



# Satellitfjärranalys för skogsföretag

**Olle Hagner**

**Arbetsrapport 28 1997**

---

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET  
Institutionen för skoglig resurshushållning  
och geomatik  
S-901 83 UMEÅ  
Tfn: 090-786 58 25 Fax: 090-14 19 15, 77 81 16

ISSN 1401-1204  
ISRN SLU-SRG-AR--28--SE

# Innehållsförteckning

Sida

Förord	2
1. Inledning	3
1.1 Syfte och avgränsning	3
2. Delprojekt	4
2.1 Satellitbilder för MoDo:s skogsbruksaktiviteter i Novgorod, Ryssland	4
2.1.1 Bakgrund	4
2.1.2 Satellit- och kartdata	4
2.1.3 Sensorkomposit	5
2.1.4 Analys av beståndsegenskaper och spektral signatur	5
2.1.5 Segmentering	6
2.1.6 Kartproduktion	6
2.2 Modell för bilddataförsörjning	6
2.2.1 Bakgrund	6
2.2.2 Modell	7
2.2.3 Exempel	8
2.3 Introduktion av satellitbildsbaserad skogskarta vid SCA	9
2.3.1 Bakgrund	9
2.3.2 Kart- och bilddata	9
2.3.3 Erfarenheter	9
2.4 Demonstration av IRS-1C bilddata	11
2.4.1 Bakgrund	11
2.4.2 Dataset och bearbetning	11
2.4.3 Utvärdering	11
3. Diskussion	12
Figurbilaga	
Figur 1. Segmentering av skogsbestånd	
Figur 2a-2d IRS-1C satellitbilder	

## **Förord**

Denna rapport sammanfattar arbetet inom projektet ”Teknikspridning, skogsföretag” som ingår i Rymdstyrelsens programområde skog (dnr 152/96) och Rymdbolagets tillämpningsprogram. Projektets målsättning har varit att främja en ökad användning av satellitbilder inom storskogsbruket. I första hand genom praktiskt stöd till skogsbolagen för att utnyttja satellitfjärranalys för konkreta tillämpningar.

Ett varmt tack för ett inspirerande samarbete riktas till personal vid MoDo Skog AB:s skogsvårdsenhet, AssiDomän:s och SCA:s skogsförvaltningar i Lycksele. Satellitbild AB, FORESYS AB och OM&M AB. Tack även alla medarbetare vid avdelningen för skoglig fjärranalys som hjälpt till med alla möjliga och omöjliga ting under projektets gång.

Olle Hagner  
Projektledare

## 1. Inledning

Storskogsbruket investerar årligen stora belopp för att ta fram och underhålla information om skogsresurserna. Under senare år har flera företag (Iggesund, SCA, MoDo m fl.) dessutom ökat detaljeringsgraden i den skogliga beskrivningen genom företagstäckande nyindelningar baserade på mätning och tolkning av flygbilder i avancerade stereoinstrument. Eftersom bemanningen i fältorganisationen reducerats kraftigt samtidigt som GIS-baserade beslutsstödsystem introduceras på bred front är behovet av aktuell bildinformation och effektiva rutiner för ajourhållning större än någonsin. Möjligheten att regelbundet avbilda stora arealer och upptäcka förändringar samt potentialen för objektiv statistisk analys och skattning av beståndsegenskaper är nyckeln till framgångsrikt utnyttjande av satellitbilder inom skogsbruket.

Detta projekt har tillkommit mot bakgrund av det relativt måttliga utnyttjandet av satellitbilder inom det Svenska storskogsbruket. Detta trots att satelliter med minst 30 meters upplösning funnits tillgängliga sedan 1982. Skogliga tillämpningar baserade på satellitbilder har prövats inom ramen för olika utvecklings- och demonstrationsprojekt. Som regel har dock det praktiska skogsbruket dragit slutsatsen att bilddata och metodik visserligen är mycket intressanta och har stor utvecklingspotential men är ännu inte tillräckligt anpassade för praktiskt bruk. Det finns många tänkbara förklaringar till varför projekten sällan resulterat i operationell tillämpningar men följande faktorer har säkert haft stor betydelse:

