

*En jämförelse mellan SPOT- och Landsatdata
för vegetationsklassning i Småland*



TILLHÖR REFERENSBIBLIOTEKET
UTLÄNAS EJ

Ulrihca Malmberg



LUND 1991



LUNDS UNIVERSITET
GEOBIBLIOTEKET

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	1
ABSTRACT	2
SAMMANFATTNING	3
1 INTRODUKTION	4
1.1 Bakgrund och syfte	4
1.2 Vegetationsklassning med satellitdata	5
1.2.1 Satelliternas sensorer	5
1.2.1.1 Landsat TM	6
1.2.1.2 SPOT	7
1.2.2 Markobjekts spektrala signaturer	7
1.2.2.1 Spektral karaktär hos vegetation	8
1.2.2.2 Spektral karaktär hos jord	9
1.2.2.3 Spektral karaktär hos vatten	10
1.2.3 Maximum likelihood-klassning	12
2 MATERIAL TILL GRUND FÖR KLASSNING	16
2.1 Undersökningsområde	16
2.2 Information om satellitdata	18
2.2.1 Landsat TM	19
2.2.1.1 Scenutseende	19
2.2.1.2 Precisionskorrigerig av Landsat-scenen ..	19
2.2.2 SPOT HRV	21
2.2.2.1 Scenutseende	21
2.2.2.2 Precisionskorrigerig av SPOT-scenen ..	21
2.3 Val av flygbilder	22
2.4 Val av våglängdsband	22
2.5 Val av klasser	23
2.6 Bildbehandlingssystem	25
2.6.1 Hårdvara	25
2.6.2 Mjukvara	27
3 ARBETSMETODIK	28
3.1 Metodik för insamling av fältdata	28
3.2 Klassningssystemets uppbyggnad	29
3.3 Efterbehandling av bilddata	31
3.4 Metodik för utvärdering av klassningarna	32
4 RESULTAT	36
4.1 Information om referensytor	36
4.2 Information om klassningarna	43
4.3 Verifiering	46
4.3.1 Verifiering mot fältpunkter	46
4.3.2 Verifiering mot flygbilder	49

5	DISKUSSION	52
5.1	Satellitscenerna	52
5.2	Träningsytorna	53
5.3	Klassningarna	55
5.4	Efterbehandling av klassningarna	56
5.5	Verifiering	58
	5.5.1 Verifiering mot fältpunkter	58
	5.5.2 Verifiering mot flygbilder	60
6	SLUTSATS	63
7	ORDLISTA	65
8	REFERENSER	68
Bilaga A	SCENINFORMATION	70
Bilaga B	FLYGBILDER	71
Bilaga C	STATISTIK	73

FÖRORD

Denna seminarieuppsats utgör de första tio poängen av kursen NGE 207 vid Naturgeografiska institutionen, Lunds Universitet. Ett tack till följande personer som bistått med kunskap och stöd under arbetets framskridande;
Torbjörn Westin, handledare vid Satellitbild AB i Kiruna,
Karin Hall-Könyves, handledare vid Naturgeografiska institutionen, Lunds Universitet,
Helena Larsson, Naturgeografiska institutionen, Lunds Universitet samt
Lars-Erik Gustafsson, Svenska Rymdaktiebolaget.
Dessutom ett tack till Satellitbild AB i Kiruna för ekonomiskt stöd samt för upplåtelse av nödvändiga datasystem för bildbehandling.

Ulrihca Malmberg, Kiruna November 1991

ABSTRACT

The aim of this work is to examine the quality of digital terraintype classification using 3-bands multispectral data from the Landsat and SPOT satellites. The resulting classifications are compared with each other using different verification methods based upon ground truth data from field studies and infrared aerial photographs. The results from the verifications indicates that it is possible to achieve a accuracy of about 88-96% correct classified pixels, where the best results are obtained using Landsat TM as input for the vegetation classification.

SAMMANFATTNING

Syftet med detta arbete är att jämföra terrängtypsklassningar baserade på data från satelliterna Landsat och SPOT. Resultatet utgör underlaget för de slutsatser som dras angående de olika klassningarna, och om de fördelar respektive nackdelar som finns vid användande av de olika scenerna baserade på data från respektive satellit.

Klassningarna sker digitalt med maximum-likelihood metoden, och som stöd för dessa används fältstudier och flygbilder. Masker från Lantmäteriet integreras i klassningarna, och slutresultatet filtreras med ett majorantfilter. För utvärderingen används olika verifieringsmetoder, dels mot punkter insamlade i fält, dels mot punkter tagna och tolkade från flygbilderna. Resultaten från de båda verifieringsmetoderna jämförs med varandra för att se skillnaderna som kan uppstå beroende på vilken typ av verifieringsmetod man väljer.

Vid utvärdering uppnåddes en totalnoggrannhet av 88.3% respektive 91.1% rätt klassade pixlar baserade på data från SPOT HRV beroende på vilken verifieringsmetod som användes, medan den för Landsat TM blev 96.6% respektive 96.5%.

1 INTRODUKTION

1.1 Bakgrund och syfte

Grunden till denna uppsats lades då Satellitbild AB under 1990 och en bit in på 1991 utförde en terrängtypsklassning över hela Sverige med hjälp av data från i första hand Landsat TM* samt i viss mån SPOT HRV*. Bilderna klassades digitalt med maximum-likelihood metoden (se avsnitt 1.4). Detta bearbetningssätt valdes framför att tolka manuellt (som ger större noggrannhet) på grund av de stora datamängder som skulle hanteras under kort tid.

Indata för projektet var sommarscener* från Landsat TM mellan åren 1988 och 1990. I fjällen användes även äldre data, 1986 - 1987. Denna tidsbegränsning gjorde att det i vissa enstaka områden inte gick att frambringa molnfria data. I dessa fall prioriterades användandet av SPOT-scener framför att utnyttja äldre data från Landsat-satelliten, då man strävade att ha så färska indata som möjligt.

Den problematik som uppkommer vid användandet av SPOT-data i stället för data från Landsat, grundar sig i detta fall, där man söker klassa vegetation, på att SPOT HRV inte registrerar i det mellaninfraröda området. Det är i regel i dessa våglängdsområden man lättast kan separera olika vegetationstyper från varandra (se avsnitt 1.3).

Av denna anledning kan det vara av stort intresse att se hur mycket man förlorar i klassningskvalité på att använda SPOT-data i stället för Landsat TM. Denna uppsats syftar till att göra klassningar över en SPOT-scen respektive en Landsat-scen över ett och samma område där tre spektralband utnyttjas från respektive satellit, samt att undersöka klassningskvalitén med utgångspunkt från fältdata och flygbilder. De olika verifieringsmetoderna jämförs även mot varandra för att upptäcka skillnader i de verifieringsresultat som uppnåts. Klasserna som används är desamma som ingick i terrängtypsklassningen över Sverige (se avsnitt 2.4), förutom blandskog vilken tillkommit.

All hantering av data har skett på Satellitbild AB, på samma datasystem och enligt samma principer som skedde under Sverigeklassningen. Detta för att uppsatsen ska kunna användas som referensmaterial vid utvärdering av de klassningar som gjorts under projektet.

* Se ordlista kapitel 7

1.2 Vegetationsklassning med satellitdata

Ett flertal parametrar är nödvändiga att ha kunskap om innan man kan utföra någon digital vegetationsklassning med relevant resultat. Nedan följer en beskrivning av de delar och moment som ligger till grund för den följande vegetationsklassningen.

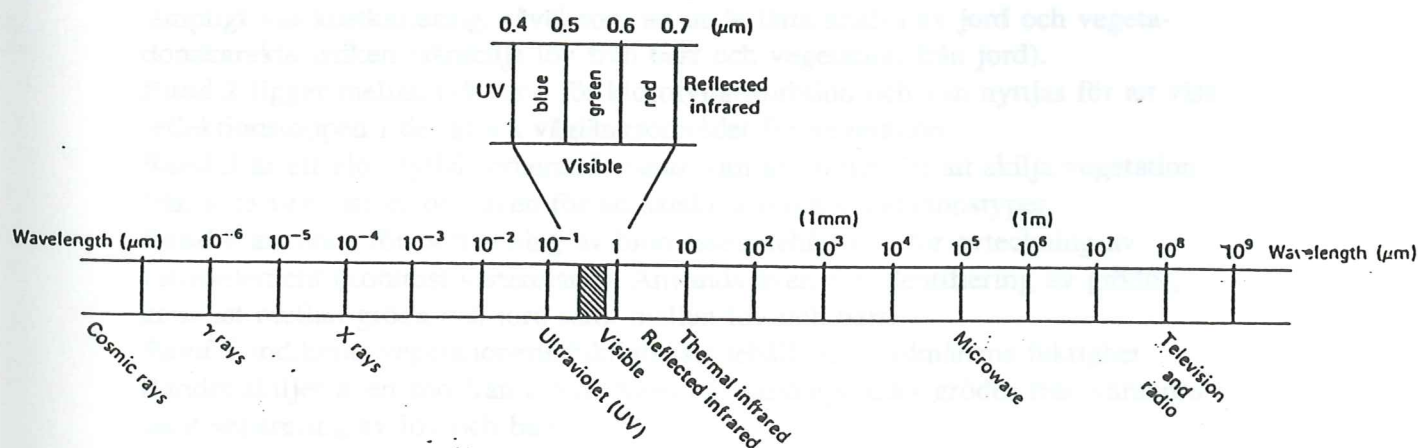
1.2.1 Satelliternas sensorer

Satelliter i allmänhet har flera fördelaktiga egenskaper (Karström & Malmström 1990):

- * De täcker stora geografiska områden till lågt pris/ytenhet.
- * Satelliterna ligger ständigt i bana och kan göra upprepade registreringar.
- * Registreringar görs i flera separata våglängdband för synlig, infraröd^o och termisk strålning. Detta ger god spektral upplösning, liksom även att satelliten kan "se" fenomen som det mänskliga ögat ej kan uppfatta (figur 1.1).
- * Registreringen görs digitalt vilket ger en god radiometrisk^o upplösning.
- * Data finns i digital form vilket möjliggör bildförbättringar innan data skrivs ut på film.

nackdelar (Zeidlitz 1990):

- * När moln och dis förekommer innebär det ofta allvarliga begränsningar i satellitdatans användbarhet.
- * För att kunna nyttja satellitbilddata krävs en tillvänjningsperiod för användaren. Såsom att färgsättning utav bilder ofta ej motsvarar det som är naturligt för det mänskliga ögat.



Figur 1.1 Det elektromagnetiska spektrumet (Lillesand & Kiefer 1979).

1.2.1.1 Landsat TM

Den Landsat-satellit som nu cirkulerar runt jorden är nummer 5 i ordningen. Den går i en nära polär*, solsynkron* bana på 705 km:s höjd, och passerar samma område med 16 dagars intervall.

Satelliten är bl.a utrustad med ett sensorsystem som heter Thematic mapper, förkortat TM. TM ger data i sju spektralband, varav ett termiskt, med 30 meters upplösning på marken, vilket ger kraftigt förbättrade möjligheter att särskilja t.ex olika vegetationstyper. Den höga geometriska upplösningen* beror på 16 parallella detektorer för varje kanal i sensorn. I det termiska våglängdsbandet, kanal 6, finns dock bara 4 detektorer vilket ger en pixelstorlek* på 120 x 120 meter.

Antalet grånivåer* TM registrerar i är 256. En scen täcker på marken ett område på ungefär 185 x 185 km (Rymdbolaget 1984).

De olika våglängdsbanden är enligt följande (*Satellitbild, produktfakta*):

<i>band</i>	<i>våglängdsområde</i>		<i>upplösning</i>
1	0.45 - 0.52 μm	(blå)	30 m
2	0.52 - 0.60 μm	(grön)	30 m
3	0.63 - 0.69 μm	(röd)	30 m
4	0.76 - 0.90 μm	(NIR)	30 m
5	1.55 - 1.75 μm	(MIR)	30 m
6	10.40 - 12.50 μm	(TIR)	120 m
7	2.08 - 2.35 μm	(MIR)	30 m

Där NIR = nära infraröda våglängdsområdet

MIR = mellan infraröda

TIR = termala infraröda

Band 1 är designat för att klara en ökad genomträngning i vatten vilket kan vara lämpligt vid kustkartering, såväl som att underlätta analys av jord och vegetationskaraktäristiken (särskilja löv från barr och vegetation från jord).

Band 2 ligger mellan två band för klorofyllabsorbtion och kan nyttjas för att visa reflektionstoppen i det gröna våglängdsområdet för vegetation.

Band 3 är ett klorofyllabsorberande band som är viktigt för att skilja vegetation från icke-vegetation, och även för att särskilja olika vegetationstyper.

Band 4 används för bestämning av biomasseinnehåll och för avteckning av vattenelement (kontrast vatten/land). Används även för identifiering av grödor, kontrast mellan gröda och jord samt mellan löv och barr.

Band 5 indikerar vegetationens fuktighetsinnehåll och jordmånens fuktighet.

Bandet skiljer även snö från moln. Även här särskiljs olika grödor från varandra samt separering av löv och barr.

Band 6 skiljer sig från de övriga banden på grund av sin lägre upplösning på 120 meter. Det är ett termiskt infrarött band som bidrar till vegetationskartläggning, separering av jordfuktighet och termisk avbildning.

Band 7 har främst användning inom geologiska områden, bl.a för separering av olika bergarter och för hydrotermisk* avbildning (*Nilsen & Pedersen 1982*).

1.2.1.2 SPOT

Både satelliten, dess bana och instrumentering har optimerats för europeiska förhållanden. Särskilt valet av geometrisk upplösning har styrts av europeiska behov.

Även denna satellit är nära polär och solsynkron, och är på en höjd av 832 km.

Den registrerar samma område längst lodlinjen var 26:e dag.

SPOT-satelliten är utrustad med två identiska instrument som kallas HRV (Haute Resolution Visible). Dessa kan riktas individuellt upp till 27 grader från lodlinjen. Varje instrument ser ett 60 km brett stråk på marken, och om de ställs in parallellt kan ett 117 km brett stråk täckas (*Rymdbolaget 1983*).

Sensorena kan registrera dels multispektralt, XS, med 20 m:s upplösning, dels pankromatiskt, P, med 10 m:s upplösning. Skillnaden i upplösning beror på att P nyttjar 6000 detektorer medan XS bara nyttjar hälften så många.

Scenstorleken är 60 x 60 km på jordytan i nadir och 60 x 80 km med instrumentet vridet i yttersta läget (*Rymdbolaget 1984*).

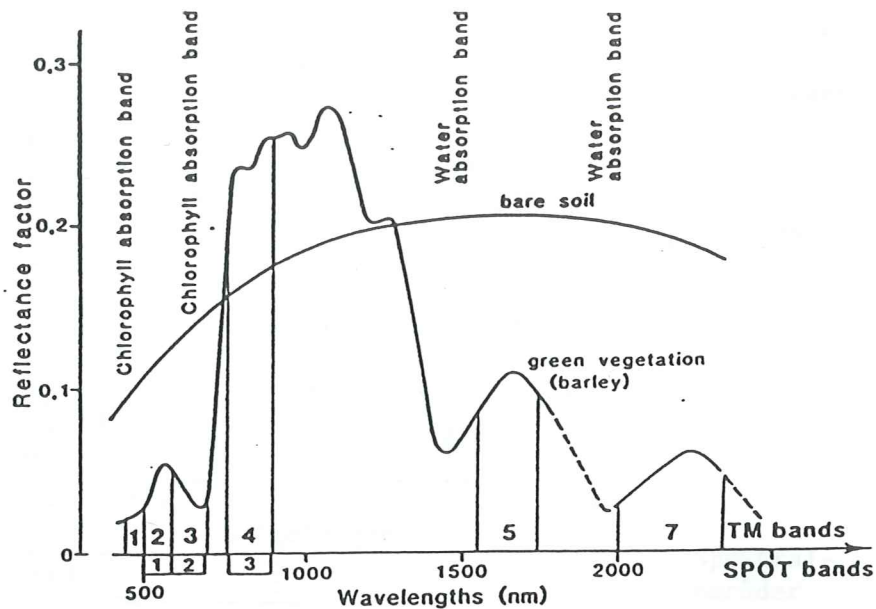
De olika våglängdsbanden är enligt följande (*Nilsen & Pedersen 1982*):

<i>band</i>	<i>våglängdsområde</i>		<i>upplösning</i>
<i>XS1</i>	<i>0.50 - 0.59 μm</i>	<i>(grön)</i>	<i>20 m (XS)</i>
<i>XS2</i>	<i>0.61 - 0.68 μm</i>	<i>(röd)</i>	<i>20 m (XS)</i>
<i>XS3</i>	<i>0.79 - 0.89 μm</i>	<i>(NIR)</i>	<i>20 m (XS)</i>
<i>P</i>	<i>0.51 - 0.73 μm</i>		<i>10 m (P)</i>

SPOT-kanalema XS1, XS2 och XS3 motsvarar ungefär Landsats TM-band 2, 3 och 4.

1.2.2 Markobjekts spektrala signaturer

Olika objekt har normalt olika strålningsegenskaper. Trots att reflektansen* hos individuella föremål varierar kraftigt över och under medelvärdet för den typen av objekt, demonstrerar reflektanskurvorna för dessa objekt några fundamentala punkter gällande den spektrala reflektansen (*figur 1.2*).



Figur 1.2 Typiska signaturkurvor för grön vegetation (korn) och bar jord, mätt med radiometrar. Registreringsområdena för Landsat TM och SPOT HRV är utmärkta (Boresjö 1989).

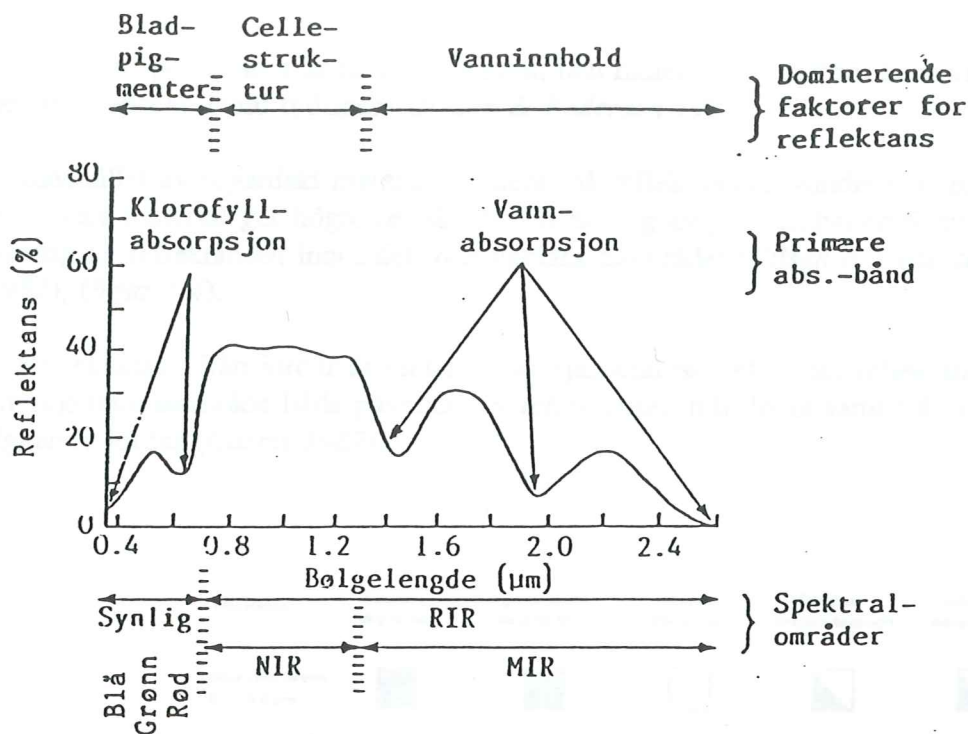
1.2.2.1 Spektral karaktär hos vegetation

Vegetation är viktigt eftersom den har relativt låg reflektans* i den synliga delen av det elektromagnetiska spektrumet och en relativt hög reflektans i de nära infraröda delarna. Icke-vegetativa ytor, t.ex bara jordar, vatten och betong har vanligtvis likartad reflektans i de synliga och de nära infraröda våglängderna.

Vegetation har en låg reflektans i 0.35 - 0.70 μm p.g.a absorption* av klorofyll i palissadcellerna*. Det är en lätt ökning i reflektansen vid 0.55 μm . Det är därför frisk vegetation verkar grön. Dalarna i de synliga delarna av spektrumet dikteras av pigmenten i bladen. Klorofyll t.ex absorberar kraftigt energi i de våglängdsband centrerade vid ungefär 0.45 - 0.65 μm .

Reflektansen för 0.70 - 1.35 μm är högre p.g.a den flerfaldiga spridningen orsakad av lövets interna porösa mesofyllskikt*. Reflektansen är ca 50% av den inkommande nära infraröda strålningen (Harris 1987).

Efter 1.3 μm absorberas eller reflekteras energi i huvudsak med liten eller ingen transmittans*. Sänkningar i reflektansen sker vid 1.4, 1.9 och 2.7 μm , eftersom vatten i löv absorberas kraftigt i dessa våglängdsband (Lillesand & Kiefer 1979), (figur 1.3).



Figur 1.3 Reflektansen for grøn vegetation (Nilsen & Pedersen 1982)

Ett områdes vegetationstyp påverkar satellitsvaret i hög grad p.g.a vegetationens artsammansättning, täthet, ålder m.m.

Reflektanstoppen for vegetation är antingen i TM4 eller TM5 beroende på utvecklingssteget hos vegetationen. I de synliga banden TM1, TM2 och TM3 är skillnaderna mellan klasserna liten, medan medelvärdena visar en större spridning i NIR och MIR (TM4, TM5 och TM7). De senare banden visar också de största avvikelsema inom de olika klasserna (Boresjö 1989).

Faktorer som påverkar den reflekterade strålningen for vegetation är bl.a biomassa, underliggande jord, solhöjd, sensorvinkel, geometri, topografi m.m, fenologi* och såtid (Föreläsningar 1989).

1.2.2.2 Spektral karaktär hos jord

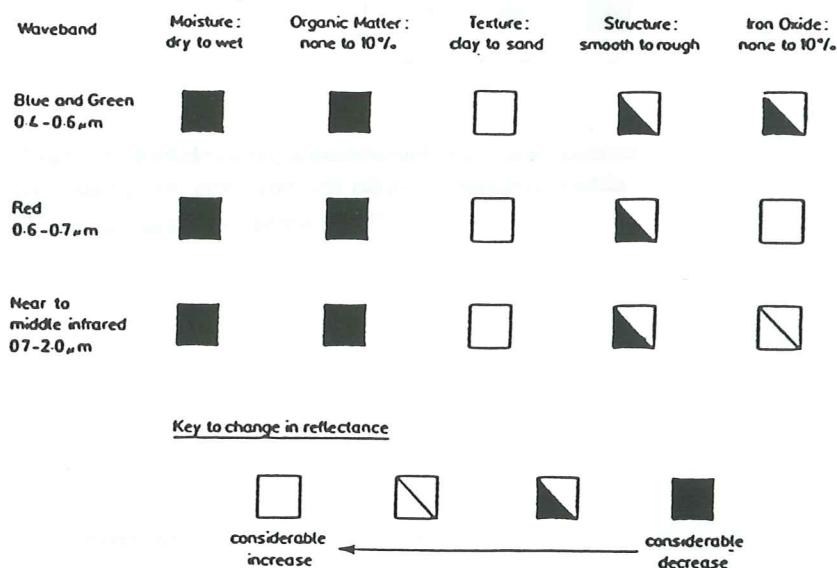
Några av de faktorer som påverkar jordreflektansen är fuktighet, jordtextur (proportionerna sand, silt och lera), ytstruktur, närvaron av järnoxid och organiskt innehåll (Föreläsningar 1989).

