil på bakgrunn av foreliggende undersøkelse konkludere med at den nye generasjon satellitter og stadig forbedring av metoder og bildebehandlingssystemer vil gjøre satellittdata til et mulig førstetrinn i et flertrinns program for kartlegging og overvåking av vegetasjon. For oversiktskartlegging av reinbeiteområder i Finnmark er satellittdata teknikken kombinert med geografiske informasjonssystemer alle andre metoder overlegen m.h.t. sparing av kostnader og tid, samt muligheten av rask og lett oppdatering av kart.

Referanser

- Bjørklund, P. K.** 1984. Prøvearbeid med vegetasjons- og reinbeiteregistreringer i Finnmark sommeren 1984. – *Jordregistreringsinstituttet avdeling Andseiv, 21 p.*
- Haarvie, J. M., Cihlar, J. & Goodfellow, C.** 1982. Surface cover mapping in the arctic through satellite remote sensing. User's manual 82-1. – *Canada Centre for Remote Sensing, Ottawa, 61 p.*
- Jaakola, S.** 1985. Possibilities for using satellite imagery (including SPOT) in forest inventory and management. – *Seminar on the practical application of remote sensing in forestry. ECE-FAO-UN. May 28.–31. 1985. Jönköping, Sweden, pp. 67 - 80.*
- Korsmo, H. & Lauknes, I.** 1986. Interpretation of vegetation and forest operation from Landsat 5/Thematic Mapper Satellite data in Pasvik, Northern Norway. – *Final report of NPOC pilot project, 31th. October 1986. Økoforsk - Aas - NLH, 20 p.*
- Larsson, J. Y.** 1984. Bruk av satellittdata for vegetasjonskartlegging og beitevurdering. – *Kartdagene 1984. Norsk Kartteknisk Forbund, 8 p (manus).*
- Reichert, G. C. & Crown, P. H.** 1984. Identification of winter wheat using Landsat MSS data. – *Can. J. Remote Sensing 10 (2): 111 - 120.*
- Tømmervik, H.** 1985. Bruk av fjernanalyse i vegetasjonskartlegging anvendt på et område i Indre Troms, Nord-Norge. – *Hovedfagsoppgave (Cand. scient.). Universitetet i Tromsø, 234 p.*
- Tømmervik, H.** 1986. Comparison of SPOT-simulated and landsat 5 TM imagery in vegetation mapping. – *ISPRS Proceedings of the 7th International Symposium/Enschede/25–29 August 1986. Commission V II: Interpretation of Photographic and Remote Sensing Data, pp. 525 - 529.*
- Tømmervik, H. & Lauknes, I.** 1987. Vegetasjonskartlegging ved hjelp av Landsat 5/TM satellittbilder i Kautokeino-området. – *Forskningsstiftelsen ved Universitetet i Tromsø (FORUT), Tromsø, 49 p.*

Manuscript received 28. February 1987