- Projekten har ofta utgått från teknikernas visioner om vad som går att göra, vilket lätt leder till fokusering på mindre relevanta frågeställningar. Exempelvis så är skogsbrukare i allmänhet inte speciellt intresserade av tematiska vegetations- eller skogstypskartor – oavsett klassningsnoggrannhet.
- Tillämpningarna har ofta baserats på tekniskt avancerad och dyrbar utrustning som dessutom kräver operatörer med specialistkompetens. Som exempel kan nämnas UNIX-baserad GIS- och bildanalyssystem samt tidigare även specialiserad datorutrustning (t ex EBBA). Resultaten väcker ofta stort intresse men tilltänkta användare inser snabbt att utrustningen i sig omöjliggör en praktisk tillämpning.
- Satellitbildsprodukterna har ibland krävt mycket omfattande bearbetning och därigenom visats sig vara orimligt dyrbara i jämförelse med flygbilder som redan är ett väl inarbetat alternativ. Dessutom upplevs systemet för sökning av bilddata som ohanterligt.
- Målsättningen har i vissa fall varit att försöka ersätta flygbilden i befintliga rutiner istället för att utveckla och anpassa rutinerna för att utnyttja satellitbildens unika egenskaper. Satellitbildens sämre geometriska upplösning känns ovan för skogsbrukets fältpersonal och färgskalan i multispektrala satellitbilder kan vara förvirrande.

Ett undantag är dock den operationella användningen av satellitbilder vid AssiDomän:s skogsförvaltningar i Lycksele (Västerbottens län) och Östersund (Jämtlands och Västernorrlands län). Den är en direkt följd av ett utvecklingsprojekt vid SLU (finansierat av Rymdstyrelsen och Skogsstyrelsen) med målsättning att ta fram metodik och programvara specifikt anpassad för karthantering och satellitfjärranalys på distrikts- och förvaltningsnivå i det Norrländska storskogsbruket.

### 1.1 Syfte och avgränsning

Projektet syftar till att stödja ett fortsatt och ökat användande av satellitbilder inom storskogsbruket, både ny och pågående användning. Arbetet har inriktats på praktisk

tillämpning och syftar ej till vetenskaplig analys. Någon kvantitativ utvärdering av resultaten inom de olika delprojekten har därför inte genomförts.

## **2. Delprojekt**

### **2.1 Satellitbilsinformation för MoDo:s skogsbruksaktiviteter i Novgorod, Ryssland.**

#### *2.1.1 Bakgrund*

MoDo Skog AB bedriver liksom flera andra Svenska skogsföretag skogsbruksverksamhet i Ryssland, framförallt i området kring Novgorod (200 km söder om Sankt Petersburg). Ett stort problem är osäkerheten i de Ryska skogskartorna med tillhörande beståndsbeskrivning. De framställs och förvaltas av skogsministeriet i Sankt Petersburg. Skogskartorna framställs centralt med hjälp av flygbilder och kompletterande fältbesök. Noggrannheten i beståndsbeskrivningen anses dock vara mycket varierande och bristfällig av de lokala Ryska skogstjänstemännen som även betvivlar att varje bestånd besöks i fält. Till saken hör att markbaserad skogsinventering försvåras av att minor och blindgångare ifrån det andra världskriget är vanliga i området. Vägnätet är dessutom relativt glest och framkomligheten längs grusvägarna och i terrängen är begränsad på grund av att området är låglänt och domineras av våtmarker.

Projektet syftade till att ta fram ett aktuellt beslutsunderlag för dimensionering och lokalisering av skogsbruksaktiviteter. Underlaget skall ses som ett komplement till den befintliga skogskartan i skala 1:25 000 med tillhörande beståndsbeskrivning.

Målsättningen var att framställa en översiktlig satellitbildskarta över Novgorodområdet, att undersöka tillförlitligheten i den Ryska skogskartan samt att testa ifall ett alternativ till kartans beståndsavfattning kunde erhållas genom segmentering av satellitbilden.