När fuktighetsinnehållet ökar minskar reflektansen, speciellt for de vattenabsorberande banden. Infallande energi blir alltså mer absorberat. Fuktigare jord är mörkare i färg än torr jord inom det synliga området. Det beror också på reflektans. Torr silt har dock reducerad reflektans i banden for vattenabsorbition. Det

beror på att partiklarna är mindre än sand, och håller vatten bättre. Lera visar denna egenskap ännu tydligare (Nilsen & Pedersen 1982).

Innehållet av organiskt material influerar på reflektionen. Mindre mängd organiska material ger högre reflektans. En ökning av järnoxidhalten förorsakar en ökning av reflektansen inom det röda våglängdsområdet (Nilsen & Pedersen 1982), (figur 1.4).

Reflektansen från jordar är viktigt inom fjärranalysen eftersom reflektansen från ett vegetationsområde både påverkas av reflektansen från lövet samt från underliggande jordar (Harris 1987).

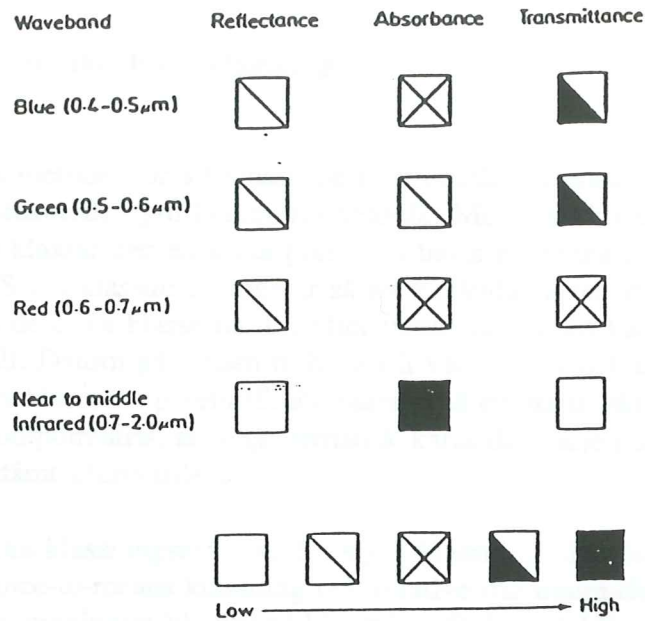


Figur 1.4 Relationen mellan jordegenskaper och jordreflektansen i blå/grön, röda och nära till mellaninfraröda våglängdsområdena (Curran 1985).

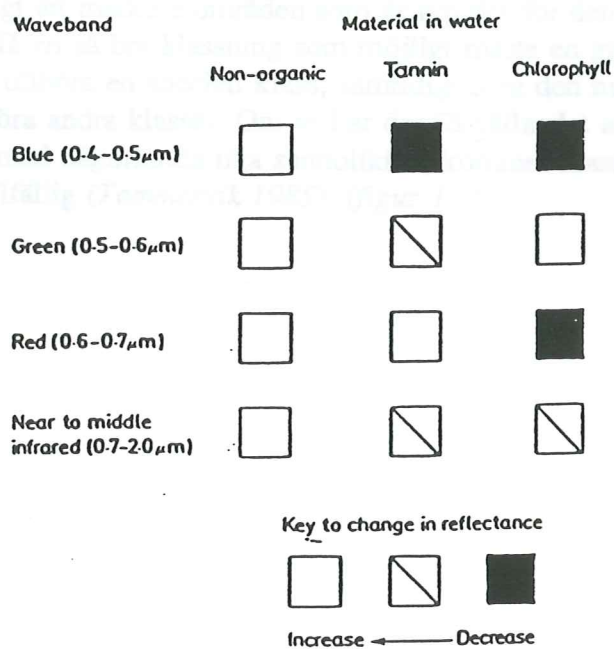
1.2.2.3 Spektral karaktär hos vatten

Reflektansen från en vattenkropp kan t.ex stamma från en interaktion mellan vattenytan, suspenderat material, eller med botten hos vattenkroppen (Lillesand & Kiefer 1979). Vatten har en högre reflektans vid kortare våglängder (<0.6 μm) och praktiskt taget ingen reflektans vid våglängder större än 0.7 μm (figur 1.5), förutom i de fall då sedimentkoncentrationen är hög (figur 1.6).

Vid grunt vatten reflekteras strålning från den underliggande botten. Om vattenytan är hård, d.v.s mycket vågor, sker en ökad spridning vilket ger en ökad reflektion i alla våglängdsband (Harris 1987).



Figur 1.5 Reflektionen, absorptionen och transmissjonen för vatten i blå, grön, röd och nära- till mellaninfraröda våglängdsområden (Curran 1985).



Figur 1.6 Förhållandet mellan närvaron av material i vattenkroppen och dess reflektans i det blå, gröna, röda och nära- till mellaninfraröda våglängdsbanden (Curran 1985).

1.2.3 Maximum likelihood-klassning

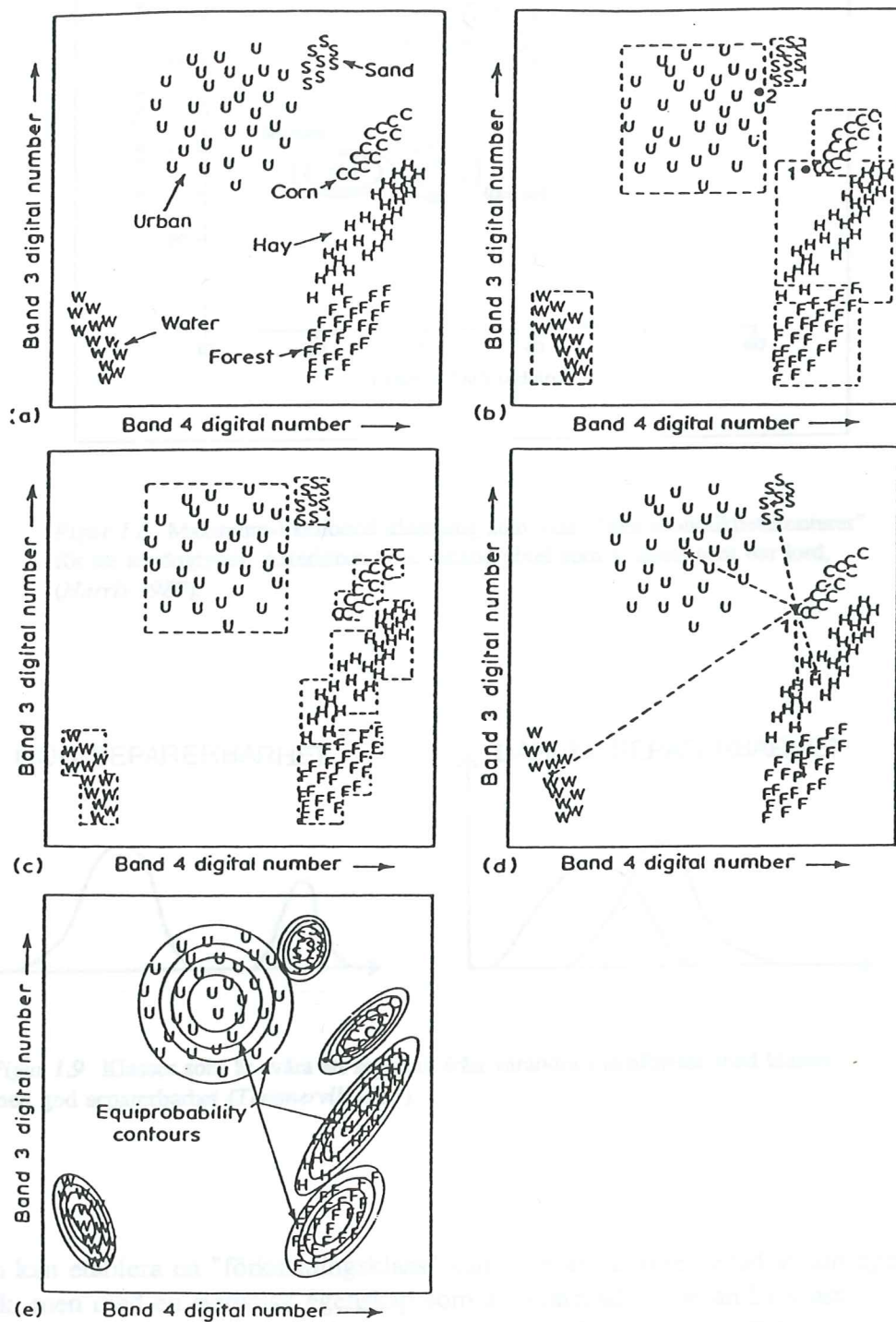
Det finns olika metoder för att klassificera ett område. Denna uppsats baserar sig på en icke-kontextuell, styrd klassningsmetodik. Med icke-kontextuell klassning menas att man klassar den enskilda pixeln på basis av denna pixels värde och ingen annans. Styrd klassning fungerar så att användaren tar ut referensytor som definitioner på de olika klasserna. Därefter tränas datorn att känna igen dessa klasser spektralt. Datorn går sedan tillbaka till varje pixel och undersöker den samt kollar vilken av klasserna pixeln tillhör baserat på ett statistiskt underlag. Slutligen gör datorn en outputmatris, en slags tematisk karta där varje pixel har fått sig tilldelat ett bestämt klassvärde.

Det finns olika klassningsmetoder för styrd klassning, däribland boxklassning, minimum-distance-to-means klassning och relative-minimum-distance klassning. I detta fall har av maximum-likelihood klassning, förkortad ML-klassning, använts (figur 1.7).

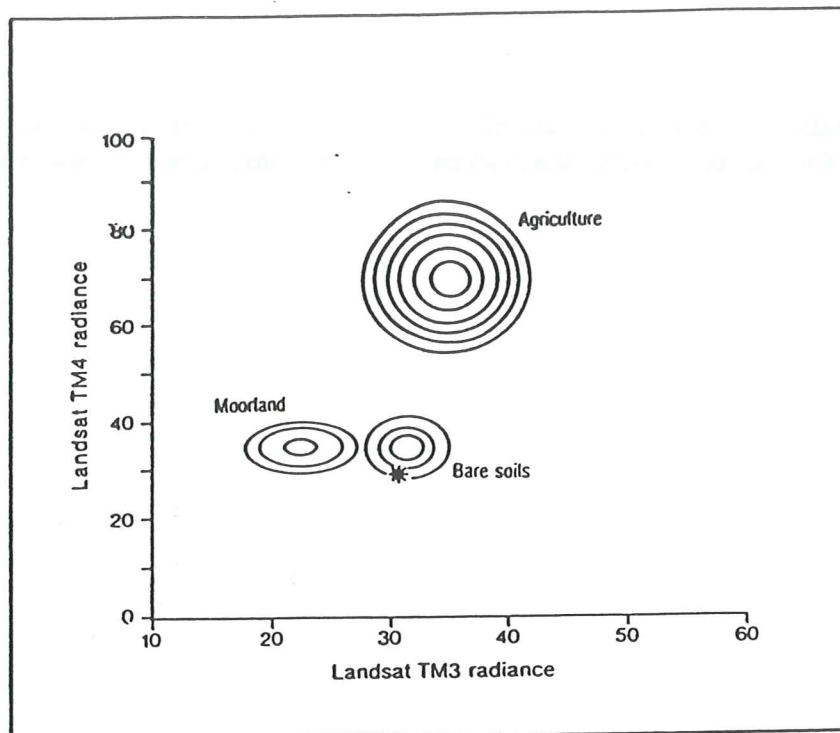
ML-klassningen fungerar så att den först beräknar medelvektorn[®], standardavvikelsen[®] för varje band och korrelationen[®] mellan banden för varje landtypsklass i träningsdatat som har utmärkts av användaren. Den utgår då ifrån att datat för varje klass är normalt distribuerat[®]. Vid denna information, kan spridandet av pixlar runt varje medelvektor beskrivas genom att använda en sannolikhetsfunktion (Curran 1985). Med andra ord beräknar programmet sannolikheten för en pixel att tillhöra en viss klass. Klassen den sedan tillfaller är den klassen för vilken den har den högsta sannolikheten att tillhöra (figur 1.8).

Det är dock viktigt att markera områden som är typiska för den klassindelning som gäller. För att få en så bra klassning som möjligt måste en given pixel ha en stor sannolikhet att tillhöra en speciell klass, samtidigt som den måste ha en svag sannolikhet att tillhöra andra klasser. Om vi har det förhållandet att en pixel kan tillhöra två klasser med någorlunda lika sannolikhet, kommer klassningen att bli felaktig och/eller tillfällig (Tommervik 1985), (figur 1.9).

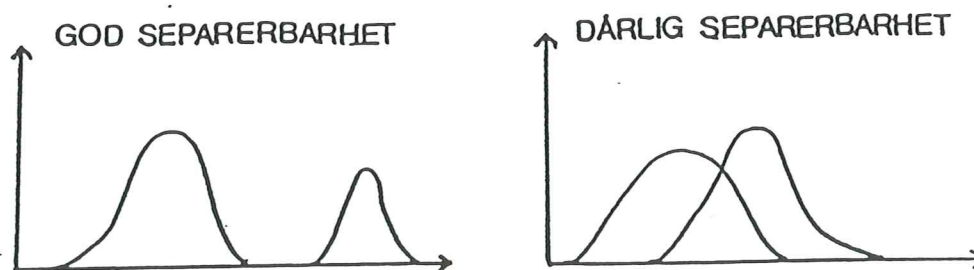
[®] Se mer ingående beskrivning bilaga C



Figur 1.7 Några vanliga klassningsstrategier. (a) Pixelvärden från två våglängdsband för olika klasser. (b) Boxklassning där pixlarna grupperas på basis av de högsta och de lägsta klassvärdena i varje band. (c) Boxklassning där de stegvisa gränserna bättre representerar de olika pixelgrupperna. (d) Minimum-distance-to-means klassning där en okänd pixel (1) jämförs med de etablerade klassmedelvärden genom att mäta avståndet mellan den och dess centra. (e) Maximum-likelihood klassning (Barrett & Curtis 1982).



Figur 1.8 Maximum-likelihood klassning som visar "lika sannolikhetskonturer" för tre terrängtyper. Asterisken är en okänd pixel som klassats som bar jord, (Harris 1987).



Figur 1.9 Klasser som är svåra att separera från varandra i jämförelse med klasser med god separerbarhet (Tommervik 1985).

Man kan etablera en "förkastningsklass" som inte är karakteriserad av sin egen statistik, men med en statistisk egenskap som är relaterad till de andra klassningarnas statistik. Ett exempel på detta är att en pixel kommer att förkastas om sannolikheten för att tillhöra en eller annan klass är mindre än ett givet tröskelvärde (Tommervik 1985).

ML-klassningen är mycket effektiv och flexibel i jämförelse med andra klassningsmetoder, men är å andra sidan relativt tidskonsumerande. Den har även vissa

begränsningar när grånivå-distributionen* hos de undersökta spektrala klasserna är dåligt separerade och långt från normalt distribuerade (Maselli et al. 1990).

undersökningens omfattning



Figur 1.1. Kartan visar världens utbredning av undersökningen. Kartan är tagen från World Atlas 1992.

Undersökningen omfattar 15 av de 16 klasserna i den spektrala klassificeringen. Den valdes ut för att på bästa sätt representera de olika typerna av vegetationsklasser som finns i världen. Undersökningen omfattar också de klasserna som är mest utbredda i världen. Socialt sett är de klasserna som är mest utbredda i världen de klasserna som är mest utbredda i världen.

2 MATERIAL TILL GRUND FÖR KLASSNING

2.1 Undersökningsområde



Figur 2.1 Kvadraten utgör undersökningsområdet vilket motsvarar läget för SPOT-scenen 57/232.

Området för klassningen ligger inom den mellansvenska regionen. Det valdes ut främst på basis av det småmosaikartade landskapet med många klasstyper representerade men även p.g.a tillgängligheten av molnfria satellitdata. Scenläget utgörs av en romb med det nordvästra hörnet i Tranåstrakten, det nordöstra hörnet kring sjön Åsunden öster om Kisa, det sydvästra hörnet vid

Nässjö, och slutligen den sydöstra hörnet med koordinaterna en bit söder om Mariannelund.

Undersökningsområdet ligger inom det sydsvenska höglandet samt dess randområden. Det bälte av sprickdalar som uppträder söder om Östgöta- och Västgötaslättarna karakteriseras av att berggrunden genom sprickdalarna uppdelats i block som ofta förskjutits i förhållande till varandra. Detta område utgör en övergångszon till det sydsvenska höglandet som i öster förtonar i sprickrika och kuperade områden. Flera smärre områden inom höglandets centrala delar, den s.k småländska skölden, når upp till över 300 meters nivån. Mot söder går den småländska skölden över i den småländska sjöplatån som i scenerna motsvaras av den sydvästligaste delen. Detta område är i själva verket en slätt, liggande på en genomsnittlig höjd av 150 meter. Att den betecknas som en sjöplatå beror på det stora antal sjöar som finns inom området.

Brutenheten* i området är generellt mellan 25 till över 100 meter. Området karakteriseras av en utpräglad spricktopografi, vilken delat upp området i block som ofta förskjutits i förhållande till varandra. Det är mycket sjörikt och de långsträckta sjökedjorna, som följer sprickorna, kan följas miltals i terrängen. I området väster om Kisa och öster om Eksjö utgör brutenhetsklassen på över 100 meter nära 50% av arealen. Här och var i området finns dock smärre slätter. Väster om Eksjö tilltar slätternas omfattning.

Hela området karakteriseras av urberg och yngre eruptivbergarter*. Den största delen karakteriseras av en mycket mager berggrund av porfyr och röd smålandsgranit. Inga områden i Sydsverige är så föga odlade som dessa. Söder om Eksjö finns ett större område med ytbergarter. Detta område hör till de bördigaste och mest uppodlade i Småland. Den nordöstra delen av scenen tillhör ögongranitzonen. Halten av lättillgängliga baser och näringsämnen är i allmänhet relativt hög. Bergartens påfallande benägenhet att bilda stora block gör emellertid marken föga lämplig för åkerbruk. Skogen är däremot ofta mycket växtlig. I de västliga delarna av scenen återfinns nefelinsyeniternas område som kan ge upphov till en mycket bördig jordmån. Orsaken till bördigheten är att nefelinen lätt vittrar under avgivande av baser och en eller annan procent kalk.

Så gott som hela scenen utgörs av kambrosilur*- och moränområden förutom de allra ostligaste delarna som utgörs av Ostkustens berg- och lerområde. De ostligaste delarna ligger dock inom en övergångszon varför skillnaderna mot den övriga scenen inte kan sägas vara särskilt markerad.

Vad gäller myrarna i området utgörs majoriteten av igenväxningsmyrar (till skillnad från försumpningsmyrar). De flesta är myrar av kärrtyp men i de nordliga delarna finns även myrar av mosstyp.

Hela området ligger i den s.k ek- och granskogsregionen. Gran och ek bildar klimaxsamhällen på moränmarkerna, antingen var för sig eller i blandbestånd, men på sandiga sediment, starkt svallat morängrus, fuktiga marker och hållmarker kan klimaxvegetationen även vara en tall- och björkskog. Den mänskliga odlingens destruktiva inflytande har på moränmarkerna skapat ljung- och enhedar samt tall-

och björkskogar som tillfälliga stadier i en utveckling mot ek- och granskog (Svenska sällskapet för antropologi och geografi, 1971).

2.2 Information om satellitdata

Det finns vissa krav som bör uppfyllas vid valet av scener för att klassningarna ska bli så jämförbara och innehållsrika som möjligt:

- * De bör vara av så lika datum som möjligt för att inga drastiska förändringar i landskapet ska ha inträffat mellan tiden för registreringarna.
- * Landskapet bör vara mosaikartat med många olika klasstyper för att klassningsmetodikerna ska testas till sitt yttersta.
- * Tidpunkten för registreringen bör vara någon gång mitt under sommaren när all vegetation varit utslagen under en längre tid. Detta främst för att minimera betydelsen av att scenerna trots allt inte hör från samma datum.
- * Det ska finnas ett gott flygbildsunderlag i området, helst infraröda färgbilder, som är relativt nytagna för att öka verifieringsunderlaget.
- * Det bör vara ett relativt lättframkomligt område med hög vägtäthet för att underlätta och öka säkerheten på fältarbetsdelen.

Det första momentet bestod i att finna en lämplig Landsat-scen som använts i det tidigare klassningsarbetet som utförts på Satellitbild AB. En scen från södra eller mellersta Sverige eftersträvades där landskapet är småmosaikartat med växlande naturtyper. Den typen av natur ger en bättre indikation på den faktiska klassningskvaliteten än om ett mer storskaligt naturområde hade använts som referens. Ett registreringsdatum från mitten av sommaren eftersträvades även då de olika vegetationstyperna är i sin optimala blomning. Vidare strävades det efter att finna en satellitscen bestående av mycket inland eftersom erfarenheten från tidigare klassningar har visat att vid klassningar i kustområden måste flera delklassningar göras som sedan fogas ihop till en hel p.g.a problematiken med berg i dagen. Alternativet hade varit att utnyttja viktad klassning, d.v.s att man tar hänsyn till sannolikheten att en viss klass dominerar i ett visst område, t.ex att berg i dagen har större sannolikhet att påträffas ute i kustbandet och på öar än hygge som den ju ofta förväxlas med. Eftersom denna metod inte använts i den tidigare terrängtypsklassningen över Sverige, valdes att använda satellitdata över ett område där det fanns så pass mycket inland att en SPOT-scen kunde lokaliserars inom detta område.

När ett antal Landsat-scener valts ut som uppfyllde dessa kriterier återstod att finna en molnfrei SPOT-scen från ungefär samma tidpunkt. Här låg det största problemet. Samtliga Landsat-scener utom en tvingades förkastas. Det enda alternativet som återstod var en Landsat-scen från sjunde juli 1989 och ett antal SPOT-scener från 26 juli 1989. Det medföljde en skillnad på tre veckor mellan scenerna, men eftersom registreringsdatumen var i juli uppkommer inte problemen med att grönskan inte ska ha varit fullt utslagen. Svårigheterna låg snarare i variationer av odlingen på åkermarker, men eftersom dessa inte ska klassas fram lades ingen betydelse på det problemet. Dessutom kan hyggen som uppkommit

under denna tid ställa till problem, men de kan uttydas visuellt från satellitbilderna, och därmed vägas in i diskussionen.

2.2.1 Landsat TM

Nedan följer en beskrivning av Landsat-scenen samt hur den har bearbetats, d.v.s. precisionskorrigerats innan den kunnat användas för klassningsändamålet.

2.2.1.1 Scenutseende

Den aktuella Landsat-scenen heter 193/20 och är registrerat den sjunde juli 1989. Den sträcker sig från mitten av Vättern i nordväst till södra Öland i sydväst (figur 2.2). Scenen innehåller en kustzon med berg i dagen som vid tidigare bearbetningar visat sig behövas särbehandlas för att öka klassningskvalitén, men då detta område inte berör det aktuella klassningsområdet tas ingen hänsyn till detta. I de centrala delarna av scenen samt i kustområdet kring Oskarshamn ligger disslöjor. Dessa områden ligger dock inte inom det område som ska klassas fram. Scenen täcker areellt ett område på cirka 34.225 km², men innan den används för klassning skärs den ner motsvarande koordinaterna för SPOT-scenen som används för denna uppsats. Detta område motsvarar cirka 3.600 km².

2.2.1.2 Precisionskorrigerings av Landsat-scenen

Innan scenen kan användas måste den korrigeras mot olika faktorer för att bli kartriktig. Det första som genomförs är en radiometrisk korrigerings. Det refererar till den initiala process av rådata för att kalibrera bildens radiometri. Detta beror på ett antal felkällor i bilden av reflekterande och tillbakasänd strålning i bilden man kan önska och korrigeras för.

Den radiometriskt korrigerade scenen måste tillhöra en kartprojektion för att sträckas ut i planet på det sätt man önskar, bl.a för att den ska passa med omtilliggande scener och kartor över samma område. För satellitdatat över undersökningsområdet har en kartprojektion motsvarande Sveriges Rikes Nät, 2.5 gon V, valts med tillhörande ellipsoiden* Bessel.

Därefter resamplas* bilden till 25 meters pixelstorlek. Landsat TM har egentligen en spatial upplösning* på 30 m, men denna omsampling sker för att på ett enkelt sätt kunna skala om scenerna så att de kan snittas ut i samma format som den svenska topografiska kartan.



Figur 2.2 Det geografiska läget för Landsat-scenen 193/20

Satellitscenen korrigeras sedan geometriskt för att bli kartriktig. Den baseras på förutsägbara avvikelser som är knutna till satellitens kända position och rörelse i banan runt jorden, till vinkelfel förorsakade av att ytterpunkterna i bilden ligger lite längre från sensorerna än mittpunkterna samt till den västgående jordrotationen. Korrektioner för förutsägbara avvikelser utförs vanligtvis matematiskt där man bestämmer satellitens rörelse och därmed kan räkna om rådata.

Tillfälliga avvikelser, eller svårt komplexa systematiska avvikelser kan korrigeras genom att referera till kontrollpunkter på backen. Beräkningarna utnyttjar statistiska metoder för att göra restfelen så små som möjligt. Generellt kan sägas att man hoppas att få scenen korrigerad så att felen är innanför 0.3 och 0.5 av nominella* pixelstorleken (NOU 1983). För Landsat-scenen plockades 14 kontrollpunkter ut varav en förkastades p.g.a för stor avvikelse. Referenshöjden sattes till noll. I vårt fall resamplades scenen för kontrollpunkterna med hjälp av cubic convolution*. Medelfelet för scenen blev 19.507 meter vilket ger en pixelavvikelse på 0.46 av nominella pixelstorleken (korrigeringen gjordes på 30 m:s pixelstorlek).

Slutligen sträcks bilden för att öka kontrasten mellan olika objekt i scenen. Många gånger ökar detta kraftigt summan av information som visuellt kan uttolkas från satellitdatat. Bilden sträcks band för band genom s.k kontraststräckning.

2.2.2 SPOT HRV

Nedan följer en beskrivning av SPOT-scenen samt hur den har bearbetats (precisionskorrigerats) innan den kunnat användas för klassningsändamålet.

2.2.2.1 Scenutseende

Den aktuella SPOT-scenen heter 57/232 och har registreringsdatumet 27 juli 1989, med andra ord tre veckor senare än för Landsat-scenen. Satellitscenen motsvarar samma område som ska klassas fram (och är beskrivet i avsnitt 2.1). Scenen täcker en yta på 3.600 km², vilket motsvarar cirka 10.5% av Landsat-scenens storlek. Det geografiska läget är markerat i figur 2.1.

Under precisionskorrigeringsgången upptäcktes att det fanns randningseffekter i satellitens flygriktning över hela scenen. De orsakas av att de 6000 detektorerna som finns och som är uppdelade i fyra grupper med 1500 detektorer i varje inte är kalibrerade mot varandra. Det är ett problem som förekom hos SPOT 1 under den aktuella tidsperioden för registreringen. Av erfarenhet från tidigare scener med dessa typ av randningsfel är dock detta inget större problem vid klassning av de terrängtyper som ska användas i vårt fall. Det som krävs är dock att man ökar antalet träningsytor för att vara säker på att man innefattar alla klasser inom de stråk med randningsfel som finns (se vidare avsnitt 2.5).

2.2.2.2 Precisionskorrigerings av SPOT-scenen

I stort sett fungerar precisionskorrigeringen likadant för SPOT-scenen som för Landsat-scenen. I detta specifika fall skiljde dock vissa moment.

I stället för att plocka kontrollpunkter från en karta plockades 21 datachips på en storlek av 32 x 32 pixlar från TM-band 4 i den precisionskorrigerade Landsat-scenen (med pixelstorleken 25 meter). Två av datachipsen förkastades p.g.a alltför stor felavvikelse. Spot-scenen korrigerades sedan mot de återstående 19 datachipsen. SPOT-scenen hade dock först resamplats till en pixelstorlek på 25 meter för att ha samma spatials upplösning som Landsat-scenen. Medelfelet blev 10.521 meter vilket motsvarar 0.38 av en nominell pixelstorlek på 20 meter.

Något man speciellt måste ta hänsyn till när det gäller SPOT är spegelvinkelns lutning. Om den är alltför stor kan förskjutningar i områden med stora höjdskillnader ske som scenen inte kan korrigeras för. För att se om korrigeringen kan lyckas måste man initialt göra beräkningar för hur stor höjdskillnaden får vara i vardera riktning mot en given referenshöjd.

I vårt fall var spegelvinkeln 9.2° . För att beräkna den acceptabla höjddifferensen måste man först välja ett maxfel i förskjutning av pixlarna man kan godta. I vårt fall valdes 15 meter (max 75% förskjutning i pixelled). Maxfelet valdes relativt godtyckligt, men spelar inte alltför stor roll eftersom arbetet i princip kan sägas beröra bearbetning och tolkning av ytor snarare än enstaka pixlar.

Höjdavvikelsen beräknas sedan genom formeln:

$$h = x / \tan \alpha$$

h = höjden (i vardera riktning från referenshöjden)

x = det acceptabla maxfelet, här 15 meter

α = spegelvinkeln, här 9.2°

I vårt fall får vi alltså att den acceptabla höjddifferensen från referenshöjden blir 92.6 meter. När sedan referenshöjden skulle väljas studerades topografiska kartor över området för att se mellan vilka höjder över havsnivån området ligger. Referenshöjden för den aktuella SPOT-scenen väljs sedan som ett ungefärligt medelvärde för terrängens höjdvariationer. I vårt fall valdes referenshöjden till 210 meter. Från denna höjd utgår sedan datorn när den ska korrigera scenen efter datachipsen.

2.3 Val av flygbilder

Flygbilder används dels som stöd för att kontrollera spridningen av olika klasser under klassningsarbetets gång, men även som utvärderingsmaterial för att kontrollera klassningsresultatet i slutskedet. De kan även användas som stöd vid val av träningsytor, dels från fält och dels direkt. Vid urvalet av flygbilder strävar man efter att få dem så spridda som möjligt över hela scenen, samt att de ska täcka in även ovanliga terrängtyper, t.ex berg i dagen och lövsly. Olika naturtyper och geologi måste vara med eftersom de påverkar den spektrala signaturen i satellitbilden. Vidare bör de vara från ungefär samma tidpunkt som då satellitdatat registrerades. Diapositiva infraröda flygbilder valdes p.g.a att de är de mest lättolkade. För att välja så "optimala" flygbilder som möjligt användes diapositiva filmutskrifter över satellitscenerna som stöd för att kunna lokalisera ytor som t.ex berg i dagen.

2.4 Val av våglängdsband

Vid tidigare undersökningar har man funnit att man med tre spektrala band kan uppnå en separerbarhet mellan olika klasser som är nästan lika hög som sex band, om de tre banden väljs optimalt för de marktyper som ska tolkas (Buis 1984).

Vid tester med olika våglängsområden och med referens till litteratur (Boresjö 1989, Ekstrand 1985) framkom att TM3, TM4 och TM5 var de band som bäst framhävde de klasser som ska ingå. TM3 lades i den blå kanalen, TM4 i den röda och TM5 i den gröna kanalen, vilket gav bandkombination 4,5,3.

2.5 Val av klasser

Vegetationsklasserna som användes valdes på basis av att man dels ville ha med beständiga klasser, men även föränderliga såsom färska hyggen och hyggen med sly. Odlad mark fick tillfalla klassen *övrig öppen mark* tillsammans med bl.a ängs- och hagmarker, eftersom den varierar oerhört mycket spektralt beroende på bl.a underliggande jord, såtid och val av gröda. Inte heller tätorter och fritidsbebyggelse valdes att klassas fram. I stället användes digitala masker med 25 meters upplösning från Lantmäteriet. Maskerna baseras på Lantmäteriets översiktskarta i skala 1:250.000. Även deras myrmask utnyttjades, men blötmyr klassades dock fram separat för att sedan slå igenom myrmasken.

För just denna uppsats ämnades först dela upp barrskogen i gran- och tallskog, men p.g.a randningseffekterna i den aktuella SPOT-scenen var den uppdelningen omöjlig att göra ens visuellt i scenen varför den klassningsuppdelningen förkastades. I stället tillkom klassen blandskog eftersom den i regel går att särskilja visuellt i satellitbilden, och kan vara av intresse att klassas fram.

Nedan följer en översikt av de klasser som valts samt en kort karakteristik (Paulsson, projektplan 1990):

Huvudgrupp	Undergrupp	Detaljnivå
Vatten	Vatten	
	Myr	blöt/torr
Skog	Barr	gles/tät
	Bland	
	Löv	lövskog/sly
Tätort	(Vatten/Barr/ Löv/Bland slår igenom)	tätbebyggelse/ annan bebyggelse
	Övrigt	
	Hygge	
	Berg i dagen	
	Övrig öppen mark	

* *Barrskog* - Tas fram som en enhet i klassningsmomentet och delas sedan upp i gles och tät med nivåklipp i det röda våglängdsområdet (TM3 respektive XS2). Gränsen 70% krontäckningsgrad för nivåklippet tas fram genom tolkning i flygbilder. Barrträd ger en brun eller grå nyans. Ung barrskog har ett mer rödaktigt utseende. Topografiska effekter kan förvilla genom att nordvästsluttningar får en mörkare ton vilket kan förväxlas med ökad barrtäthet. På motsvarande sätt blir sydostsluttningar ljusare.

- * **Blandskog** - Detta är en klass som ursprungligen inte ingick i terrängtypsklassningen över Sverige. Den har dock lagts till eftersom det kan vara av intresse att särskilja den separat. Gränserna definitionsmässigt har dragits så att om det är mellan 30% till 70% av endera löv- eller barrskog ska området tillfalla klassen bland-skog.
- * **Lövskog** - Består av fullvuxna lövträd. Områden klassas som lövskog om det är över 70% krontäkningsgrad.
- * **Lövsly** - Består av unga lövträd med frisk grönska. Detta har en gul/orange färgton. När lövet blir äldre övergår det mer till orange. Denna klass kan vara svår att skilja från å ena sidan fullvuxen lövskog och å andra sidan gräs- och örtmarker. Klassen har tagits med p.g.a sin förändring i tiden.
- * **Färska hyggen** - Inriktar sig på att klassa fram färska hyggen som är lätt igenkännbara. Syftet med klassen kan bl.a vara att kunna uppdatera med jämna mellanrum eftersom hyggen är en föränderlig klass i tiden. Bar jord, block och hyggesavfall ger en blå nyans. Även fuktiga hyggen utan alltför mycket lövsly framträder i blått om de har rikligt med block och/eller om markberedning har blottat mineraljorden (Paulsson 1985).
- * **Berg i dagen** - Denna klass syftar på områden med rent berg i dagen - minsta träd gör att den faller under någon av skogsklasserna. Många gånger kan det vara svårt att separera berg i dagen från färska hyggen. Prioriteringen i dessa fall är att klassningar med berg i dagen på hyggen är att föredra framför hyggen på områden som egentligen är berg i dagen.
- * **Vatten** - Denna klass är i regel lätt att särskilja från övriga klasser. Klassen inkluderar floder, kanaler, sjöar, hav, reservoarer, dammar och flodmynningar. För SPOT kan den dock orsaka förväxling i klassningshänseende med barrskog p.g.a band XS1. I det bandet kan man se igenom vatten varför botten påverkar satellitbilden i större grad än övriga band. Därför har prioriteringen gjorts att vatten i efterhand maskas ut från band XS2 för SPOT-scenen för att därefter integreras med klassningsresultatet. I Landsat-scenen klassas i stället vattnet fram. Detta för att åtminstone i ett av fallen kunna utvärdera klassnings-kvaliteten på vatten.
- * **Myrar** - Myrar har mycket varierande spektrala egenskaper, bl.a har vissa blöta myrar motsvarande egenskaper som tät barrskog. Uppdelningen av de områden som faller under myrmasken sker genom att *blöta myrar* klassas fram, övriga områden faller under *torr myr*. För övriga klasser som hamnar under myrmask måste en bedömning göras för varje klass separat om dessa ska föras till blöt eller torr myr. Likadant måste en bedömning göras för områden som klassats som blöt myr utanför myrmasken.
- * **Tätbebyggelse** - Även här använts masker från Lantmäteriet eftersom detta är en klass som varierar mycket i spektralt hänseende. Barrskog, lövskog, blandskog samt vatten får dock slå igenom masken.
- * **Annan bebyggelse** - Denna klass kan även kallas fritidsbebyggelse. I övrigt se tätbebyggelse.

- * *Övrig öppen mark* - Detta är egentligen ingen specifik klass utan infattar pixlar som inte fått någon klasstillhörighet. Detta inkluderar bl.a åkermarker, ängs- och hagmarker, vägar och kraftledningsgator.

2.6 Bildbehandlingssystem

Nedan följer en beskrivning av den hård- och mjukvara som använts vid klassningen och övrig bearbetning av scenerna. Samtlig utrustning finns och nyttjas på Satellitbild AB i Kiruna.

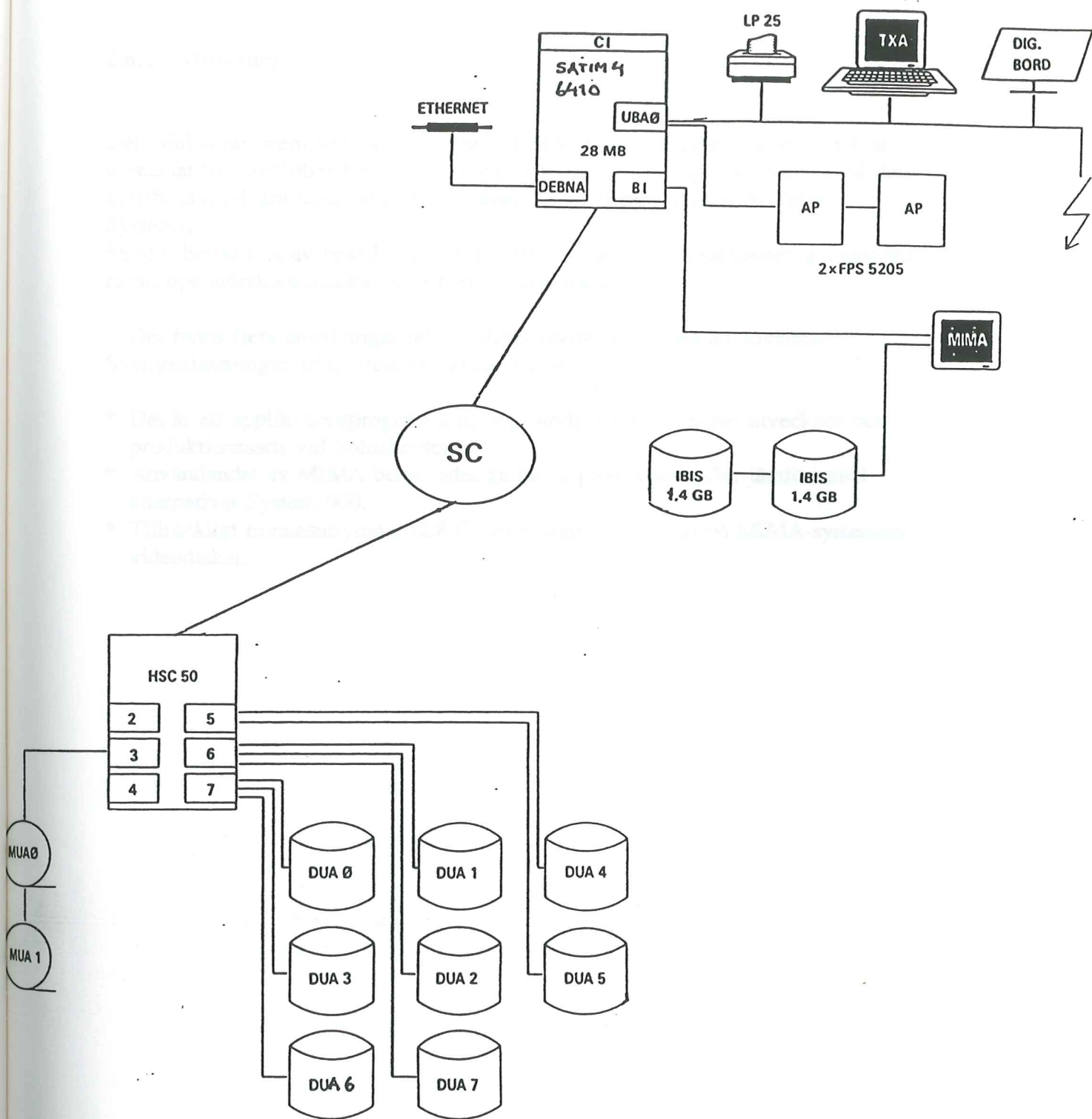
2.6.1 Hårdvara

Figur 2.3 visar en översikt över vax-clustret som det är utformat på Satellitbild AB (endast de delar som använts vid genomförandet av denna uppsats är utmarkerat) (figur 2.3).

Grundsystemet kan sägas vara uppbyggt av följande hårdvara: en vaxdator som utgör den s.k värddatorn, bandspelare, Teragon 4000 samt en displayprocessor och annan datautrustning vid arbetsstationen (*Teragon Systems 1988*).

Bandspelarna kan behandla data med en täthet av 1600 och/eller 6250 BPI (bits/inch) och tillhörande tapar används för att spara de indata och resultat som blivit.

Teragon 4000 är ett hårdvarusystem som utvecklats av dåvarande dataföretaget Teragon Systems (numera handas tjänsterna av Innovativ Vision AB i Linköping). Detta hårdvarusystem kan stödja upp till fyra stycken arbetsstationer (*Malmström och Cronström*). Till systemet hör två IBIS video-diskar med en sammanlagd kapacitet av 2.8 GByte. Denna stora kapacitet gör att man kan lagra och bearbeta stora bilder i ett svep i stället för att behöva dela upp den i flera mindre. Detta är speciellt fördelaktigt vid användande av satellitdata som ju innehåller mycket data. Vid arbetsstationen finner man bl.a en displayprocessor, en högupplösande färgskärm, digitaliseringsbord och en alfanumerisk skärm med tangentbord.



Figur 2.3 Vax-clustrets utformning på Satellitbild AB (endast de aktuella delarna för arbete på MIMA-systemet är utmarkerade).

2.6.2 Mjukvara

Det mjukvarusystem som använts heter MIMA (*Mighty Image Analyser*) och är utvecklat för satellitbearbetning av Svenska Rymdaktiebolaget och baseras på det kraftfulla hårdvaru/mjukvarusystem kallad TS 4000 från dåvarande Teragon Systems.

MIMA består bl.a av bokhållning av bildattribut, användarkoordinater, geografiska rutor, operatörskommunikation och en vektordatabas.

Det fanns flera anledningar till att MIMA-systemet valdes att användas till Sverigeklassningen (*Paulsson, projektplan 1990*):

- * Det är ett applikationsprogram med hög produktivitet som har utvecklats och produktionssatts vid Solnakontoret.
- * Användandet av MIMA beräknades ge halva produktionstiden jämfört med alternativet System 600.
- * Tillräckligt minnesutrymme (2.8 GByte) fanns tillgängligt på MIMA-systemets videodiskar.

3 ARBETSMETODIK

3.1 Metodik för insamling av fältdata

Fältdatainsamling är viktigt för tolkningen av satellitdata både kvalitativt och kvantitativt. Insamlandet av data påverkas bl.a av hur datat samlas in samt tidsskalan. Man måste skilja mellan objekt som är stabila genom tiden och sådana som ändrar sig relativt hastigt. I det första fallet behöver inte tiden för fältdatainsamlandet och satellitscenens registreringspunkt vara densamma. I fallet med objekt som ändrar sig snabbt är tiden för fältdatainsamlingen i relation till satellitövergången kritisk (*Harris 1987*).

Det är två företeelser som ska samlas in. Dels är det punktdata som ska begagnas vid utvärderingen av klassningsresultatet, dels är det ytdata som ska användas som träningsytor för klassningen, d.v.s de ytor som datorn tränas till att känna igen spektralt för att sedan kunna klassa övriga pixlar och låta dem hemfalla någon av de klasser träningsytorna representerar.

Insamlandet av punktdata måste styras av en samplingsstrategi. Som regel krävs minst 50 samplingspunkter per klass. Detta samplingsantal är dock endast genomförbart när objektet under studie inte ändrar sig för mycket under tiden, när fältsäsongen är lång, klassen har en god representation hos scenen och när det är lätt att nå punkterna i fält (*Curran 1985*). Storleken för varje punkt bör vara minst 3 x 3 pixlar eftersom det kan vara svårt att lokalisera enstaka pixlar på marken eller i flygfotografier.

Det finns olika sätt att samla in samplingspunkterna, nedan följer några exempel (*Föreläsningar 1989*):

- * **Vägsampling** - Alla vägar i samplingsområdet numreras. Slumptal genereras som motsvarar ordningen i vilken vägarna ska köras. Slutligen mäts längden av vägarna i den genererade nummerordningen. Man beräknar hur många vägar som behöver köras för att uppnå t.ex 200 punkter, två samplingspunkter var 200:e meter på båda sidor om vägen.
- * **Osystematisk sampling** - En slumptalstabell genereras som innehåller det antal punkter som önskas och som passar till X- och Y-koordinaterna i samplingsområdet. Därefter markeras punkterna på ekonomiska kartan.
- * **Stratifierad sampling** - Området delas in i ett antal (2-4) strata* som kan urskiljas på ekonomiska kartan. De olika stratumens procentuella fördelning inom området beräknas. Fördela det antal punkter som önskas i de olika stratumen proportionellt mot areafördelningen, dock minst 30 punkter i varje stratum. För detta används metoden för osystematisk sampling. Punkterna markeras slutligen på den ekonomiska kartan.
- * **Systematisk sampling** - Ett gridnät läggs över området med ett visst avstånd mellan linjerna. Varje korsning mellan två linjer motsvarar en kontrollpunkt.

Den bekvämaste (och även vanligaste) metoden som används är vägsamplingen, eftersom man smidigt tar sig fram med bil överallt och inte behöver stanna för varje punkt. Nackdelen är dock främst att terrängtypen kan vara underrepresentativ p.g.a närvaron av vägar. Metoden är inte heller korrekt slumpmässig.