#### *2.1.2 Satellit- och kartdata*

En SPOT-P satellitscen med nominell UTM-projektion registrerad 1994-05-10 och en systemkorrigerad Landsat-TM scen registrerad 94-07-15 anskaffades av MoDo Skog AB. Eftersom koordinatsystemet i de tillgängliga Ryska kartorna är förvrängt av militära skäl gick de ej att utnyttja för geometrisk korrektion av satellitbilderna. SPOT-scenens geometri baseras därför enbart på nominella banparametrar (Spot Image nivå 2a). Eftersom området kring Novgorod är i stort sett platt kan bildgeometrin i det närmaste betraktas som en ortoprojektion. Bildens koordinatsystem kan dock vara parallellförskjutet med upp till 500 meter i förhållande till det verkliga koordinatsystemet, vilket kan korrigeras i efterhand genom att mäta in några referenspunkter på plats med hjälp av GPS-utrustning. Landsat-TM scenen rektifierades till SPOT-scenens geometri med ett förstgradspolynom. Transformationsparametrarna skattades med hjälp av ca 40 kontrollpunkter som identifierades i respektive scen. Omsamlingen utfördes med bikubisk interpolering.

En mindre del, ca 800 hektar (98 avdelningar) av den Ryska skogskartan i skala 1:25 000 digitaliserades av MoDo. Tillhörande beståndsuppgifter lästes in från registret. Avdelningarna valdes för representera så stor spännvidd av skogsförhållanden som möjligt med avseende på beståndsålder, virkesförråd och trädslagsblandning. De uppgifter som registrerades för respektive bestånd var:

- Virkesförråd för de 4 dominerande trädslagen i beståndet

- Beståndsålder
- Utvecklingsklass (motsvarar ungefär huggningsklass)
- Markvegetationstyp

Beståndskartan rektifierades till satellitbildens geometri och spektrala signaturer för respektive bestånd beräknades med hjälp av SKOGIS-systemet (skoglig GIS- och fjärranalysprogramvara utvecklat vid SLU).

### 2.1.3 Sensorkomposit

Den geometriska upplösningen i SPOT-P scenen kombinerades med Landsat-TM scenen till en multispektral komposit med 10 meters pixelstorlek enligt kvotmetoden. Kvotmetoden som utarbetats av Mats Rosengren vid Rymdbolaget i Solna innebär att varje multispektralt band multipliceras med en kvot mellan det pankromatiska bandet och en lågpasfilterad version som motsvarar de multispektrala bandens upplösning (formel 1). Fördelen med metoden är att färgbalansen i den multispektrala scenen bibehålls exakt.

$$MS_{i,hög} = MS_{i,låg} * (P_{hög} / P_{låg}) \quad (1)$$

Där:  $MS_{i,hög}$  = Multispektralt band i med hög upplösning  
 $MS_{i,låg}$  = Multispektralt band i med låg upplösning  
 $P_{hög}$  = Pankromatiskt band med hög upplösning  
 $P_{låg}$  = Lågpasfilterat pankromatiskt band

En förutsättning för att detta skall fungera är dock exakt överensstämmelse lokalt mellan de bägge scenerna, i annat fall försämras istället upplösningen. Detta är ett allmänt problem med Landsat-TM data eftersom det ofta förekommer geometriska förskjutningar i sensors svepriktning. Orsaken är enligt Mats Rosengren att rörelsen hos TM-sensors spegel inte modelleras korrekt vid scenframställningen (synkroniseringspulsen i rådata trunkeras bort). För att råda bot på problemet finns en speciell funktion i SKOGIS systemet (fplx.exe) som matchar varje detektorvep individuellt mot en referensbild (till exempel en SPOT-scen). Funktionen kräver endast ungefärlig information om satellitens banriktning för att fungera.

### 2.1.4 Analys av beståndsregister och spektral signatur

Skogskartans beståndsindelning överensstämde mycket väl med variationen i satellitbilderna. Det visade sig dock att ajourhållningen av utförda avverkningar varit bristfällig. Nyttillkomna avverkningar syntes mycket tydligt i bilderna. Slutsatsen var därför att beståndsavfattningen som utförts med hjälp av IR-färg flygbilder sannolikt var av god kvalitet men att aktualiteten var mindre tillfredsställande.