I detta fall har den systematiska samplingen valts. Det är enkelt att markera ut punkterna på kartan och inga matematiska beräkningar krävs. Dessutom är det lätt att överföra gridnätet till satellitbilden och klassningen inför utvärderingen. Samtidigt är vägnätet så pass tätt att inga större svårigheter låg i att ta sig till de olika punkterna.

Metoden kan även sägas vara slumpmässig eftersom gridnätet läggs ut oberoende av den underliggande terrängens utseende.

Förutom att samla in punktdata ska även ytdata samlas in. Ytdata kallas även träningsdata eftersom datorn ska tränas mot dessa ytor initialt i klassningsmomentet. En viktig statistisk aspekt vid urval av träningsdata är att ett tillräckligt antal pixlar måste finnas för att träningsdatan ska vara representativ för all data för den klassen. Om en maximum-likelihood klassning används och normal klassdistribution antas, så måste klassmedelsvektorena och kovariansmatriser[®] beräknas. För att uppnå pålitlig klasstatistik måste 10 till 100 träningspixlar per klass och objekt vanligtvis behövas. Antalet träningspixlar som behövs för en given signatur ökar med klassens variation. Om inte detta gjordes skulle datan vara oanvändbar för klassning som använder tekniker som maximum-likelihood som ju förutsätter datanormalitet (Schowengerdt 1983).

Träningsytorna valdes genom att IR-flygbilder i skala 1:30.000 användes i kombination med fältdata för att välja representativa och homogena träningsytor för olika vegetationstyper. Även satellitbilden användes som referens för att se att inga förändringar i landskapet skett sedan flygbilderna togs. Dessutom användes satellitbilden till att begränsa områdena och att plocka ut färska hyggen som oftast direkt kan tolkas i satellitscenen. Syftet var att ta ut ca 20 träningsytor initialt per klass (även om inte alla senare ska komma till användning i klassningen). För klasser med liten representation får man dock ofta nöja sig med ett färre antal ytor. Dessutom kan antalet träningspixlar per yta bli relativt liten för sådana klasser.

3.2 Klassningssystemets uppbyggnad

Klassningsarbetet utförs som tidigare nämnts på MIMA-systemet.

Klassningsprincipen är uppbyggd enligt önskemål från Svenska Rymdaktiebolaget och även programmerat av detta tillsammans med dåvarande Teragon.

Det första steget i varje klassningsprocedur är att "träna" dataprogrammet att känna igen de signaturer för klasserna som är av intresse. Denna aspekt av klassningsproceduren är kritisk för hur lyckad hela processen blir och tar ofta den största delen av tolkarens tid. För att träna dataprogrammet måste man bidra med pixelklungor från vilka klassernas signaturer utvecklas. För styrd träning (se avsnitt 1.4) använder tolkaren tidigare kunskap från fältstudier, flygbildstolkning

och andra källor. Signaturen för dessa av tolkaren identifierade pixlarna räknas sedan ut och används för att känna igen pixlar med liknande signaturer över hela scenen. Det är viktigt att träningsytan är en homogen sampl av varje klass, men samtidigt måste omfånget av variationerna inkluderas. I regel behövs därför mer än en träningsyta per klass. Om det är en stor variation inom klassen kan valet av träningsytor bli mödosam, och det är omöjligt att vara helt säker på att en vittomfattande uppsättning av träningsytor för varje klass har blivit specificerad. I många fall är det omöjligt att få fram homogena ytor.

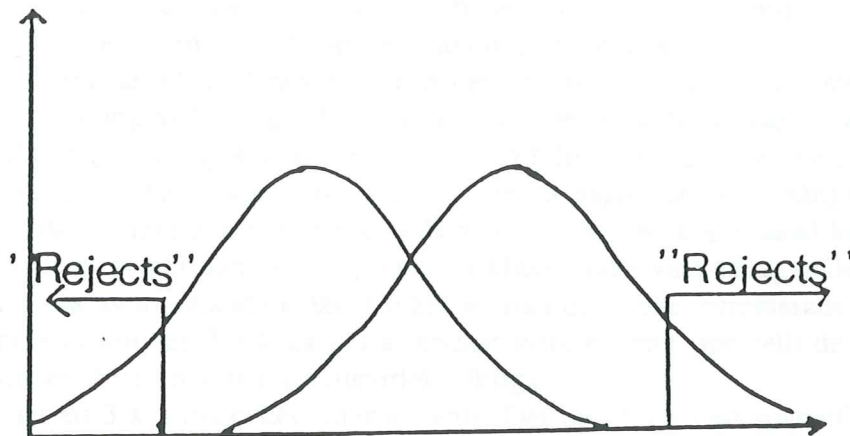
MIMA-systemets klassningsprogram är uppbyggt enligt följande princip, uppgiften är att finna ett medelvärde (tyngdpunkt) och en spridning som beskriver en ellipsoid* som bäst representerar den klass som söks. Oftast måste en klass byggas upp av flera ellipsoider, d.v.s flera träningsytor måste ritas för varje klass. Man ritar in den aktuella träningsytan på ett bildskikt som ligger ovanpå satellitbilden (som är inläst i datorn och visas upp på en bildskärm). I MIMA klassningsprogram måste träningsytorna vara sammanhängande. Statistik på träningsytan beräknas och medelvärdet samt kovariansen skrivs ut. Man får även angivet hur många pixlar som ingår i träningsytan.

När man funnit en "representativ" tyngdpunkt för (sub)klassen väljer man ett s.k. rejectvärde som spänner ut ellipsoiden i rymden med hjälp av korrelationsvärdena. Rejectvärdet är en faktor som multipliceras med spridningen i de olika dimensionerna och på så sätt kan volymen ändras. Ett ökat rejectvärde ger således en ökad spridning i rymden vilket leder till en ökad representation för den träningsytan inom den totala klassningen. Homogena ytor som avviker kraftigt spektralt från andra klasser som t.ex vatten kan ha ett mycket högt rejectvärde, medan man med klasser som lätt bebländas sig med andra får hålla ett lägre rejectvärde. Här kan det också bli så att en ökning av rejectvärdet med endast en enhet kan förändra klassrepresentationen relativt kraftigt. Det bör observeras att med ändrat rejectvärde kan man aldrig få ett bildvärde att byta klasstillhörighet. I stället tillfaller pixeln "förkastningsklassen", d.v.s övrig öppen mark (*figur 3.1*).

En möjlighet finns att ändra tyngdpunkten (medelvärdet) för en subklass, genom att ändra uppsättningen bildvärden som ingår i träningsytan. Det sker på så sätt att man minskar ytans storlek såtillvida att alla bildelement inom träningsytan som blivit klassade som något annat än ytan själv utesluts. Nytt medelvärde och spridning beräknas. En separering sker från konkurrerande subklasser och troligen förskjuts tyngdpunkten för subklassen emot ett mer sant värde, men framför allt minskas spridningen inom subklassen.

Man kan även få uppgift på om några av träningsytorna går in i varandra. Metoden baserar sig på en formel som kallas Jeffries-Matusita distance. Den är ett mått på statistisk separerbarhet mellan olika klasser (träningsytor). Grovt uttryckt är Jeffries-Matusita distance ett mått på medeldifferensen mellan de jämförda träningsytornas medeltäthet (spridning i rymden). Beräkningarna baserar sig på de olika träningsytornas medelvärden och kovarians[@]. Dessutom förutsätts att ytorna är normalt distribuerade (*Swain et al 1978*). Separerbarhetsmättet är värdet mellan 0 och $\sqrt{2}$. De värden som är mindre än 1 skrivs ut på skärmen. En subjektiv bedömning har gjorts att dessa ytor går in i varandra. M.a.o innebär en lägre värde att träningsytorna går in mer i varandra. Det kan vara en indikation på att nya träningsytor måste ritas om de ytor som går in i varandra inte representerar samma

klass. Det är även ett sätt att upptäcka träningsytor som kan komma att försvåra ett bra klassningsresultat (Gustafsson 1990).



Figur 3.1 Figuren visar acceptansgränserna för klassning (Tommervik 1985).

Därefter utförs själva klassningsmomentet över antingen delar av scenen eller över hela området på en gång. När detta är gjort studerar man mer ingående de områden man har flygbilder över och jämför visuellt mot klassningen. Är man inte nöjd med klassningen kan man manipulera på flera sätt; ändra rejectvärden, rita nya klasser eller förkasta ytor som inte slagit väl ut. På detta sätt manipulerar man tills man är nöjd med sin klassning.

Den slutliga utbilden i klassningsprocessen är en typ av digital karta över de klassade pixlarna. Klassningsprocessen komprimerar bildat genom att reducera det stora antalet grånivåer i var och ett av de spektrala banden till en enskiktbild med ett fåtal klasser. I den meningen förorsakar klassning en förlust av numerisk information från originalbilden (Schowengerdt 1983).

3.3 Efterbehandling av bilddata

När klassningen är klar finns det vissa steg som måste vidtagas innan det hela är klart för utvärdering. För SPOT-scenen maskas vatten fram ur XS2. Som stöd för var gränsen mellan vatten och land ska dras används kartor och underliggande satellitbild som stöd. Vattenmasken integreras därefter med den klassade bilden och de pixlar som hamnar under vattenmasken kodas om till vatten. Sedan integreras maskerna för tätort, fritidsbebyggelse och myrar från Lantmäteriet med den klassade bilden och täcker över underliggande pixlar från ursprungsklassningen.

Den klassade bilden kodas om så att alla pixlar får sitt rätta värde. Det är i detta stadium man låter de klasser som så ska slå igenom de pålagda maskerna. Barrskogen delas sedan upp i gles och tät barrskog. Detta görs För Landsat-scenen ur TM3 och för SPOT-scenen ur XS2. De grånivåvärde som kan sägas utgöra gränsen mellan tät och gles barrskog tas sedan fram med flygbilder som stöd. Slutligen filtreras bilden. Detta görs eftersom den i regel har ett störigt utseende beroende på att det är en pixel-för-pixel klassning där endast spektral information använts. Det innebär att det finns många isolerade pixlar, eller små grupper av pixlar vars klassning skiljer sig från sina grannar. Det är dock rimligt att anta att det finns någon grad av spatial korrelation i ytan från pixel till pixel. Om denna spatials information kan inkluderas i klassningen på något sätt, kan många av de isolerade missklassningarna elimineras, vilket resulterar i en uppmjukad karta. Från en annan synpunkt kan den ursprungliga klassningen vara riktigt gällande de enstaka pixlarna av avvikande klass. I regel är man dock inte intresserade av pixel-för-pixelvariationer. I många fall är endast stora enheter, speciellt de som upptar områden över en viss minimistorlek viktiga. I vårt fall har ett 3 x 3 majoritetsfilter använts. Det innebär att ett spatialt* fönster på en storlek av 3 x 3 pixlar, passeras över den klassade bilden, och för varje pixel beräknas majoritetsklassen inom fönstret. En extra tyngd har lagts på centumpixel så att den räknas två gånger i stället för en. Om majoritetsklassen skiljer sig från centumpixeln i fönstret ändras klassningen för centumpixeln till majoritetsklassen. Om det inte finns någon majoritetsklass inom fönstret förblir centumpixeln oförändrad. Vid varje ny position hos fönstret, används ursprungsklassningspixeln till algoritmen, inte den processade datan från tidigare fönsterpositioner (Schowengerdt 1983).

Ett histogram tas på klassningen före och efter filtreringen. Detta dels för att se hur de olika klassrepresentationerna förändras vid filtreringen och dels för att beräkna den totala arealen av de olika klasserna.

3.4 Metodik för utvärdering av klassningarna

För att få ett bevis på sin klassningskvalité måste man följa upp med en utvärdering. Det finns olika metoder att utföra detta. Dels har man den rent subjektiva metoden där man jämför klassningen mot underliggande indata samt mot flygbilder och olika kartmaterial. Metoden ger inga värden som mått på riktigheten, men är ett bra sätt att snabbt upptäcka former i landskapet och företeelser som avviker alltför mycket. I regel krävs dock ett mer objektiva attacksätt. Det är i sådana metoder att föredra flygbilder och data insamlad från fält framför att jämföra klassningen med annat kartmaterial eftersom det materialet kan vara behäftat med fel. Nedan följer en beskrivning av de olika utvärderingsmetoder denna uppsats baserar sig på.

Den första metoden är att utnyttja de punktdata man samlat in under fältövningarna. Punkterna är spridda jämnt över hela scenen. Varje punkt i fält är koordinatsatt enligt Sveriges rikets nät för exakt lokalisering. Därefter har den satts till en av klasskategorierna. Motsvarande punkt markeras på basis av koordi-

natema i datasystemet och letas igen i den klassade bilden. För varje punkt (3 x 3 pixlar) antecknas dess klasstillhörighet. Punkter som ligger i gränzonen mellan flera klasser förkastas.

Den andra utvärderingsmetoden baserar sig på att man lägger ut ett gridnät över flygbilder över området och tolkar direkt i flygbilden vad hörnpunkterna är för naturtyp. Detta är egentligen en inte särskilt lämplig metod eftersom flygbilden inte har ortogonal projektion* till skillnad från den korrigerade satellitbilden. Därför kan man inte säkert lokalisera en viss punkt med givna koordinater i flygbilden. Att denna utvärderingsmetod trots allt tas med beror på att man många gånger inte har möjlighet att åka ut i fält, och att då det enda utvärderingsmaterial som finns att tillgå är kartor som ofta är bristfälliga eller just flygbilder. I regel kan man känna igen former på objekt i naturen både i flygbilden och satellitbilden varför man många gånger ändå kan lokalisera en punkt, särskilt om den ligger mitt i en objektsyta. Tveksamma punkter som t.ex ligger i gränsen mellan två objekt, förkastas i stället för att riskera att de tolkas fel. Därefter utförs samma arbetsmetodik som för utvärderingen med hjälp av punktdata. Även vid denna metod kan man få en indikation på hur klassningskvaliteten är över olika delar av scenen. Verifieringsytorna togs ut och klassbestämdes i IRF-flygbilder i skala 1:30.000. Urvalet av verifieringsytor utfördes genom att ett 2 x 2 cm rutnät lades ut över flygbildernas centrala delar. Om utan vid rutkorset var homogen över en area på minst 2.6 x 2.6 mm, motsvarande 10 pixlar, inkluderades ytan och klasstillhörigheten antecknades. Om en smärre justering på några millimeter i flygbilden behövdes för att få en homogen yta, flyttades ytan. Rutnätet var dock fixerat vid kontrollmärkena.

För vissa klasser var antalet ytor inte tillräckligt efter genomgång av befintliga flygbilder. Därför användes ett tätare rutnät som lades över de områden där t.ex berg i dagen och blötmyr faktiskt uppträdde. I protokollet antecknades vilket rutnät som används. Alla ytor som var homogena inom en klass inkluderades. Alltså togs även ytor med exempelvis blandad ung och gammal barrskog med, om de var homogent täta. Även ytor som låg på gränsen mellan klasser togs med om de var homogena. Att de var gränsfall antecknades. På så sätt kunde gränsdragningen i satellitklassningen studeras. Som teoretisk gräns mellan tät och gles barrskog valdes 12 meters avstånd mellan träden (*Ekstrand 1990*).

Ytterligare en metod som kan användas är att ta större homogena ytor i fält och använda dem som verifieringsunderlag. De är en indikation på överensstämmelsen på klassningen om testytorna är utspridda över hela området. Om det finns allvarliga fel i klassningen är det säkert klart märkbart i dessa ytor (*Schowengerdt 1983*). Denna verifieringsmetod nyttjades dock inte i detta arbete på grund av den tidsbegränsning som rådde.

De statistiska beräkningarna för utvärderingarna baserar sig på en förväxlingsmatrix som konstruerats. Denna matrix ger en indikation på var klassningen varit bra och var den varit dålig. Värdena på diagonalen representerar procenten av korrekt klassade pixlar för varje klass, värdena längst en given rad indikerar hur missklassade pixlar distribueras inom klasserna. Summan av värdena i varje rad är 100% för att svara för det totala antalet testpixlar. Har man använt en klass som trösklats (i vårt fall vatten i SPOT-scenen) måste den klassen få en egen kolumn (*Schowengerdt 1983*).

A = antalet rätt karterade punkter för varje klass
B = antalet fältdatapunkter (verklighet) för varje klass
C = antalet bilddatapunkter för varje klass
N = totala antalet punkter

- * **Objektsnoggrannhet** - Sannolikhet att en godtyckligt vald punkt i en given klass i klassningen har sin motsvarighet i verkligheten.

$$A / C \times 100 \quad (\%)$$

- * **Klassningsnoggrannhet** - Sannolikheten att en godtyckligt vald punkt i en given klass i verkligheten har sin motsvarighet i klassningen.

$$A / B \times 100 \quad (\%)$$

- * **Areella differensen** - Hur många procent i vår bild som har överklassats eller underklassats (-) i förhållande till verkligheten.

$$(C - B) / C \times 100 \quad (\%)$$

- * **Medelnoggrannheten** - Sannolikheten att en godtyckligt vald punkt i en given klass i den klassade bilden har sin motsvarighet i verkligheten och att en godtyckligt vald punkt i en given klass i verkligheten har sin motsvarighet i den klassade bilden.

$$2 * A / (B + C) \times 100 \quad (\%)$$

- * **Totalnoggrannheten** - Sannolikheten att en godtyckligt vald punkt i klassningen har sin motsvarighet för samma klass i verkligheten och att en godtyckligt vald punkt i verkligheten har sin motsvarighet för samma klass i den klassade bilden (medelnoggrannheten för alla klasser).

$$(\Sigma A) / N \times 100 \quad (\%)$$

Det är frestande att nöja sig med att beräkna den klassningsnoggrannheten som antalet pixlar korrekt klassade delat med det totala antalet riktigt klassade plus de felaktigt klassade. Detta ger ett missvisande resultat eftersom vissa samplingspixlar blir korrekt klassade även vid en slumpmässig klassning av pixlar (Harris 1987). Då kan man använda sig av något som heter standardfel för att visa mellan vilka värden noggrannhetsutvärderingen kan slå (Curran 1985). Värdet som fås fram genom formeln nedan utgör intervallet för eventuell avvikelse på 68% signifikansnivå, vilket motsvarar en standardavvikelse[®]. Det innebär att standardfelet blir det dubbla om man utgår från en signifikansnivå på 95% (två standardavvikelser).

$$SE = \sqrt{(p\% \times q\% / N)}$$

där

SE = standardfelet

p% = de korrekta observationerna i procent

$q\%$ = de inkorrekta observationerna i procent
 N = samplingsstorleken

Ex.

Om 70% av 1000 fältpunkter har blivit rätt klassade är standardfelet

$$SE = \sqrt{(70 \times 30 / 1000)} \approx 1.5$$

De 70% korrekta observationerna kan sägas vara ett medelvärde med ett standardfel på $\pm 1.5\%$ på 68% signifikansnivå och 3% på 95% signifikansnivå. Omfånget på klassningsnoggrannheten på 95% signifikansnivå är därför 67% - 73%.

Vid verifieringen mot flygbilder digitaliserades ytorna genom att ritas in ovanpå satellitbilden i System 600. Ytorna var mycket lätta att lokalisera när flygbilden fanns bredvid med rutnät pålagt. Dessutom användes protokollet från tolkningen med anvisningar om eventuell flyttning av ytan från rutkorset.

I de fall ytan inte var homogen i satellitbilden ströks den. Detta gäller ytor där t.ex en del av skogen huggits eller sly växt upp. I de fall när hela ytan förändrats - skog huggits respektive barr eller sly växt upp togs de med i verifieringen, men förändringen noterades.

Statistik över klasstillhörighet för pixlarna i ytorna togs fram ur den klassade bilden. Ytans klass bestämdes av majoriteten av pixlarnas klass. Om mer än en tredjedel av ytan hade avvikande klasstillhörighet ströks den. Om mellan 10 och 30 % av pixlarna tillhörde en avvikande klass noterades detta, men ytan behölls i sammanställningen.

Vid arbetet med verifieringen skildes dessutom på hyggen och annan övrig öppen mark samt skogsytor som huggits mellan tidpunkterna för satellit- och flygbild (Paulsson 1990).

4 RESULTAT

4.1 Information om referensytor

Som tidigare nämnts används samma ytor för både SPOT- och Landsatklassningen, med undantag för vatten som maskats fram ur SPOT medan den klassats fram ur Landsat. Träningsytorna togs fram ur SPOT-scenen, främst p.g.a de stråk som kunde skönjas i den. För att klassningen skulle bli heltäckande för de olika vegetationstyperna var man därför tvungen att ta fler ytor för var och en av klasserna än vad som vanligtvis behövs. Det innebar att när man sedan använde ytorna för klassning av Landsat-scenen var många av ytorna mycket lika sett ur spektralt hänseende. Sammanlagt markerades 33 ytor för SPOT-scenen varav två förkastades p.g.a att de inte var tillräckligt homogena för att representera den klassen de var ämnade för. För Landsat-scenen tillkom ytterligare sju ytor för vatten. Nedan följer en uppställning över de olika träningsytorna. Medelvärde och standardavvikelsen ligger till grund för beräkning av ytans representation inom klassningen ur spektralt hänseende, medan rejectvärdet är ett mått på hur stor spridning klassen får "i rymden" (*figur 4.1 och 4.2*).

Som tidigare nämnts kan man även få ett mått på separerbarheten för klasserna. Här tas endast de ytor upp som går in i varandra men som inte representerar samma klass. Ju lägre värde desto mer går de in i varandra (*figur 4.3 och 4.4*).

För att lättare kunna jämföra olika klassers spektrala utseende kan man jämföra de olika träningsytornas digitala gränivärden i respektive band för satellitbilden. Nedan följer en jämförelse mellan värdena hos olika klasser. Ytorna som valts ut som representanter utgörs av homogena ytor som kan ses som goda representanter för sina klasser (*figur 4.5 och 4.6*).