Överensstämmelsen mellan den spektrala signaturen analyserades med hjälp av regressionsanalys (Minitab statistikprogramvara). Resultatet visade på relativt starka samband mellan spektral signatur och respektive bestånds totala virkesförråd ( $R = 0.82$ ) samt andelen lövträd ( $R = 0.59$ ). Slutsatsen av analysen var att registeruppgifterna om totalt virkesförråd och lövandelen troligen var någorlunda tillförlitliga i allmänhet. Däremot var det svårt att dra några slutsatser om fördelningen mellan olika barr och lövträdslag eftersom datasetet var alltför begränsat.

### 2.1.5 Segmentering

Segmenteringsfunktionen i SKOGIS prövades på det delområde där den Ryska skogskartan digitaliserats. Målsättningen var dels att identifiera eventuella gränser inom de befintliga beståndsfigurerna, dels att åstadkomma en helt ny oberoende beståndsavfattning (figur 1). De nya gränser som tillkommit på grund av avverkningar efter den senaste ajourhållningen identifierades utan problem. Dessutom avgränsades även områden med avvikande virkesförråd och trädslagsblandning inom kartans beståndsfigurer. Vid en subjektiv utvärdering i fält utförd av MoDo:s arbetsledare i området ansågs segmenteringen väl beskriva variationen i skogen, åtminstone tillräckligt bra för att vara användbar som generell beståndsindelning.

### *2.1.6 Kartproduktion*

MoDo har på eget initiativ bekostat produktion av satellitbildskartor i skala 1:20 000 för hela området samt en MoDo-anpassning av SKOGIS-systemet för operationellt bruk i Ryssland. Kartorna skrevs ut i A0-format med hjälp av en bläckstråleskrivare. Satellitbilden som hade bandkombinationen SPOT-P + Landsat-TM band 4, 5, 7 (RGB) överlagrades av segmenterade beståndsgränser och en beståndsformel som angav skattad virkesförrådklass och lövandel. Kartorna används som ett komplement till den officiella skogskartan. Satellitbilderna, segmenteringen och skattningar finns även tillgängliga i digital form på CD-ROM så att utskrift av kartor och arbetsskisser samt arealberäkning av avverkningstrakter enkelt genomförs direkt på plats i Ryssland.

## **2.2 Modell för bilddataförsörjning**

### *2.2.1 Bakgrund*

Den gängse modellen för scenvis sökning, beställning och prissättning av satellitdata utgör ett reellt hinder för operationell skoglig användning i Sverige. Problemet består dels i att sökning och beställning av tillgängliga bilddata är alltför omständligt och arbetskrävande för skogsförvaltningarnas bemanning, dels i att priset för standardprodukter är scenbaserat vilket gör det omöjligt att i förväg beräkna den faktiska kostnaden för heltäckande anskaffning under en flerårsperiod (p g a molnighet, variationer i banstråk etc). Satellitsystem med möjlighet att rikta sensorerna i sidled mot banstråket (t ex SPOT) kräver förprogrammering för att säkerställa en rimlig sannolikhet för att användbara bilddata skall registreras. Dessutom är kostnaden för programmeringen avskräckande i sig. Satellitbild i Kiruna har sedan en tid erbjudit kartbladsindelade satellitbilder. Produkten är dock inte särskilt lämplig för storskogsbrukets behov eftersom den kräver alltför omfattande manuell bearbetning och administration hos leverantören (mosaikning av flera scener, kontraststräckning, utsnitt etc.) och därigenom blir orimligt dyrbar. Dessutom överensstämmer sällan det verkliga skogsinnehavet med en fast rutindelning (t ex den ekonomisk kartans indelning).

Storskogsbrukets krav på bilddataförsörjning kännetecknas framförallt av:

- Kontinuitet. Anskaffningen skall helst ske löpande under en flerårsperiod enligt en fastställd omdrevsplan anpassad efter ajourhållningsbehovet.
- Fast kostnad. Totalkostnaden skall kunna beräknas i förväg för att möjliggöra jämförelser och avvägningar mellan med olika typer av bilddata.