T.YTA	MEDELVÄRDE	STANDARD- AVVIKELSE	ANT PIXLAR	KOORD- INATER	REJECT
barr 1	67.0 33.6 83.6	3.48 2.49 5.43	422	6430 1445	62
barr 2	72.2 38.6 86.6	4.95 3.45 6.48	245	6388 1450	60
barr 3	71.3 35.8 104.9	4.28 2.42 7.56	314	6414 1448	52
barr 4	75.0 45.7 82.2	4.93 3.39 7.88	265	6400 1487	58
barr 5	73.0 39.7 87.5	4.62 3.44 7.78	330	64617 1466	60
barr 6	73.8 41.3 81.5	5.62 3.93 10.70	263	6432 1482	60
bland 1	68.4 34.0 98.1	6.85 3.61 13.41	104	6390 1445	53
bland 2	66.3 33.0 80.4	7.08 3.80 11.17	92	6401 1457	49
löv 1	71.1 33.4 136.1	4.12 2.37 10.28	401	6432 1461	52
löv 2	67.3 35.3 128.3	4.50 2.94 15.69	310	6395 1491	53
löv 3	67.2 35.4 127.7	5.71 3.64 12.57	177	6395 1487	50
hygge 1	81.4 59.5 82.6	5.63 4.76 7.12	250	6408 1496	50
hygge 2	91.9 68.1 93.3	7.55 5.95 9.19	189	6393 1465	SLÄCKT
hygge 3	89.8 69.2 80.5	9.11 7.40 8.89	105	6402 1454	52
hygge 4	87.6 66.0 93.0	10.64 8.73 12.36	81	6426 1496	48
lövsly 1	74.7 37.6 140.2	9.99 5.34 21.19	59	6404 1452	50
lövsly 2	71.7 35.8 137.7	13.78 7.23 28.26	31	6410 1486	50
barr 7	64.2 34.5 69.7	5.40 3.46 8.96	183	6412 1485	66
bland 3	68.7 36.0 95.1	5.82 3.58 12.62	225	6414 1482	55
hygge 5	83.1 58.0 105.3	8.86 7.10 16.13	115	6422 1496	49
lövsly 3	75.9 38.3 175.5	8.97 4.97 22.14	88	6428 1447	SLÄCKT
b.i.d 1	86.2 59.0 108.3	10.36 8.15 14.31	87	6394 1468	48
b.i.d 2	82.8 51.3 103.1	8.04 6.65 15.99	136	6435 1474	49
b.i.d 3	75.9 43.7 88.1	7.92 5.85 10.92	120	6436 1473	50
b.i.d 4	74.0 42.0 78.5	5.25 4.00 6.54	278	6433 1472	48
b.myr 1	68.8 37.3 76.6	6.26 3.76 19.72	251	6375 1483	51
hygge 6	83.2 54.5 84.9	4.87 3.67 6.58	289	6435 1461	54
hygge 7	94.3 68.4 83.7	8.20 6.48 8.27	147	6439 1457	50
bland 4	67.8 32.2 97.9	4.53 3.48 15.18	313	6432 1462	52
barr 8	74.2 44.7 82.0	4.56 4.21 9.77	398	6431 1461	60
barr 9	70.4 36.4 81.5	5.53 5.46 10.42	685	6398 1486	60
barr 10	73.3 40.6 79.9	4.96 3.86 7.20	424	6435 1459	60
barr 11	69.3 39.1 72.3	3.20 2.43 5.40	747	6397 1489	60

Figur 4.1 Statistik för träningsytorna för SPOT-klassningen

T.YTA	MEDELVÄRDE	STANDARD- AVVIKELSE	ANT. PIXLAR	KOOR- DINATER	REJECT
barr 1	16.6 51.8 28.3	1.18 3.77 2.70	422	6430 1445	60
barr 2	19.9 55.5 45.1	1.60 4.77 5.51	245	6388 1450	60
barr 3	18.3 68.7 36.6	1.51 5.25 5.59	314	6414 1448	52
barr 4	24.7 53.5 63.6	2.07 6.64 5.66	265	6400 1487	58
barr 5	21.1 55.8 50.9	2.01 5.11 6.26	330	6417 1466	60
barr 6	21.0 52.6 49.3	2.71 8.19 7.17	263	6432 1482	60
bland 1	17.4 65.8 43.4	1.94 10.19 6.10	104	6390 1445	53
bland 2	16.9 49.9 34.5	2.14 7.90 6.56	92	6401 1457	50
löv 1	17.3 95.3 60.1	1.65 7.42 5.34	401	6432 1461	52
löv 2	18.2 86.3 56.3	1.77 11.02 7.91	310	6395 1491	52
löv 3	19.0 91.8 64.5	3.43 9.58 11.42	177	6395 1487	50
hygge 1	34.6 51.7 84.0	2.91 4.28 6.63	250	6408 1496	52
hygge 2	41.1 61.3 107.9	3.91 6.37 9.35	189	6393 1465	SLÄCKT
hygge 3	40.9 51.5 105.5	4.54 5.78 12.06	105	6402 1454	52
hygge 4	38.3 62.4 98.9	5.83 8.30 15.52	81	6426 1496	51
lövsly 1	21.0 96.8 66.7	3.54 14.84 11.19	59	6404 1452	50
lövsly 2	18.7 97.3 53.4	3.66 21.77 14.16	31	6410 1486	49
barr 7	16.3 42.6 30.7	2.06 7.66 6.97	183	6412 1485	60
bland 3	17.8 61.7 41.1	2.42 9.14 7.51	225	6414 1482	55
hygge 5	31.2 71.4 88.7	4.40 10.54 14.28	115	6422 1496	49
lövsly 3	21.1 127.9 83.6	3.19 16.59 11.70	88	6428 1447	SLÄCKT
b.i.d 1	33.1 77.7 90.0	4.94 10.96 14.13	87	6394 1468	49
b.i.d 2	26.3 68.8 71.4	3.63 12.77 11.29	136	6435 1474	48
b.i.d 3	23.0 57.2 52.5	3.12 8.14 8.90	120	6436 1473	49
b.i.d 4	21.5 50.0 49.0	2.14 4.83 5.74	278	6433 1472	49
blötmyr 1	20.6 46.4 43.1	2.18 11.87 13.15	251	6375 1483	51
hygge 6	29.9 55.7 82.4	2.35 4.60 7.13	389	6435 1461	52
hygge 7	40.9 54.0 106.2	4.67 5.59 12.47	147	6439 1457	52
bland 4	16.9 67.0 39.1	2.62 11.55 9.40	313	6432 1462	52
barr 8	23.3 51.8 53.4	2.53 6.66 8.60	685	6398 1486	60
barr 9	19.4 52.8 42.2	3.32 8.12 10.69	398	6431 1461	60
barr 10	20.7 51.0 45.8	2.74 5.50 7.47	424	6435 1459	60
barr 11	20.3 45.0 45.0	1.50 3.09 4.15	747	6397 1489	60
vatten 1	11.8 6.0 5.2	0.81 0.82 1.02	999	6431 1504	200
vatten 2	18.1 21.8 5.4	1.28 8.09 1.09	660	6440 1498	200
vatten 3	22.0 12.8 5.5	1.01 1.00 1.82	1523	6420 1441	200
vatten 4	4.8 5.9 11.6	0.76 0.41 0.92	1447	6431 1468	200
vatten 5	12.1 6.0 5.3	0.79 0.44 0.92	1769	6431 1465	200
vatten 6	12.4 6.5 5.7	1.98 2.41 2.95	1925	6429 1469	200
vatten 7	19.7 20.3 12.9	1.51 9.36 6.24	343	6407 1499	100

Figur 4.2 Statistik för träningsytorna för Landsat-klassningen

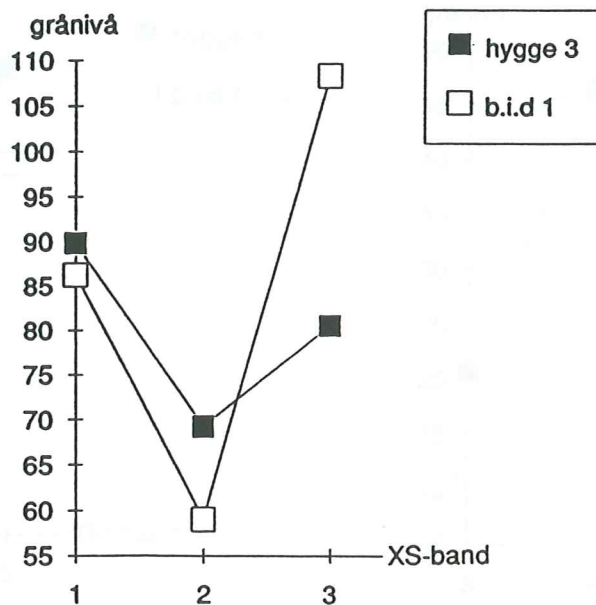
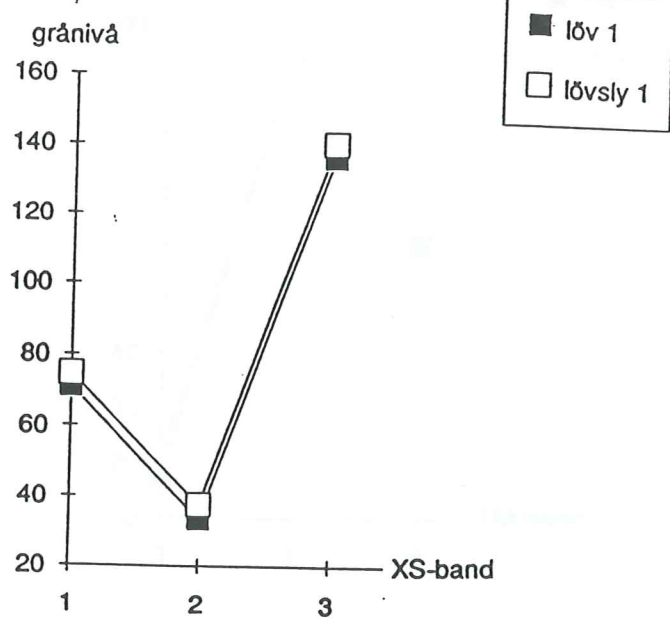
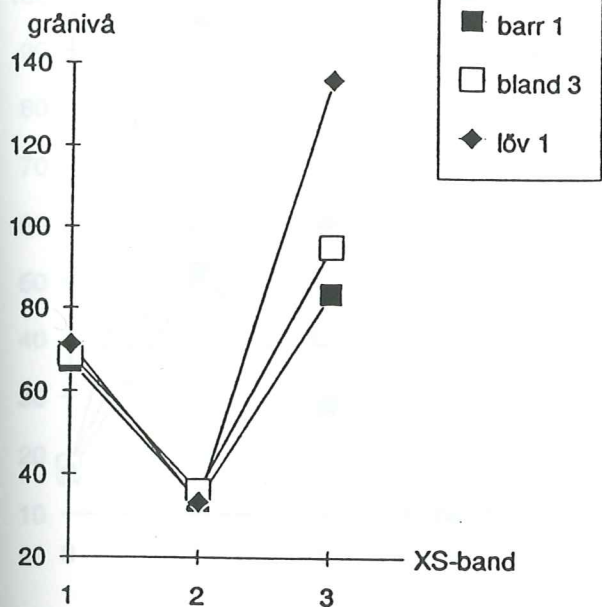
T.YTA 1	T.YTA 2	SEP.
bland 1	barr 3	0.61
bland 2	barr 1	0.68
bland 2	barr 2	0.97
bland 2	barr 5	1.00
lövsly 1	löv 1	0.97
lövsly 1	löv 2	0.91
lövsly 1	löv 3	0.82
lövsly 2	löv 2	0.93
lövsly 2	löv 3	0.87
bland 3	barr 1	1.00
bland 3	barr 3	0.85
bland 3	barr 5	0.95
b.i.d 1	hygge 5	0.49
b.i.d 3	barr 2	0.92
b.i.d 3	barr 4	0.80
b.i.d 3	barr 5	0.69
b.i.d 3	barr 6	0.55
b.i.d 4	barr 4	0.97
b.i.d 4	barr 5	0.95
b.i.d 4	barr 6	0.57
b.i.d 4	barr 7	0.98
blötmyr 1	barr 2	0.99
blötmyr 1	barr 5	0.78
blötmyr 1	barr 6	0.73
blötmyr 1	barr 7	0.77
blötmyr 1	bland 3	0.89
blötmyr 1	b.i.d 3	0.93
blötmyr 1	b.i.d 4	0.99
bland 4	barr 3	0.92
barr 9	bland 2	0.74
barr 9	bland 3	0.99
barr 9	b.i.d 3	0.78
barr 9	b.i.d 4	0.89
barr 9	blötmyr 1	0.83

barr 9	bland 4	0.95
barr 8	b.i.d 2	0.98
barr 8	b.i.d 3	0.72
barr 8	b.i.d 4	0.78
barr 10	b.i.d 3	0.75
barr 10	b.i.d 4	0.33
barr 10	blötmyr 1	0.86
barr 11	b.i.d 4	0.67
barr 11	blötmyr 1	0.96

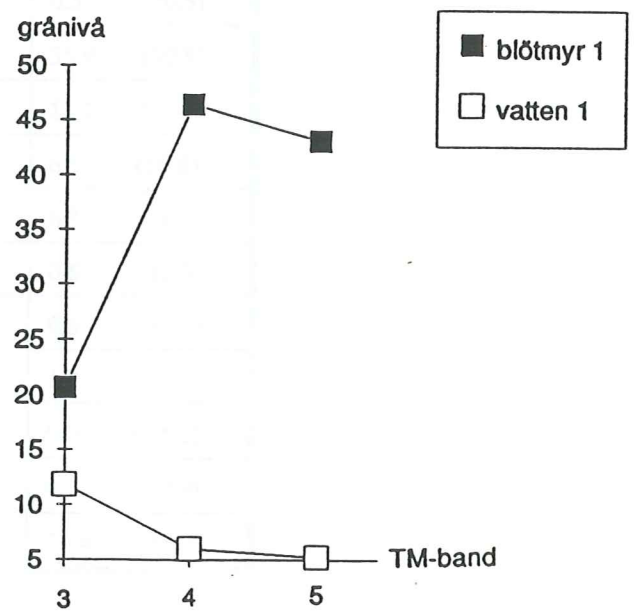
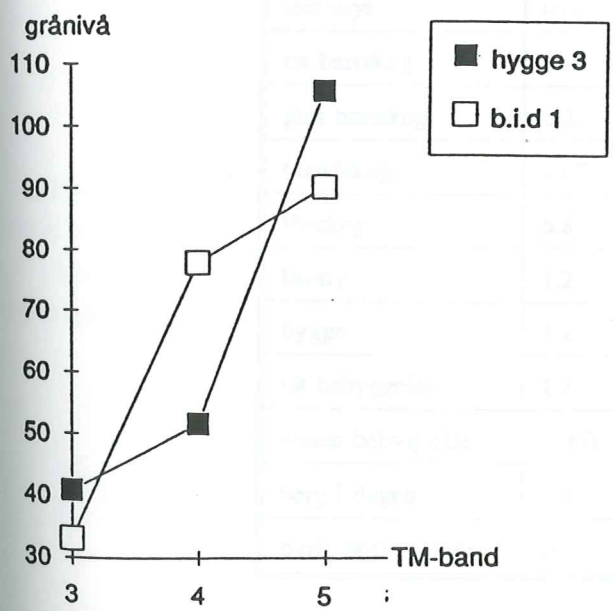
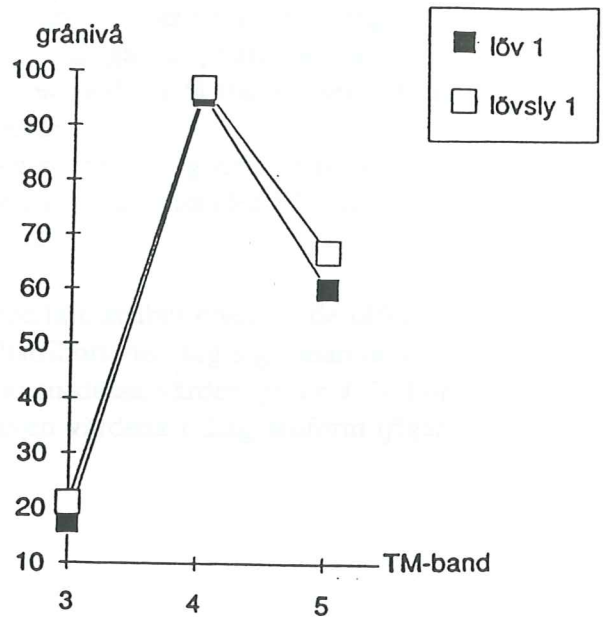
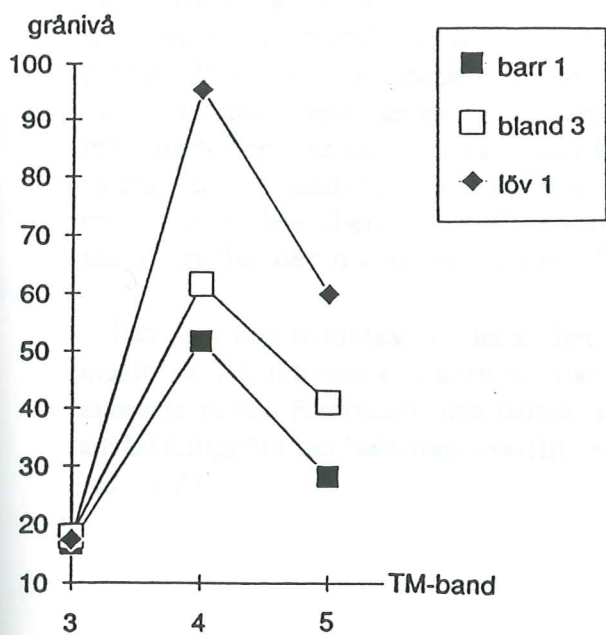
Figur 4.3 Separerbarheten för olika ytor i SPOT-scenen

T.YTA 1	T.YTA 2	SEP.
lövsly 1	löv 1	0.90
lövsly 1	löv 2	0.72
lövsly 1	löv 3	0.65
barr 7	bland 2	0.61
b.i.d 1	hygge 5	0.69
b.i.d 2	barr 4	0.96
b.i.d 2	hygge 5	0.88
b.i.d 3	barr 2	0.94
b.i.d 3	barr 5	0.67
b.i.d 3	barr 6	0.56
b.i.d 4	barr 5	0.71
b.i.d 4	barr 6	0.56
blötmyr 1	barr 5	0.85
blötmyr 1	barr 6	0.73
blötmyr 1	b.i.d 3	0.77
blötmyr 1	b.i.d 4	0.80
bland 4	barr 3	0.95
bland 4	löv 2	0.96
barr 9	bland 2	0.74
barr 9	bland 3	0.83
barr 9	b.i.d 3	0.59
barr 9	b.i.d 4	0.84
barr 9	blötmyr 1	0.77
barr 8	b.i.d 2	1.00
barr 8	b.i.d 3	0.68
barr 8	b.i.d 4	0.53
barr 8	blötmyr 1	0.78
barr 10	b.i.d 3	0.56
barr 10	b.i.d 4	0.46
barr 10	blötmyr 1	0.77
barr 11	b.i.d 4	0.72
barr 11	blötmyr 1	0.98

Figur 4.4 Separerbarheten för olika ytor i Landsat-scenen



Figur 4.5 De digitala grånivåvärdena i respektive band för några representativa träningsytor hos SPOT-scenen.



Figur 4.6 De digitala gränivåvärdena i respektive band för några representativa träningsytor hos Landsat-scenen.

4.2 Information om klassningarna

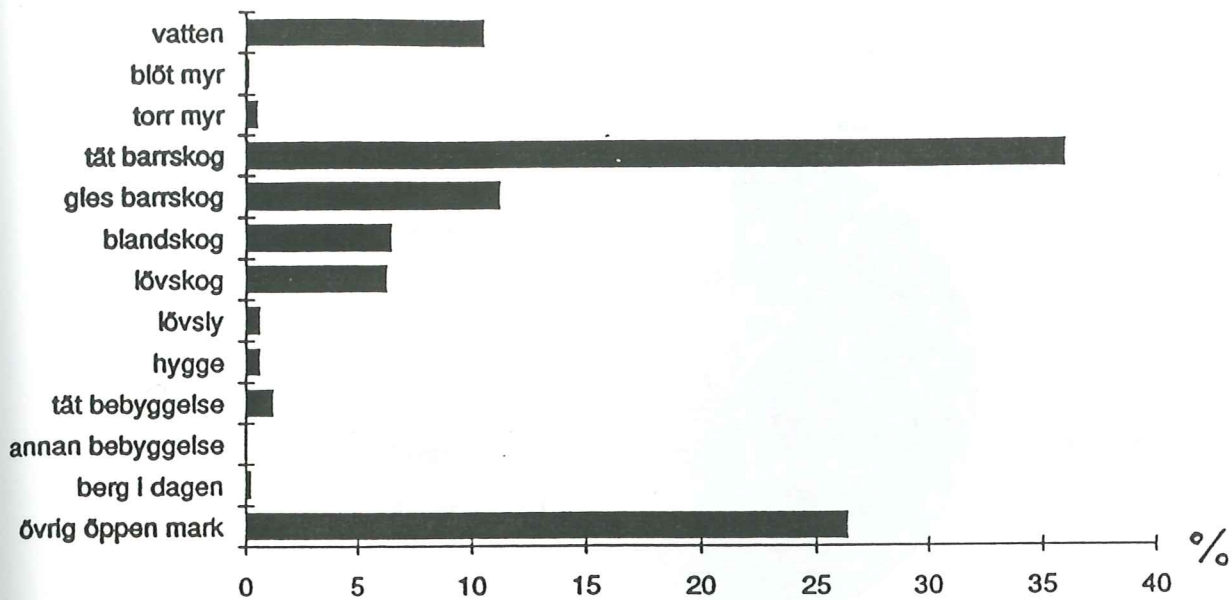
Metodikerna för klassning samt efterbehandlingen av datat har nämnts tidigare. SPOT-scenen klassades först eftersom fler träningsytor skulle behövas för att få klassningen acceptabel än vad som behövdes för Landsat-scenen. Prioriteringen gjordes då att hellre klassades Landsat-scenen med många ytor, varav en del likaväl kunnat slopas, än att SPOT-scenen klassades med för få träningsytor så att inte alla företeelser skulle tillfalla den klass de borde.

Skillnaden i behandlingen av data mellan de olika scenerna låg dels i val av reject-värde, dels i behandlingen av vatten-klassen som ju klassades i Landsat-scenen medan den maskades fram ur SPOT-scenen.

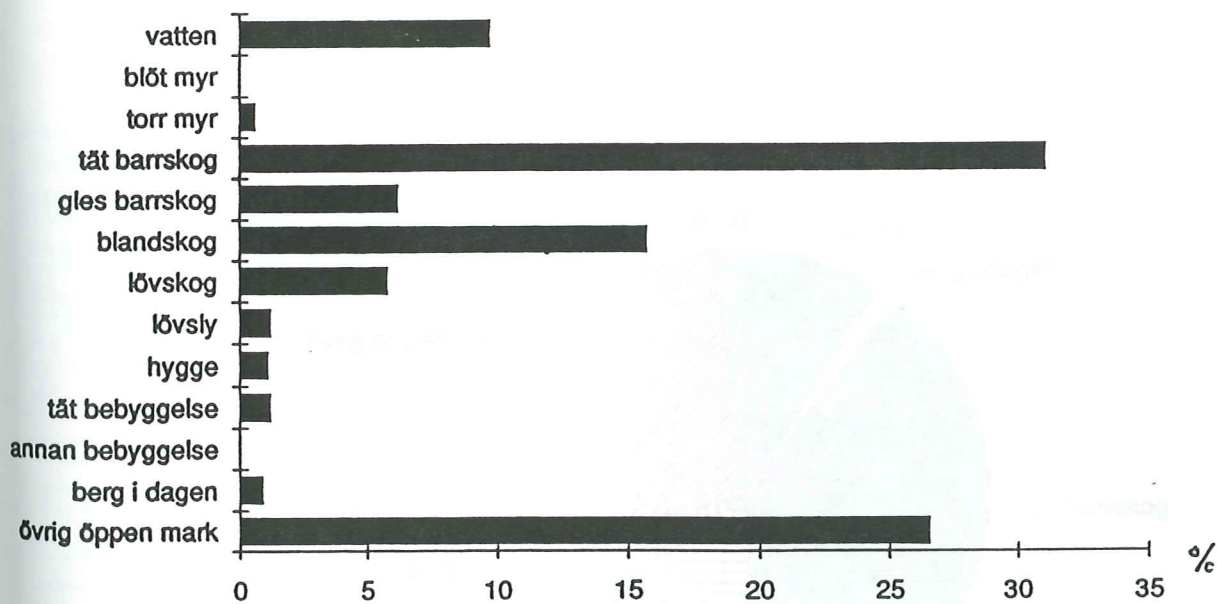
Det som kan redovisas på detta plan är den areella distributionen av de olika klasserna. Av intresse kan även vara att se hur distributionen tog sig innan den klassade bilden filtrerades, och därför redovisas även dessa värden (*figur 4.7*). För att åskådliggöra det hela mer visuellt redovisas även värdena i diagramform (*figur 4.8 - 4.11*).

KLASS	Landsat		SPOT	
vatten	9.7	(9.4)	10.5	(10.2)
blöt myr	0.02	(0.04)	0.1	(0.1)
torr myr	0.6	(0.6)	0.5	(0.5)
tät barrskog	31.0	(28.4)	35.9	(30.8)
gles barrskog	6.2	(7.4)	11.2	(12.1)
blandskog	15.7	(16.0)	6.5	(10.8)
lövskog	5.8	(6.3)	6.3	(6.4)
lövsly	1.2	(2.4)	0.6	(1.3)
hygge	1.1	(1.3)	0.6	(0.8)
tät bebyggelse	1.2	(1.1)	1.2	(1.1)
annan bebyggelse	0.003	(0.002)	0.002	(0.002)
berg i dagen	0.9	(2.6)	0.2	(0.9)
övrig öppen mark	26.6	(24.5)	26.4	(25.0)

Figur 4.7 Den areella distributionen för de olika klasserna. Värdena inom parantes motsvarar arealfördelningen innan filtreringen.

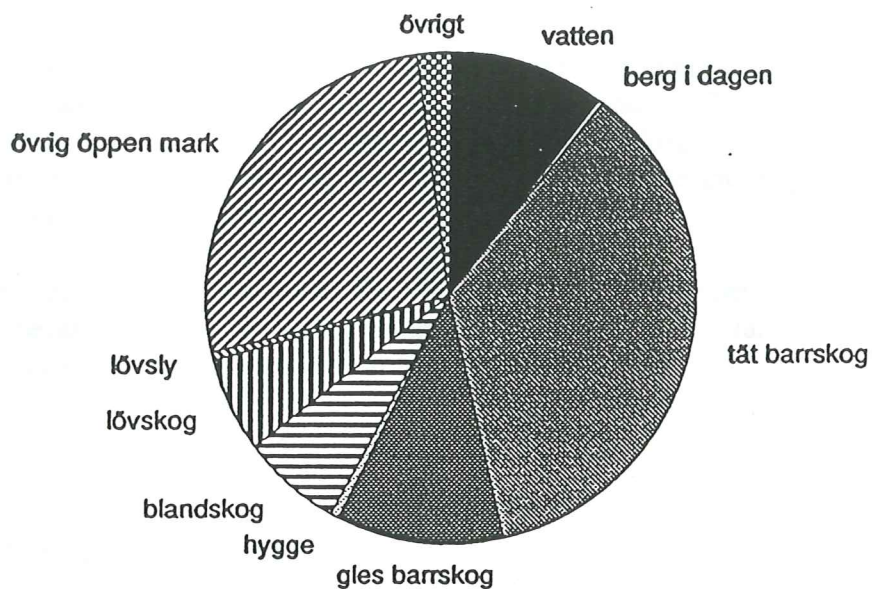


Figur 4.8 Den areella fördelningen för de olika klasserna i stapelform för SPOT-scenen.



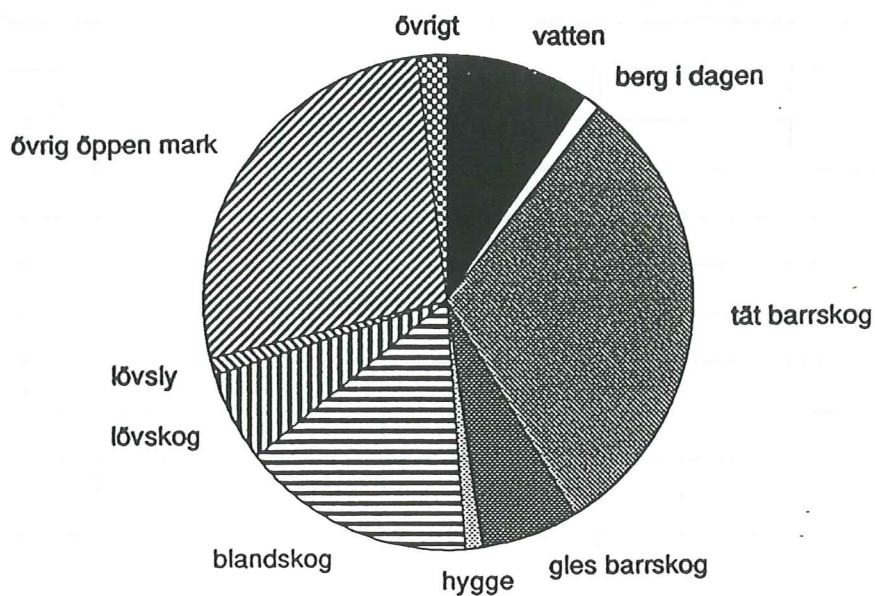
Figur 4.9 Den areella fördelningen för de olika klasserna i stapelform för Landsat-scenen.

AREALFÖRDELNING 57/232



Figur 4.10 Areal fördelningen för SPOT-scenen redovisad i form av cirkeldiagram. Klassen "övrigt" utgörs av de olika klasserna för myr och bebyggelse (erhållna från Lantmäteriets maskor).

AREALFÖRDELNING 193/20



Figur 4.11 Areal fördelningen för Landsat-scenen redovisad i form av cirkeldiagram. Klassen "övrigt" utgörs av de olika klasserna för myr och bebyggelse (erhållna från Lantmäteriets maskor).

4.3 Verifiering

Verifieringen skedde enligt två metoder - systematiskt samplade punkter som besöktes i fält samt tolkning under rutnät av punkter i infraröda flygbilder. Gles och tät barrskog slogs ihop till en gemensam klass för barrskog, då de inte klassades fram utan uppdelades genom tröskling. Därför kan de inte sägas vara en indikation på klassningskvalitén.

En förväxlingsmatris konstruerades för varje scen, och olika typer av noggrannhetsmetoder beräknades. För totalnoggrannheten beräknades även standardfelet för att visa felmarginalen för de värden som beräknats fram.

4.3.1 Verifiering mot fältpunkter

Sammanlagt 410 punkter besöktes i fält varav 24 förkastades på grund av att de var alltför svårlokaliserade eller för att de låg i gränzonen mellan flera klasser.

Den totala noggrannheten för SPOT-klassningen blev $88.3\% \pm 3.28\%$ på 95% signifikansnivå, medan den för Landsatklassningen låg på $96.6\% \pm 1.84\%$.

FÄLT KLASSN.	barr	bland	löv	sly	hygge	öppen	b.Ld	vatten	tät beb.	annan beb.	blöt myr	torr myr	Σ
barr	170	17				2							189
bland	3	21	1										25
löv		5	13	5									23
sly	1												1
hygge					2								2
öppen	5		3	2		82							92
b.Ld													0
vatten								48					48
tät beb.									3				3
annan beb.													0
blöt myr												1	1
torr myr												1	1
Σ	179	43	17	7	2	84	0	48	3	0	0	2	385

Figur 4.12 Förväxlingsmatris för SPOT-scenen baserad på fältpunkter

Den totala noggrannheten för respektive klassning säger dock ingenting om kvalitén för respektive vegetationstyp. För detta ändamål finns olika typer av beräkningar som i princip kan sägas gå ut på att redovisa noggrannheten på klassningen för respektive vegetationstyp, samt att uppskatta om den har över- eller underklassats gällande den klassens representation i förhållande till verkligheten. Nedan följer en tabell där de olika noggrannhetstyperna har beräknats för respektive klass (se avsnitt 3.4). Ett minustecken framför värdet i för den areella differensen indikerar att den klassen underskattats i förhållande till verkligheten.

	OBJEKTS- NOGGRANNHET	KLASSNINGS- NOGGRANNHET	AREELL DIFFERENS	MEDEL- NOGGRANNHET
barrskog	89.9	95.0	5.3	92.4
blandskog	84.0	48.8	-72.0	61.8
lövskog	56.5	76.5	26.1	65.0
lövsly	0	0	-600.0	0
hygge	100.0	100.0	0	100.0
öppen mark	89.1	97.6	8.7	93.2
berg i dagen	-	-	-	-
vatten	100.0	100.0	0	100.0
tätbebyggelse	100.0	100.0	0	100.0
annan bebyggelse	-	-	-	-
blöt myr	-	-	-	-
torr myr	100.0	50.0	-100.0	66.7

Figur 4.13 Olika former av noggrannhet i procent för respektive klass i SPOT-scenen

FÄLT KLASSN.	barr	bland	löv	sly	hygge	öppen	b.L.d	vatten	tät beb.	annan beb.	blöt myr	torr myr	Σ
barr	170	2											172
bland	7	40											47
löv		1	17	1									19
sly				6									6
hygge					2								2
öppen	2					84							86
b.L.d													0
vatten								48					48
tät beb.									3				3
annan beb.													0
blöt myr													0
torr myr												2	2
Σ	179	43	17	7	2	84	0	48	3	0	0	2	385

Figur 4.14 Förväxlingsmatris för Landsat-scenen baserad på fältpunkter

	OBJEKTS- NOGGRANNHET	KLASSNINGS- NOGGRANNHET	AREELL DIFFERENS	MEDEL- NOGGRANNHET
barrskog	98.8	95.0	-4.1	96.9
blandskog	85.1	93.0	8.5	88.9
lövskog	89.5	100.0	10.5	94.4
lövsly	100.0	85.7	-16.7	92.3
hygge	100.0	100.0	0	100.0
öppen mark	97.7	100.0	2.3	98.8
berg i dagen	-	-	-	-
vatten	100.0	100.0	0	100.0
tätbebyggelse	100.0	100.0	0	100.0
annan bebyggelse	-	-	-	-
blöt myr	-	-	-	-
torr myr	100.0	100.0	0	100.0

Figur 4.15 Olika former av noggrannhet i procent för respektive klass i Landsat-scenen

4.3.2 Verifiering mot flygbilder

Sammanlagt 1300 punkter tolkades i flygbilderna varav 126 förkastades på grund av att de låg i gränzonen mellan flera klasser.

En beräkning gjordes för den procentuella fördelningen av de olika klasserna, dels för fältpunkterna, dels för de tolkade punkterna i flygbilden. Dessa värden ska dock inte förväxlas med den areella distributionen av de olika vegetationstyperna i klassningarna.

Den totala noggrannheten för SPOT-klassningen blev $91.1\% \pm 1.66\%$ på 95% signifikansnivå, medan den för Landsatklassningen låg på $96.5\% \pm 1.36\%$.

KLASS	Landsat	SPOT	fältpunkter	flygbilder
barrskog	37.2	47.1	46.5	56.7
blandskog	15.7	6.5	11.2	6.0
lövskog	5.8	6.3	4.4	5.3
lövsly	1.2	0.6	1.8	1.5
hygge	1.1	0.6	0.5	5.4
öppen mark	26.6	26.4	21.8	13.6
berg i dagen	0.9	0.2	0	0.8
vatten	9.7	10.5	12.5	9.6
tät bebyggelse	1.2	1.2	0.5	0.3
annan bebyggelse	0.003	0.002	0	0
blöt myr	0.02	0.1	0	0.2
torr myr	0.6	0.5	0.5	0.6

Figur 4.16 Representation i procent av antalet kontrollpunkter för respektive klass. Som jämförelse visas även den areella distributionen för klassningarna (se även figur 4.7).

F.B KLASSN.	barr	bland	löv	sly	hygge	öppen	b.Ld	vatten	tät beb.	annan beb.	blöt myr	torr myr	Σ
barr	651	27	1		2	2	2	1					686
bland	10	36											46
löv	1	6	58	3		1		1					70
sly			1	4									5
hygge					42	1							43
öppen	3	1	2	11	20	156	6						199
b.Ld	1						1						2
vatten								111					111
tät beb.									3				3
annan beb.													0
blöt myr											1		1
torr myr											1	7	8
Σ	666	70	62	18	64	160	9	113	3	0	2	7	1174

Figur 4.17 Förväxlingsmatris för SPOT-scenen baserad på punkter tolkade i flygbilder

	OBJEKTS- NOGGRANNHET	KLASSNINGS- NOGGRANNHET	AREELL DIFFERENS	MEDEL- NOGGRANNHET
barrskog	94.5	97.7	2.9	96.3
blandskog	78.3	51.4	-52.2	62.1
lövskog	82.8	93.5	11.4	87.9
lövsly	80.0	22.2	-260.0	34.8
hygge	97.7	65.6	-48.8	78.5
öppen mark	78.4	97.5	19.6	-86.9
berg i dagen	50.0	11.1	-350.0	18.2
vatten	100.0	98.2	-1.8	99.1
tätbebyggelse	100.0	100.0	0	100.0
annan bebyggelse	-	-	-	-
blöt myr	100.0	50.0	-100.0	66.7
torr myr	87.5	100.0	12.5	93.3

Figur 4.18 Olika former av noggrannhet i procent för respektive klass i SPOT-scenen

FÖ KLASSN.	barr	bland	löv	sly	hygge	öppen	b.Ld	vatten	tät beb.	annan beb.	blöt myr	torr myr	Σ
barr	650	3			2			2					657
bland	10	62	1										73
löv		5	61	3		1							70
sly				13									13
hygge					57								57
öppen	5			2	5	159	1						172
b.Ld	1						8						9
vatten								111					111
tät beb.									3				3
annan beb.													0
blöt myr											2		2
torr myr												7	7
Σ	666	70	62	18	64	160	9	113	3	0	2	7	1174

Figur 4.19 Förväxlingsmatris för Landsat-scenen baserad på punkter tolkade i flygbilder

	OBJEKTS- NOGGRANNHET	KLASSNINGS- NOGGRANNHET	AREELL DIFFERENS	MEDEL- NOGGRANNHET
barrskog	98.9	97.6	-1.4	98.3
blandskog	84.9	88.6	4.1	86.7
lövskog	87.1	98.4	11.4	92.4
lövsly	100.0	72.2	-38.5	83.9
hygge	100.0	89.1	-12.3	94.2
öppen mark	92.4	99.4	7.0	95.8
berg i dagen	88.9	88.9	0	88.9
vatten	100.0	98.2	-1.8	99.1
tätbebyggelse	100.0	100.0	0	100.0
annan bebyggelse	-	-	-	-
blöt myr	100.0	100.0	0	100.0
torr myr	100.0	100.0	0	100.0

Figur 4.20 Olika former av noggrannhet i procent för respektive klass i Landsat-scenen

5 DISKUSSION

Nedan följer några allmänna kommentarer om de olika delmoment som ingått vid bearbetning av satellitdata. En mer översiktlig diskussion finns i kapitel 6, slutsatser.

5.1 Satellitscenerna

SPOT- och Landsatdata är de satellitdata som vanligen används vid vegetationsklassningar i Sverige. Data från Landsat har den fördelen att de även registrerar i det mellan-infraröda området förutom i det synliga och nära infraröda området. Det motsvaras av TM5, som ju, vilket tidigare nämnts, bl.a är lämpligt för att separera olika typer av vegetation. Det registreringsområdet saknas i SPOT-satelliten, varför variationer mellan vissa vegetationstyper kan vara svårare att urskilja och utföra klassning på.

Å andra sidan tjänar man i SPOT på den spatiala upplösningen. För multispektrala SPOT-scener är upplösningen 20 meter, medan den för Landsat TM ligger på 30 meter. Det innebär att viss detaljinformation kan gå förlorad i Landsat TM. I detta arbete har dock bägge scenerna omsamlats till 25 meters pixelstorlek. Hur denna omsampling påverkat den nya utbilden är svårt att veta utan närmare tester, men då klasserna som använts varit relativt grova och då arbetet baserat sig på en metodik där man sträver efter att täcka in stora områden under kort tid och därmed tolererar en viss felnivå, läggs i detta fall ingen vikt vid att utvärdera omsamplings påverkan på datat.

Hur pass mycket mer information som skulle kunnat extraheras ur Landsat-datat om man hade nyttjat ytterligare band har här inte gjorts några tester på. Prioriteringen var sådan att tre band skulle användas från bägge scenerna, då SPOT heller inte har fler multispektrala band. Detta för att säkrare kunna härleda orsaken till kvalitetsskillnader mellan scenerna. Lägger man till ytterligare band för ena scenen vet man inte till vilken grad det påverkar på resultatet. Dessutom brukar tre band räcka för att få ett acceptabelt resultat, och man tjänar även in datatid och sänker därmed kostnaden. Vid användning av flera band kan det även ske så att ett band som ger ett stort bidrag till separering av de klasser man önskar kan tappa i betydelse p.g.a att flera andra band som inte innehåller nämnvärt intressant information kan komma att dominera och ge ett alltför stort bidrag till datat.

Registreringstidpunkten för de båda scenerna skiljer sig som tidigare nämnts med en månad. Å andra sidan är bägge registrerade under en tidpunkt då vegetationen är fullt utslagen. Det som kan påverka informationen i bilden är främst åkermarken med dess växlingar. Eftersom denna mark inte klassas fram tas i detta fall ingen hänsyn till detta.

Flygbilderna som använts som referensmaterial härör sig från 1986 och 1988. Under perioden mellan flygbildernas registrering kontra satellitscenernas kan vissa

förändringar skett. Det rör sig dock främst om nya hyggen eller nyplanteringar vilka i regel visuellt kan tolkas i satellitbilderna. I övrigt kan bilderna i relation till varandra sägas vara relativt stabila.

Det största problemet gällande indata visade sig vara stråken som låg över SPOT-scenen. De var inte så markerade att de störde den visuella tolkning, men sett med hänsyn till de digitala värdena var problemen stora. Något annat scenalternativ fanns dock inte att tillgå varför scenen var tvungen att accepteras. Till vilken grad dessa stråk påverkade det slutliga klassningsresultatet är svårt att säga. I stort gick problemet att avhjälpa med hjälp av ett ökat antal träningsytor, men för vissa klasser och vid gränsdragningar mellan de olika klasserna gav de tydliga försämringar.

5.2 Träningsytorna

Allmänt om träningsytorna kan sägas att de är ovanligt många mot vad som brukar behövas för att få ett acceptabelt klassningsresultat. Det orsakas som tidigare nämnts av stråken som ligger över SPOT-scenen. Det är också orsaken till att SPOT-scenen klassades först. Då kunde man snabbt se om ytterligare träningsytor behövdes för att ur spektralt hänseende helt täcka in en klass. För Landsat-scenen innebar detta att flertalet träningsytor spektralt sett var relativt lika. Det föll sig dock naturligt att prioritera att klassningen av Landsat-scenen innehöll ett antal "onödiga" ytor, som dock inte påverkade slutresultatet negativt, framför att träningsytorna inte täckte in alla spektrala företeelser för SPOT-klassningen.

Förutom att finna så homogena och representativa träningsytor som möjligt, strävar man även efter att distribuera dem över hela scenen. Om man koncentrerar träningsytorna till ett litet område är risken att de inte till fullo representerar de övriga delarna av scenen. Det kan dels bero på att scenen täcker ett område med växlande naturtyper, dels på att scenen i sig kan ha olika utseende, t.ex skillnader i ljusstyrka. Om två likartade ytor i olika flygbilder kan väljas som träningsyta tas den yta som ligger i det område där det minsta antalet träningsytor är representerade. I vissa fall är man dock tvungen att ta sina träningsytor för en viss klass i ett lokalt område. Det gäller om inte tillräckligt stora och homogena områden i någon annan del av scenen. I det här fallet gällde det klassen berg i dagen, där samtliga ytor är lokaliserade i den norra delen av scenen. I övrigt är träningsytorna i stort lokaliserade över hela scenen.

Några av träningsytorna är tagna i områden som ligger utanför flygbilderna. Det gäller två av hyggesytorna och sex av vattenytorna. Det är dock klasser man lätt känner igen visuellt i satellitscenen, och därmed inte behöver flygbilderna som referens.

Separerbarhetsmättet är en indikation på konflikter mellan olika träningsytor. Om två träningsytor representerande olika klasser går mycket in i varandra, d.v.s ett lågt separerbarhetsvärde för dem, kan man misstänka att de kan förväxlas vid klassning. Problemet kan styras antingen med rejectvärdet eller att man helt enkelt

förkastar den ena eller båda ytorna. I vissa fall faller det sig naturligt att vissa ytor går in i varandra. Det gäller t.ex ytor för blandskog och barrskog respektive lövskog. I dessa fall kan klassningsresultatet bli acceptabelt trots att ytorna går in i varandra. Jämför man separerbarhetstabellen för SPOT-scenen respektive Landsat-scenen ser man att färre ytor går in i varandra hos Landsat-scenen än för SPOT-scenen. Det är en indikation på att man lättare kan separera olika klasser i spektralt hänseende från varandra och därmed få ett bättre klassningsresultat.

Det stora antalet barr-ytor beror främst på stråken i SPOT-scenen. Dessutom är barrskog en relativt differentierad klass sett ur spektralt hänseende. Viktigt är att även få med t.ex mycket gles barrskog på urberg. Häri ligger också anledningen till att vissa ytor för berg i dagen går in i en del av barrskogsytorna. Om inte de två klasserna möts i en gränzson som styrs med rejectvärdena, finns risken att mycket gles barrskog på kala bergsytor faller emellan och lämnas oklassad och därmed tillfaller klassen övrig öppen mark. Svårigheten är ju främst upplösningen - om träd på kala bergsytor står glest är det inte säkert att de täcker ett så stort område att de nämnvärt påverkar det spektrala svaret vid upplösningar på 20 eller 30 meter. För Landsat-scenen var det lättare att separera berg i dagen från mycket gles barrskog på kala bergsytor än för SPOT-scenen.

Blandskog är mer diffus och kan egentligen inte ses som en homogen klass. För det första kan det vara svårt att tolka klassen i flygbilder, främst p.g.a var gränsen ska dras mellan blandskog och barrskog respektive lövskog. Dessutom kan upplösningen i satellitbilden ställa till svårigheter. Vad som i flygbilden kan ses som separata träd eller trädklungor kan suddas ut i satellitbilden för att likna omgivande objekt. Detta gäller främst för SPOT-scenen där klassningen av blandskog ibland kunde verka närmast godtycklig. Detta kan dock även ha sin orsak i de stråk som ligger över scenen. För Landsat-scenen var det dock relativt lätt att tolka blandskog när man väl hittat representativa ytor i flygbilderna.

Träningsytor för lövskog var inga problem att lokalisera. För lövvegetation låg i stället problemet i att hitta representativa ytor för lövsly. Lövsly är ju en klass där även underliggande mark kan slå igenom relativt kraftigt och påverka det spektrala svaret. Dessutom är det väldigt lätt för lövsly att förväxlas med buskmarker. Över det aktuella området var dessutom slyvegetationen ringa, varför det var svårt att finna homogena ytor för lövsly. Det visade sig bl.a i det faktum att en av ytorna för lövsly var tvungen att strykas p.g.a att den vid provklassningar visade sig även innefatta partier av andra klasser.

Att hitta igen färska hyggen var inget problem. Hyggen som uppkommit mellan tidpunkten för flygbildens registrering och satellitbildens kan lätt uttolkas visuellt ur scenen. Trots detta kan hygge se ut på flertalet sätt - färska hyggen rör sig i ett färgspektrum mellan grönt och blått i satellitbilder, mycket beroende på vilken typ av underlag de har huggits på. Problemet för hyggesklassen ligger i att den spektralt sett kan förväxlas med berg i dagen och/eller vissa typer av åkermarker. Det mänskliga ögat kan logiskt ta ut hyggen med hjälp av formen och omgivande natur, medan datorn i regel inte klarar av denna särskiljning.

Berg i dagen kan som tidigare nämnts i vissa fall förväxlas med hygge. Dessutom kan gränsdragningen mellan berg i dagen och mycket gles skog på kala bergsytor vara svår att dra. I det aktuella området var det dessutom mycket svårt

att hitta tillräckligt stora homogena bergsytor som kunde användas som träningsytor för klassningen.

Blötmyr är en mycket differentierad klass. Egentligen kan den inte sägas ha ett enhetligt spektralt mönster trots att den visuellt ofta lätt kan kännas igen. Ofta kan den likna t.ex barrskog. Eftersom klassen dock faller under Lantmäteriets myrmask var inriktningen att täcka in de blöta områdena på myrarna utom att ta någon hänsyn till förväxling med barrskog. Endast en blötmyrsyta togs då det aktuella området knappt innehöll några större myrområden och särskilt inte några blöta sådana. Satellitscenerna är ju dessutom tagna mitt under sommaren då myrmarkerna är relativt torra om inget kraftigt regn fallit vid tidpunkten för registreringen.

Vattenytor togs endast fram för Landsat-scenen medan de maskades fram för SPOT-scenen. Vatten är generellt sett den enklaste klassen att klassificera. Den är spektralt sett mycket homogen. Även om grunda och turbulenta vattenområden spektralt sett skiljer sig från djupa, lugna vatten är de dock lätta att separera från övriga klasser. Problemen är dels smala åar som ofta klassas som barrskog, och vattenvegetation som visuellt kan tas fram, men som inte kan klassas som en enhetlig klass. Några större arealer med vattenvegetation finns dock inte över det aktuella området, varför någon större vikt inte lades vid det problemet.

5.3 Klassningarna

Klassningen går i princip ut på att styra representationen av de olika träningsytorna med hjälp av rejectvärdena, förkasta ytor som inte kan ses som representativa för den klass de var ämnade samt att komplettera med ytor där de som redan finns inte räcker till.

I vissa fall måste man göra vissa prioriteringar mellan klasser som går in i varandra hurdan träningsyta man än tar och hur man än manipulerar med rejectvärdena. Det gäller ytor som spektralt sett är mycket lika varandra. I detta fall gällde det främst hyggesklassen - en del av ytorna gick ut på de delar av åkermarken som inte var odlad. I detta fall får man göra en avvägning, antingen låter man ytorna representera så mycket hygge som möjligt, och därmed få stora hyggesytor även på åkermarkerna, eller så håller man nere spridningen av hyggesklassen och därmed får en sämre representation av klassen på de faktiska hyggesytorna.

En annan metod är att maska ut skogområdena och enbart klassa hyggena i dem, för att därefter kopiera in masken i ursprungsbilden igen. Då kommer man runt problemet, men å andra sidan är metoden tidskrävande. Eftersom detta arbete går ut på att studera kvalitén (inklusive brister!) för snabba, översiktliga klassningar över stora områden, undveks denna metod. I stället prioriterades att hålla nere hyggesklassen framför att låta den sprida sig ut på åkermarkerna.

I viss mån gick berg i dagen ut på hyggesmarkerna, men det åthjälptes genom att hålla ner rejectvärdena för ytorna för berg i dagen. Vissa av ytorna för berg i dagen gick också in i ytor för barrskog. Det gällde vid gränzonen mellan berg i dagen och mycket gles skog på kala bergsytor. Eftersom ytorna för barrskog fick

ett relativt sett högt rejectvärde i förhållande till ytorna för berg i dagen blev det inga problem med att ytor för berg i dagen stod att finna i områden där det egentligen borde vara barrskog. Inte heller gick barrskog ut på rena ytor för berg i dagen, så här åtgärdades problemet enbart med att manipulera med rejectvärdena. Även blötmyr förväxlades med barrskog. Det är dock inget problem eftersom ytan faller under myrmasken. Utanför masken sattes pixlar som klassats som blötmyr till barrskog.

Lövsly innefattade i vissa fall även buskmarker, detta gällde speciellt för SPOT-klassen. Det var överhuvudtaget svårt att få en vettig slyrepresentation för SPOT-klassningen, medan det var avsevärt enklare för Landsat-klassningen.

Blandskogen var oerhört svår att se ens visuellt i SPOT-scenen. Hur mycket som berodde på stråken i bilden och på sensorernas begränsning i SPOT, går inte att säga. Klassen var därmed oerhört svår att få acceptabel, vilka manipulationer med rejectvärdena som än gjordes. För Landsat-scenen å andra rådde inga svårigheter i att få klassen acceptabelt representerad. Vissa brister kan dock finnas i gränserna mellan barrskog respektive lövskog eftersom dess gränser i mångt och mycket är subjektivt bedömda.

För objektivitetens skull gjordes ingen jämförelse mellan SPOT- och Landsat-klassningen under klassningens gång och inte heller innan all efterbearbetning var gjord. Detta för att inte bearbeta klassningarna på basis av varandra i stället för som fristående arbeten.

5.4 Efterbehandling av klassningarna

Innan den egentliga efterbehandlingen av klassningarna utfördes kopierades en vattenmask in i SPOT-bilden eftersom vatten inte klassades fram i denna scen. Masken skapades genom tröskling i XS2. Problemet med denna metod i detta fall var att veta var någonstans gränsen mellan land och vatten skulle dras eftersom underliggande botten på grunt vatten påverkar den spektrala signaturen. Dessutom visade sig att vissa industribyggnader hade liknande signatur som grunt vatten, varför en prioritering måste göras. Valet blev då att låta enstaka vattenpixlar slå igenom i industriområdena framför att underskatta vattennivån vid gränsen vatten/land. I prioriteringen lades även valet om smala åar tvunget skulle bli vatten eller om de kunde tillfalla någon annan klass, förmodligen barrskog. Då den största vikten lades vid att få gränsen mellan vatten och land i sjöarna så korrekt som möjligt, blev slutresultatet att åarna delvis klassades som vatten, men även att delar av åarna inte kom med i vattenmasken.

Nästa steg var att integrera Lantmäteriets masker med den klassade bilden. Ett problem med maskerna är deras småskalighet. De är digitaliserade från Lantmäteriets översiktskarta i skala 1:250.000. Det innebär att de redan från starten är mycket översiktliga, för myrmasken innebär det bl.a att små myrområden riskerar att inte komma med. Dessutom är de grova i sin konstruktion varför formerna på maskerna inte alltid stämmer med verkligheten. Lokaliseringen av maskerna är heller inte alltid exakt - de kan ligga någon pixel snett. I skala 1:250.000 är det

inte mycket, men när man lägger in maskerna speciellt tätortsmasken ser man lätt skillnaden.

När maskerna är inlagda i klassningarna kodar man om datat så att blötmyr utanför myrmasken tillfaller någon annan klass, medan samtliga klasser som hamnar under myrmasken tillfaller antingen blötmyr eller torrmyr. Man får helt enkelt titta på varje vegetationsklass och se hur de klassats på myrområdena. De ytor som t.ex går in på blötmyr kodas då om till den klassen under myrmasken. I regel kodas ytor med tät barrskog och vatten om till blötmyr.

Gränsen mellan tät och gles barrskog ska också dras. Den klassas inte fram utan trösklas fram i TM3 respektive XS2. Som grund för vid vilket gränsvärde gränsen ska dras används flygbilder att verifiera mot. Det är viktigt att jämföra med flygbilder över hela området. För SPOT-scenen visade det sig att gränsdragningen var i det närmaste omöjlig att göra p.g.a stråken. Eftersom en del av stråken var mörkare än andra innebar det att deras gränsvärden också låg lägre. Då man sätter samma gränsvärde över hela scenen innebar detta att representationen av någondera av klasserna blev för stor. Prioriteringen gjordes då att det hellre blev en överrepresentation av tät barrskog än av gles barrskog, främst p.g.a att den täta barrskogen ändå är mest förekommande i området. För Landsat-scenen fanns inte detta problem varför distributionen av de två klasserna kan sägas överensstämma med verkligheten. Ett problem är dock att ung barrskog spektralt liknar den glesa barrskogen i detta våglängsband. Det innebär att även om ungs skogen är mycket tät riskerar den att tillfalla klassen gles barrskog i stället för tät. Representationen av ungs kog i detta område är dock ringa, så något större procentuellt utslag ger den inte i den slutliga distributionen.

När hela bilden är omkodad enligt de klasser som önskas filtreras den med ett majoritetsfilter. Detta görs för att mjuka upp bilden och få bort ströpixlar. På det sättet kan man korrigera för enstaka felklassade pixlar. Samtidigt löper man å andra sidan risken att eliminera korrekt klassade pixlar. Dessutom kan ytrepresentationen för vissa klassytor minska då kantpixlarna filtreras bort. Vid jämförelse mellan den areella distributionen för de olika klasserna innan och efter filtreringen ser man att andelen många gånger ökar eller minskar med någon procentenhet. Till vilken grad detta försämrar eller förbättrar resultatet kan endast sägas genom noggrann verifiering av de klassade bilderna innan och efter filtrering. Det ligger dock utanför detta arbete.

Den klass som mest drastiskt påverkades av filtreringen i detta fall var blandskogen i SPOT-klassningen, där närmare 40% av pixlarna tillföll någon annan klass, i detta fall främst tät barrskog som därmed också kraftigt ökade i andel efter filtreringen. Det beror på att blandskog - vilket tidigare nämnts - var mycket svår att få lyckad i SPOT-klassningen. I stället klassades isolerade pixlar till blandskog, främst i den täta barrskogen. När sedan filtreringen gjordes omkodades dessa enstaka pixlar till den klass som omgav den, i regel tät barrskog. Filtrering är dock en allmänt förekommande metod, och dess förtjänster uppväger vanligen dess nackdelar.

Att studera den areella distributionen av de olika klasserna är en god indikation på klasser som kan vara problematiska att tolka i endera av scenerna.

Vatten har en större representation i SPOT-scenen än i Landsat-scenen. Det beror främst på gränsen mellan vatten och land. I SPOT-scenen är masken dragen så att mycket grunt vatten tillfaller klassen vatten. När man klassar fram vatten i Landsat-scenen kan det vara svårt att komma åt dessa områden. Det gäller även smala och grunda åar. En annan anledning till överrepresentationen kan vara de fall där vatten i SPOT-scenen går ut på vissa industriområden.

Distributionen av tät barrskog är också något större i SPOT-scenen. Det beror mest på att pixlar som tidigare klassats som blandskog omkodas till tät barrskog efter filtreringen. Innan filtreringen var distributionen av tät barrskog relativt lika för de olika klassningarna.

Även den glesa barrskogen har en högre representation i SPOT-scenen. Det beror även i detta fall främst på blandskogen. I SPOT-scenen blev blandskogen kraftigt underrepresenterad, dels p.g.a stråken i bilden, dels då klassen spektral sett endast med stor svårighet i vissa fall gick att skilja från barrskog. I stället klassades pixlar som i verkligheten var blandskog till ytor som vid tröskling av Barrytona tillföll klassen gles barrskog.

Andra klasser som skilde sig mellan de två scenerna var lövsly, hygge och berg i dagen. Samtliga klasser blev underrepresenterade i SPOT-scenen. Av erfarenhet från provklassningarna var dessa klasser mycket svåra att få till utan att de gick ut för mycket på andra ytor än den egna klassen. För SPOT-klassningen gjordes då prioriteringen att hålla dessa klasser snävt i stället för att de fick breda ut sig för mycket. I Landsat-scenen förekom inte detta problem på samma sätt då dessa ytor var mer separerbara sett ur spektral synvinkel.

5.5 Verifiering

Valet av verifieringsmetod är en viktig del i klassningsarbetet. Vid val av metod måste man ta hänsyn till en mängd faktorer - vilket verifieringsunderlag ska man använda, vilken verifieringsmetod som ska nyttjas, vilken tidsåtgång som kan accepteras, hur kostnaderna ska hållas nere, etc.

I detta fall sker verifieringen mot flygbilder och fältpunkter. Jämförelser mot kartor undveks då dessa i sig själva kan vara befästa med felaktigheter.

Ingen verifiering skedde av klasserna gles respektive tät barrskog. I stället slogs de båda klasserna ihop till en gemensam barrskogsklass. Det berodde på de olika objekten inte klassades fram - uppdelningen skedde i stället genom tröskling. Därför är de heller inte någon indikation på klassningskvalitén.

5.5.1 Verifiering mot fältpunkter

Ett sammanlagt antal av 410 punkter samlades in i fält varav 24 punkter förkastades då de antingen var för svåra att lokalisera i fält eller då de låg i gränzonen mellan flera klasser. Tidsmässigt tog detta mycket lång tid, vilket även ledde till att det var en mycket kostsam metod då även tillgång till bil krävdes. Fördelen är dock att man med säkerhet kan säga vad en viss punkt har för klasstillhörighet i verkligheten. I fall som dessa då man arbetar över ett stort område är dock denna metod egentligen inte att rekommendera. Även om man har ett stort antal punkter blir avstånden mellan dem i regel mycket långt. Det innebär att man kan missa variationer i landskapet, och att fältpunkterna blir närmast godtyckliga trots att man använt någon form av samplingsmetod när man valt ut dem.

Jämför man tabellen med den procentuella fördelningen av de olika klasserna för fältpunkterna med den areella distributionen vid klassningarna, inser man att man inte bör hårddra värdet av distributionen för fältpunkterna för mycket. Man bör alltså undvika att använda värdena som ett mått på den areella distributionen för de olika klasserna. Man kan dock se värdena som en indikation på vilka klasser som är vanligt förekommande och vilka som är mer utspridda eller inte fullt så stora till ytan.

För SPOT-klassningen låg den totala noggrannheten på $88.3\% \pm 3.28\%$ för 95% signifikansnivå. En bidragande orsak till detta värde är förmodligen stråken som låg över bilden och som därmed försämrade möjligheterna till att spektralt särskilja olika objekt från varandra. En annan orsak är att SPOT inte registrerar i det mellan-infraröda våglängdsområdet. Detta område underlättar ju separeringen av olika vegetationsslag från varandra.

Man bör dock inte stirra sig blind på värdet för den totala noggrannheten, då det egentligen inte säger särskilt mycket. Klasser som utgör en stor del av den totala ytan över området ger ett stort bidrag till den totala noggrannheten, medan klasser med liten utbredning ger ett mindre bidrag. Det innebär att om t.ex barrskog, som ju i detta aktuella fall utgör den klass som har den största areella distributionen, har en hög medelnoggrannheten så dras värdet för den totala noggrannheten upp även om t.ex lövsly med dess ringa utbredning är undermåligt sett med hänseende på klassningskvalitén. Därför bör man inrikta sig på att studera de olika vegetationstyperna för sig och söka felkällorna på det planet i stället.

Barrskogens medelnoggrannhet på 92.4% kan sägas vara klart acceptabelt. Blandskogen har dock inte samma lyckade resultat med 61.8%. Orsaken till detta har diskuterats tidigare. Går man in i tabellerna för de olika punkterna ser man också att de pixlar som i fält angetts som blandskog men blivit något annan i klassningen antingen tillfallit klassen barrskog (17 punkter av 43) eller lövskog (5 punkter av 43). Det faller sig naturligt att de felklassade pixlarna tillfaller någon av dessa klasser då blandskog, som ju egentligen inte är en homogen klass utan består av en blandning av flera, utgörs av barr- och lövträd.

Lövslogen uppvisar inte heller något bländande resultat. Några punkter (3 av 17) har lämnats oklassade och tillfaller därmed klassen övrig öppen mark. Annars ligger problemet i att andra klasser tillfaller lövskog i klassningen i stället för den klass de var menade för enligt fältpunkterna. Det gäller klasserna blandskog och lövsly. Om man bortser från dessa punkter och därmed enbart tittar till klassningsnoggrannheten stiger antalet rätt klassade punkter till 76.5%.

en och samma klass. Möjligen kan man använda värdena för att få en indikation på t.ex den sammanlagda skogsdistributionen inom området.

Barrskogen har en mycket hög medelnoggrannhet för bägge klassningarna. En ringa förväxling har dock skett med blandskog vilket dock inte är att förundras över då blandskog egentligen inte är en naturlig vegetationstyp utan en mosaik av barr- och lövskog. Gränsen mellan barrskog och blandskog blir lätt diffus, särskilt när man jobbar med satellitbilder p.g.a deras upplösning. Den yta för barrskog som förväxlats med berg i dagen utgörs av mycket gles tallskog på kal hållmark och är även här orsakad av ett gränsdragningsproblem. Några barrskogsytorna har klassats som övrig öppen mark. Detta är förmodligen orsakat av att spridningen inom träningsytan för mycket gles skog inte varit tillräcklig. Samtliga dessa punkter innehöll dock några barrskogspixlar, men eftersom majoriteten av pixlarna tillföll klassen övrig öppen mark blev det den klassen som punkten ansågs ha klassats som.

Blandskog visar dock skilda resultat för de olika klassningarna. För Landsat-klassningen har den överskattats något, vissa ytor som egentligen borde varit barrskog har som ovan nämnts tillfallit klassen blandskog. I mindre mån har även det motsatta varit fallet. Även en viss förväxling med lövskog har skett vilket ju inte heller är särskilt förvånande. SPOT-klassningen visar dock ett helt annat resultat. Blandskogen har kraftigt underskattats, med 52.2%. En stor andel (38.6%) av de faktiska blandskogspixlarna har tillfallit klassen barrskog i stället. Erfarenheten för klassningen av SPOT-scenen visade också att det var mycket svårt att särskilja blandskog, särskilt med stort barrinslag, från barrskog, och att ytorna för blandskog mer eller mindre gick in i barrskogsytorna. Några av blandskogsytorna visade sig ha klassats som lövskog, dock ej i samma grad som för barrskog.

Lövskog visar till skillnad från blandskog acceptabel kvalitet för båda klassningarna, där SPOT hade något sämre resultat. I bägge fallen har klassen dock överskattats något. För Landsat-klassningen har en yta tillfallit blandskog i stället för lövskog medan det för SPOT har skett en förväxling med barr, lövsly respektive övrig öppen mark.

Lövsly visar liksom blandskog en klar skillnad mellan klassningarna av de olika scenerna. I bägge fallen har dock klasserna underskattats något. Det bör poängteras att det för lövsly var ytterst svårt att hitta representativa träningsytorna av tillräcklig storlek. Dessutom är risken att vad som i flygbilden är lövsly har hunnit förändrats under tiden mellan registreringarna för flygbilderna respektive satellitscenerna. För Landsatklassningen har några av punkterna förväxlats med lövskog och övrig öppen mark. För SPOT-klassningen är resultatet i det närmaste uselt. En klar majoritet av punkterna har lämnats oklassade och därmed tillfallit klassen övrig öppen mark. Det beror främst på att SPOT är otillräcklig för att acceptabelt särskilja lövsly från andra marktyper då den inte registrerar i det mellan-infraröda bandet. Det ringa antalet träningsytorna för lövsly som stod att finna innebar också att ingen kompensation kunde göras för de stråk som låg över scenen, varför den möjliga representationen inte kunde uppfyllas.

Hygge visar ett förvånansvärt bra resultat för Landsatklassningen. Det kan dock bero på att endast färskhyggen har använts vilka lätt kan särskiljas från andra

objekt. Viss förväxling kan dock ske med berg i dagen och viss typ av odlad mark. Skulle man även försöka sig att klassa äldre hyggen skulle det förmodligen bli större problem p.g.a den variation som kan förekomma på sådana ytor. För bägge klassningarna har hyggen underskattats. Detta gäller särskilt för SPOT-klassningen där medelnoggrannheten för hygge är klart sämre än för klassningen av Landsat, 78.5% mot 94.2%. Det beror främst på att spridningen av träningsytorna för hygge var tvungen att hållas nere för SPOT-klassningen, eftersom hygge gick ut på åkermarken i avsevärt högre grad än för Landsatklassningen. Det innebar att en stor del av hyggesytorna, 31.3%, i stället tillföll klassen övrig öppen mark. Viss förväxling skedde även med barrskog, det gällde ytor med fröträdställningar.

Övrig öppen mark är egentligen ingen specifik klass utan utgörs av de punkter som lämnats oklassade. En viss överskattning har skett för bägge klasserna, då vissa av punkterna för andra klasser tillfallit övrig öppen mark i stället. Även i detta fall är resultatet för SPOT-klassningen något sämre.

Berg i dagen skiljer sig kraftigt åt mellan de olika klasserna. Alltför stora växlar ska dock inte dras av detta resultat eftersom det endast fanns nio punkter för berg i dagen. Det innebär att en felklassad pixel drar ner resultatet relativt kraftigt. Vissa tendenser kan dock ses. För SPOT-klassningen har berg i dagen kraftigt underskattats. De flesta av punkterna har i stället tillfallit klassen övrig öppen mark. Jämför man scenerna rent visuellt ser man också att berg i dagen inte framträder lika tydligt som i Landsat-scenen. Det ovanligt bra resultatet för klassen i Landsat-klassningen är mer ett lokalt än ett generellt drag. I det aktuella området återfanns inga ytor av berg i dagen av den typ som lätt förväxlas med färska hyggen samt viss typ av åkermark.

För vatten bör inga större jämförelser göras mellan de olika klassningarna eftersom den ena maskats fram medan den andra baserats på träningsytorna. Resultatet är lika för de bägge klassningarna, och det goda resultatet är knappast att förvåna sig över eftersom vatten spektralt skiljer sig kraftigt från övriga klasser. De punkter som klassats som barrskog respektive lövskog är ytor som ligger i mycket grunda områden med viss vattenvegetation.

För klasserna tät bebyggelse, annan bebyggelse, blöt myr respektive torr myr läggs ingen större vikt eftersom de baserar sig på Lantmäteriets masker och därmed inte klassas fram. Även om blöt myr klassats fram under myrmasken bedöms den inte här då det endast är frågan om två punkter, vilket inte är tillräckligt statistiskt underlag för en utvärdering av klassen.

6 SLUTSATS

Syftet med denna uppsats var att jämföra vegetationsklassningar baserade på data från Landsat TM respektive SPOT HRV. Dessutom testades två olika verifieringsmetoder, en baserad på punkter insamlade i fält, en på punkter tolkade i flygbilder.

Ett problem dök upp redan i början, då det upptäcktes att det låg stråk över SPOT-scenen, vilka förändrade det spektrala svaret för scenen. Problemet åtgärdades i klassningen genom att ett utökat antal träningsytor användes mot vad som vanligtvis behövs. För klasser med ringa distribution, t.ex lövsly och berg i dagen, fanns dock inte tillräckligt med träningsytor att uppbringa för att kompensera för stråken, varför dessa klasser blev kraftigt underrepresenterade i den slutliga klassningen.

De två olika verifieringsmetoderna visade på ungefär samma totalnoggrannhet, 88.3% respektive 91.1% för SPOT, medan den för Landsat uppnådde 96.6% respektive 96.5%. Studerade man de olika terrängtyperna separat var dock skillnaderna mer markanta. För klasser med stor areell distribution, t.ex barrskog, blev noggrannheten ungefär densamma för de olika verifieringsmetoderna, medan den för de mindre klasserna kunde skilja sig kraftigt från varandra. Vilken av metoderna som ger den säkraste noggrannheten går inte att säga. Att plocka punkter i fält ger ju ett definitivt svar på vilken typ av vegetation en viss kontrollpunkt ska tillfalla, såvida tidpunkten för registreringen av satellitscenen är ungefär densamma som för fältkontrollen, men samtidigt kan det vara svårt att exakt lokalisera en viss punkt i fält vilket därmed ökar felkällan. Dessutom är metoden tidskrävande och kostsam.

Den förmodligen vanligaste metoden för kommersiellt bruk är att utnyttja flygbilder för verifiering. Ett rutnät läggs över flygbilden och varje skärningspunkt får en klasstillhörighet. Metoden är ofta snabbare och billigare än att plocka punkter i fält, men den är också behäftad med vissa fel. Eftersom flygfotografier inte har ortogonal projektion kan man inte mäta sig till den exakta positionen för en punkt i satellitbilden. Dessutom kan man i vissa fall göra en feltolkning i flygbilden, det gäller t.ex vid övergångszoner mellan olika klasser.

Trots stråken i SPOT-scenen kan man ändå dra slutsatsen att SPOT-data i vissa fall har begränsad kvalitet gällande klassning i förhållande till Landsatdata. Detta beroende på att SPOT-data än så länge saknar registrering i det mellan-infraröda våglängdsområdet. Eftersom bägge scenerna är resamplade till en pixelstorlek av 25 meter kan inte heller SPOT:s upplösning på 20 x 20 meter i detta fall vara till en fördel.

För klasser med relativt stor areell distribution och som är spektralt homogena och relativt unika som t.ex barrskog, lövskog, vatten och övrig öppen mark skiljer de båda klassningarna sig inte nämnvärt åt. För klasser som t.ex hygge, berg i dagen och lövsly visar sig Landsatdata vara överlägset.

Varför använder man sig då av data från SPOT för klassning av vegetation överhuvudtaget? Orsakerna är flera, SPOT-data har en upplösning på 20 x 20

meter till skillnad från Landsat-scenens 30 x 30 meter, vilket ger en ökad information i SPOT-scenen. Dessutom nöjer man sig i vissa fall med generella klassningar där man endast använder sig av relativt grova vegetationsklasser som lätt kan tolkas även i SPOT-data. Många gånger kan man också acceptera en lägre klassningskvalité på klasser som t.ex lövsly och berg i dagen, varför det inte är nödvändigt att nyttja Landsatdata. Det kan även vara så att molnfria data från en tidigare period endast finns att uppbringa med SPOT-data.

Som slutsats kan sägas att data från Landsat TM är klart bättre för vegetationsklassning än data från SPOT HRV om det mellan-infraröda våglängdsområdet utnyttjas. SPOT-data kan dock användas med acceptabelt resultat beroende på vilken typ av information som ska ha fram och vilken felprocentnivå som kan acceptera.

Vilken verifieringsmetod man finner bäst beror bl.a på tidsåtgång och ekonomi, flygbilder som ju ofta är billigare och snabbare och ibland även den enda möjligheten, är dock ofta tillräckligt bra, åtminstone om man utnyttjar infraröda flygbilder. Att verifiera mot andra kartkällor rekommenderas inte eftersom dessa i sig kan vara behäftade med fel.

7 ORDLISTA

- Absorbans**
Den process vid vilken strålning från solen, atmosfären eller jordytan upptas av atmosfären eller jordytan och därvid förvandlas till värme, kemisk energi eller elektrisk energi.
- Brutenhet**
Vanligen ett indextal som anger skillnaden mellan högsta och lägsta punkterna inom en begränsad yta, t.ex en km².
- Cubic convolution**
Resamplingsmetod som innebär att ett viktat medelvärde tas för de 16 närmast liggande pixlarna runt varje output cell. Ju mer en input cell täcker output cellen, desto större betydelse får den för slutvärdet.
- Digital höjdmodell**
DTM. En siffermässig beskrivning av ett terrängområde, där varje punkt beskrivs med tre koordinater, t.ex latitud, longitud och höjd över havet.
- Ellipsoid**
Matematisk referensyta för geografiska koordinater.
- Eruptivbergarter**
Bergarter från smält magma som stelnat och som bildar en av de tre huvudtyper av bergarter som jordskorpan är sammansatt av.
- Fenologi**
Vegetationens utveckling i tiden.
- Geometrisk upplösning**
I detta sammanhang den minsta del av markytan som satellitinstrumentet kan uppfatta.
- Grånivåer**
Kallas även "digital number" (DN) eller "digital grey level" (DGL). Det är gråtonsvärdet i en viss pixel i ett visst våglängdsband.
- HRV**
Förkortning för "High Resolution Visible". Är en beteckning för sensoren på SPOT-satelliten.
- Hydrotermisk**
Syftar till vattentemperaturen.

<i>Infrarött ljus</i>	För ögat osynlig elektromagnetisk strålning med större våglängd än, men gränsande till rött ljus.
<i>Kambrosilur</i>	Syftar till tidseran för 395 till 570 miljoner år sedan. Kambrosilurområden är med andra ord områden som avsatts under denna tid, då Sverige vandrade från nära sydpolen till nära ekvatorn.
<i>Mesofyllskikt</i>	Skikt bestående av celler där fotosyntesprocessen är lokaliserad. Utgörs bl.a av palissadceller.
<i>Nominell pixelstorlek</i>	Den pixelstorlek som registreras av sensorn.
<i>Ortogonal projektion</i>	En kartprojektion som skapas genom att projicera jordytan till ett ytplan. I denna projektion kan man direkt i bilden (kartan) mäta avstånd mellan två punkter.
<i>Palissadcell</i>	Långa celler där den mesta fotosyntesen sker.
<i>Pixel</i>	Ett ord, som skapats av begynnelsebokstäverna i "picture element", som betecknar den minsta enheten i en bild (=bildelement).
<i>Polär</i>	Syftar på banan hos vissa satelliter. Satelliten passerar nära polerna för varje varv den gör.
<i>Radiometri</i>	Syftar till det maximala antal datafilvärden som kan förekomma i varje band. Det anges i antal bitar (antalet bitar baserar sig på det binära talsystemet). 8-bitars data kan anta grånivåvärden mellan 0 och 255.
<i>Reflektans</i>	Återkastandet av ljus, värme, ljud etc från en yta.
<i>Resampling</i>	Låter en viss punkt X i satellitbilden vara en funktion av (X,Y) i en karta. Används när man ska göra en geometrisk korrektion av satellitbilden (göra den kartriktig).
<i>Satellitscen</i>	Den största enheten i rådata som man arbetar med. Scenens storlek bestäms dels av satellitens konstruktion och dels från datatekniska synpunkter.

Solsynkron

Banan hos satelliten är förlagd så att satelliten ständigt registrerar på dagen över de områden den passerar.

Spatial

Spatial upplösning är ett mått på det minsta objekt som kan upptäckas av sensorn, eller arean på marken representerad av varje pixel.

Strata

Plural av stratum. Syftar till grupper eller klasser där de ingående objekten har likartat utseende.

Termisk strålning

Elektromagnetisk strålning i våglängdsområdet på ca 3 - 1000 µm. Kan också kallas väremstrålning.

TM

Förkortning för "thematic mapper". Beteckning för ett av instrumenten i Landsat 4 och 5.

Transmittans

Inkommande strålning som släpps igenom av jordytan eller atmosfären.

8 REFERENSER

- Barrett, E.C. and Curtis, L.F. 1982: *Introduction to Environmental Remote Sensing*. Chapman and Hall Ltd, London 1982, p. 259.
- Boresjö, Laine 1989: *Multitemporal Analysis of Satellite Data for Vegetation Mapping in Sweden*. Meddelande från naturgeografiska institutionen vid Stockholms Universitet, rapport nr A 233, Stockholm 1989, pp. 3, 16, 83
- Buis, Joan S. 1984: *A Comparative Evaluation of Simulated SPOT, Thematic Mapper, and Simulated Thematic Mapper Data in a Western Ecozone*. SPOT Simulation Applications Handbook, Proceedings of the 1984 SPOT Symposium, SPOT IMAGE Corporation, Washington 1984, p. 130.
- Curran, Paul J. 1985: *Principles of Remote Sensing*. Longman Group Ltd, Harlow 1985, pp. 32-36, 216-220.
- Ekstrand, Sam 1985: *TM Data for Forest Interpretation. Study of spectral signatures in order to find optimal combinations of spectral bands and registration dates*. Svenska Rymdaktiebolaget, rapport FUF 2/17-4, Solna 1985, p. 11.
- Ekstrand, Sam 1990: *Verifiering av Sverigeklassning - Flygbildstolkning*. Satellitbild AB, manuskript, Kiruna 1990.
- Gustafsson, Lars-Erik 1990: *Hur det går till att klassa i MIMA*. Svenska Rymdaktiebolaget, manuskript, Solna 1990.
- Harris, Ray 1987: *Satellite Remote Sensing - an Introduction*. Routledge & Kegan Paul Ltd, London 1987, pp. 19-35, 94.
- Karström, U. och Malmström, H. 1990: *Satellitfjärranalys för miljövård*. Svenska Rymdaktiebolaget, rapport FUX 132-1, Solna 1990, p. 2.
- Lillesand, T.M och Kiefer, R.W. 1979: *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley & Sons Inc, New York 1979, pp. 5-19, 561.
- Malmström, H. och Cronström, E.: *MIMA, A Powerful System for Satellite Map Production*. Svenska Rymdaktiebolaget, Solna. Manuskript.
- Maselli, F., Conese, C., Zipoli, G. och Pittau, M.A. 1990: *Use of Error Probabilities to Improve Area Estimates Based on Maximum Likelihood Classifications*. Remote Sensing of Environment, vol. 31, no 2, feb 1990, Elsevier Science Publishing Co Inc, New York 1990, pp. 155-159.
- Nilsen, V. och Pedersen, J-P. 1982: *Satellitfjernmåling, multispektral klassifisering og -analyse*. The Auroral Observatory, notater fra et instituttseminar, Tromsø 1982.

Norges Offentlige Utredninger (NOU) 1983: *Satellitfjernmåling*. NOU 1983:24, Universitetsforlaget, Oslo 1983, pp. 28-29.

Paulsson, Bengt 1985: *Studie av Landsat TM-data över skogsförnygringar i Norrbotten*. Satellitbild AB, rapport SM 4/16, Kiruna 1985, p. 24.

Paulsson, Bengt 1990: *Terrängtypsklassad satellitdata, Sverigeklassning version 1, Projektplan*. Satellitbild AB, rapport MPN/M03811-6123, Kiruna 1990.

Paulsson, Bengt 1990: *Terrängtypsklassad satellitdata, Sverigeklassning version 1, Tekniska specifikationer*. Satellitbild AB, rapport MPN/M03811, Kiruna 1990.

Satellitbild AB: *Landsat standardprodukter*. Satellitbild AB, produktfakta, Kiruna.

Schowengerdt, Robert A. 1983: *Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing*. Academic Press Inc, Orlando 1983, pp. 130-145, 189-195.

Svenska Rymdaktiebolaget 1984: *Beskrivning av aktuella fjärranalyssatelliter*. Svenska Rymdaktiebolaget, rapport F3/1-17, Solna 1984, pp. 16-31.

Svenska Sällskapet för Antropologi och Geografi 1971: *Atlas över Sverige 1953 - 1971*. Generalstabens litografiska anstalts förlag, Stockholm 1971.

Swain, P.H. och Davis, S.M. 1978: *Remote Sensing: The Quantitative Approach*. McGraw-Hill Inc, New York 1978, pp. 170-174.

Teragon Systems 1988: *MIMA Operator's Manual*. Teragon Systems, Linköping 1988.

Tommervik, Hans A. 1985: *Bruk av fjernanalyse i vegetasjonskartlegging anvendt på et område i Indre Troms, Nord-Norge*. IBG - Universitetet i Tromsø, Tromsø 1985, pp. 222-228.

Williams, R.B.G. 1984: *Introduction to Statistic for Geographers and Earth Scientists*. Macmillan Publishers Ltd, London 1984, pp. 51, 62-67, 85-97, 115-120, 232-234.

Zeidlitz, Per 1990: *Satellitfjärranalys för fysisk planering*. Satellitbild AB, rapport MFN, Kiruna 1990, p. 6.

* * *

Dessutom används som referens:

Föreläsningar 1989: *Föreläsningssanteckningar i fjärranalys*. Naturgeografiska institutionen i Lund, kurs NG 226, Lund 1989.

Bilaga A SCENINFORMATION

Scen 193/20:

Satellit: Landsat 5
Sensor: Thematic Mapper (TM)
Datum: 890707
Koordinater övre vänstra hörn: 6465500 / 1366250
Latitud/longitud övre vänstra hörn: 58°07'37'' / 14°55'54''
Koordinater nedre högra hörn: 6240750 / 1602500
Latitud/longitud nedre högra hörn: 57°28'26'' / 15°39'08''
Antal linjer: 8990
Antal pixlar/linje: 9450
Pixelstorlek: 25 meter
Kartprojektion: Sveriges rikets nät (2.5 gon V)
Ellipsoid: Bessel
Referenshöjd: 0 meter
Medelfel: 19.507 meter (0.46 av nominella pixelstorleken)

Scen 57/232:

Satellit: SPOT 1
Sensor: High Resolution Visible (HRV)
Datum: 890726
Koordinater övre vänstra hörn: 6445750 / 1430500
Latitud/longitud övre vänstra hörn: 58°07'37'' / 14°55'54''
Koordinater nedre högra hörn: 6240750 / 1602500
Latitud/longitud nedre högra hörn: 57°28'26'' / 15°39'08''
Antal linjer: 2950
Antal pixlar/linje: 3100
Pixelstorlek: 25 meter
Kartprojektion: Sveriges rikets nät (2.5 gon V)
Ellipsoid: Bessel
Referenshöjd: 210 meter
Medelfel: 10.521 meter (0.38 av nominella pixelstorleken)

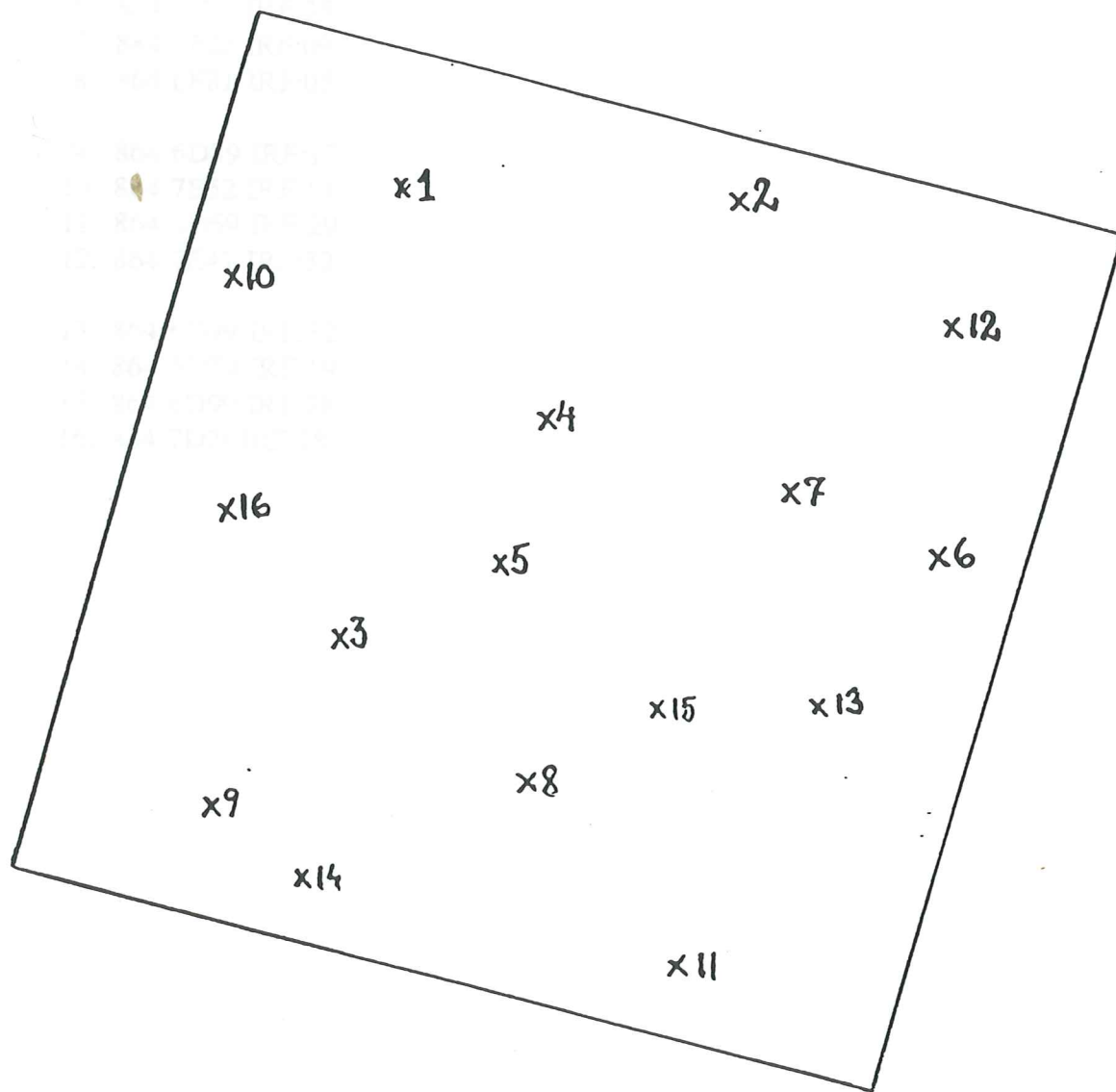
Scenerna täcker ett område som helt eller delvis täcker de topografiska kartbladen:

6ENO	6FNO	7ENO	7FNO	7GNV
	6FNV	7ESO	7FNV	7GSV
	6FSO		7FSO	
			7FSV	

Bilaga B FLYGBILDER

Nedan följer en uppräknig över de flygbilder som använts vid urval av träningsytor, och även som stöd vid klassning och uppdelning mellan tät och gles barrskog. Deras läge i scenen är utmarkerat i figur B.1 nedan.

Samtliga flygbilder är i ungefärlig skala 1:30.000, och utgörs av diapositiva infraröda färgbilder.



Figur B.1 De aktuella flygbildernas lokalisering över det aktuella området.

Flygbilder:

nr flygbild

1. 864 7E61 IRF:19
2. 864 7E61 IRF:27
3. 884 7D0j IRF:21
4. 864 7E31 IRF:23

5. 884 7D1j IRF:25
6. 884 7D1j IRF:35
7. 884 7F2c IRF:09
8. 864 6F81 IRF:05

9. 864 6D89 IRF:17
10. 864 7E52 IRF:14
11. 864 6D69 IRF:29
12. 864 7E41 IRF:32

13. 864 6D99 IRF:32
14. 864 6D79 IRF:19
15. 864 6D99 IRF:28
16. 884 7D2j IRF:18

Bilaga C STATISTIK

Sampling och stickprov:

Termen sampling syftar vanligtvis till ett urval individer eller objekt dragna från en större grupp, där alla delar samma grundkaraktistika. Den hela gruppen kallas för population. Det finns flera anledningar till att man väljer att studera ett stickprov snarare än hela populationen:

- * för dyrt och tidskrävande att undersöka hela populationen
- * populationen är oändligt stor
- * störningar uppkommer om hela populationen undersöks
- * kan ej hitta samtliga individer eller objekt i populationen

Kravet man ställer på ett stickprov är att det ska vara representativt. Det finns olika metoder för att ta stickprov på en population:

- * Obundet slumpmässigt urval (OSU). Alla individer eller objekt i populationen har samma chans. Är en bra metod, men har en nackdel i det att det är svårt att nå en mindre grupp i en stor population.
- * Stratifierat urval. Man delar in populationen i strata (grupper). Man drar sedan OSU i varje strata.
- * Systematiskt urval. Man numrerar sin population och tar var x :te individ till sitt stickprov. En nackdel är om periodisitet föreligger.
- * Clustersampling. Populationen delas in i exklusiva klasser (som för stratifierad sampling). Vissa av stratan väljs slumpmässigt ut och ur dem dras sedan stickprov (*Williams, 1984*).

Varians och standardavvikelse:

Varians är medelvärdet av kvadraterna på avvikelserna från medelvärdet i en population. Ju större varians desto större spridning av värdena runt medelvärdet. Variansen är inte bara ett mått på variationen hos en population. Den är även ett mått på graden av avvikelse eller egenheter hos individuella objekt inom populationen.

Standardavvikelsen utgörs av roten ur variansen. Det är ofta i standardavvikelser man uttrycker sig när man talar om en populations spridning i planet eller rymden. Standardavvikelsen för en enda population är ofta av ringa intresse om den studeras isolerat. Samma sak gäller medelvärdet. Det vanliga syftet med att beräkna standardavvikelsen (eller medelvärdet) är att jämföra den med en annan population.

Formeln för variansen (och standardavvikelsen är:

$$\sigma^2 = (\sum(x-\bar{x})^2)/(n-1)$$

σ = standardavvikelse

σ^2 = variansen

$(x-\bar{x})$ = avvikelserna för varje observation (eller x-värde från medelvärdet \bar{x})

n = totala antalet observationer i populationen (m.a.o dess storlek) (Williams, 1984).

Kovarians:

Kovarians är ett mått som relaterar till variansema för två värdeset. Kovariansen mäter tendenserna hos datafilvärdena för samma pixel, men i olika band, att variera med varandra, i relation till medelvärdena för deras respektive band. Det definieras som den genomsnittliga produkten av skillnaderna mellan datafilvärdena i varje band och medelvärdet för varje band (Williams, 1984).

Normal distribution (normalfördelning):

Den normala distributionen baseras på en datamängds spridning i planet. Den är symmetrisk med en konvex centrumtopp och konkava "svansar" som sträcks ut på var sida. Den normala kurvan når sitt högsta värde över medelvärdet. Ju längre från medelvärdet man kommer, desto mer närmar sig kurvan den horisontella axeln (som den dock aldrig riktigt når). Den normala distributionen är en matematisk fiktion. Det är omöjligt för någon variabel att uppnå exakt normal distribution. Däremot kan datadistributionen i många fall likna den normala distributionen.

Inflektionspunkterna där kurvan övergår från konvex till konkav lutning ligger på ett avstånd på en standardavvikelse på var sida om medelvärdet, m.a.o vid ($\mu \pm \sigma$). Värdet för σ bestämmer utsträckningen för kurvans spridning från medelvärdet, samt även dess höjd.

Ekvationen för normal distribution är:

$$y = (Ne^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2}) / \sigma\sqrt{2\pi}$$

y = kurvans höjd motsvarande ett givet x-värde

μ = medelvärdet för x

σ = standardavvikelsen för x

N = totala antalet objekt i populationen

En snabb indikation på om datat är normalt distribuerat är att studera medelvärdet, medianen, moden (mode = det vanligaste värdet i ett dataset) samt max- och minvärdet. Förutsättningarna för normal distribution är då:

medelvärde = median = mode
min och max på samma respektive avstånd från medelvärdet

68.27% av värdena avviker inte från medelvärdet med mer än kvantiteten av standardavvikelsen för en normal distribuering. 95.45% av värdena skiljer inte från medelvärdet med mer än två gånger summan av standardavvikelsen. 99.73% av värdena faller inom tre standardavvikelser (*Williams, 1984*).