- Enkelhet. Bemanningen vid skogsbolagens förvaltningar har reducerats kraftigt under senare år. Arbetsinsatsen som krävs för att administrera anskaffning av bilddata är därför betydelsefull.
- Flexibilitet. Satellitbilder utgör både ett alternativ och komplement till flygbilder. Bilddata från olika sensorer bör utnyttjas flexibelt beroende på informationsinnehåll och aktualitet. Ifall bildprodukter består av flera sambearbetade registreringar och sensorer är det viktigt att även originaldata levereras för att möjliggöra alternativ användning.

### 2.2.2 Modell

Med utgångspunkt ifrån ovanstående har en alternativ modell föreslagits med målsättning att:

- Förenkla användarens bilddataanskaffning och möjliggöra kostnadsjämförelser.
- Effektivisera produktionen hos leverantören, så att standardrutiner för bearbetning kan utnyttjas i största möjliga utsträckning. Genom att beställningen omfattar ett större område och längre tidsperiod ökar möjligheten att planera produktionen och samordna olika beställare.
- Minimera både beställarens och leverantörens risktagande. Beställaren får ett fast pris baserat på levererad areal användbara data, bildkvalitet och överensstämmelse med leveransplanen. Leverantören ombesörjer förprogrammering, bevakning och beslutar om vilka data som skall bearbetas och kan därigenom både säkra tillgången på registreringar och undvika bearbetning som ej täcker marginalkostnaden. Även möjligheten att utnyttja flera alternativa sensorer förbättrar leveranssäkerheten.

Ett avtal mellan beställare och leverantör specificerar kraven på bilddata i termer av spektralband, geometrisk upplösning, sensoralternativ, leveransplan och geografisk täckning. Beställaren specificerar den exakta avgränsningen för de delområden som är av intresse. Avtalet fastställer ett fast pris per levererad arealenhet för användbara bilddata som täcker dessa delområden samt justeringar för avvikelser i kvalitet och registreringstidpunkt. Genom att tillåta flera sensoralternativ och möjliggöra en effektiv förprogrammering (flerårigt avtal) förbättras sannolikheten för leveransuppfyllelse. Leverantören sköter ev. förprogrammering och beslutar om vilka registreringar och sensoralternativ som skall utnyttjas inom avtalets ramar.

Priset per levererad arealenhet delområde baseras på delområdenas täckningsgrad och kostnaden för standardprodukter. Grundpriset justeras med hänsyn till den totala beställningsvolymen i termer av antal scener som krävs teoretiskt för full täckning (med hänsyn till molnighet etc). Det slutliga priset för en specifik leverans kan ev. reduceras med hänsyn till avvikelser i bildkvalitet och planerad registreringstidpunkt (formel 2).

$$\text{Pris per arealenhet} = \text{Area}_{\text{Område}} / \text{Area}_{\text{Scen}} * \text{Pris}_{\text{Scen}} / \text{Area}_{\text{Delområde}} * \text{Korr}_{\text{Volym}} * \text{Korr}_{\text{Kval}} \quad (2)$$

Där:

$\text{Area}_{\text{Område}} =$	Arean för den minsta omskrivande rektangeln som täcker alla delområden. Rektangelns höjd och bredd motsvarar dock minst en stråkbredd
$\text{Area}_{\text{Scen}} =$	Area för en scen (eller i förekommande fall kvarts- och miniscener)
$\text{Pris}_{\text{Scen}} =$	Listpris för standardprodukt
$\text{Area}_{\text{Delområde}} =$	Sammanlagd areal för alla delområden
$\text{Korr}_{\text{Volym}} =$	Justering beroende på beställningsvolym (mängdrabatt) (tabell 2)
$\text{Korr}_{\text{Kval}} =$	Justering för avvikelse i kvalitet och registreringstidpunkt (tabell 3 och 4)



Tabell 2. Exempel på prisjusteringar i förhållande till standardprodukt:

Beställningsvolym antal scener	Pris i förhållande Till standard produkt %
1.0-2.0	120
2.0-5.0	100
5.0-15.0	80
15.0+	60

Tabell 3. Exempel på prisreduktion för kvalitetsfel

Kvalitetsfel	Prisreduktion i förhållande Till standard produkt %
Svagt dis (90 – 80% av normal kontrast)	15
Kraftigt dis (80-50% av normal kontrast)	70
Enstaka mindre moln inom delområde :max 2 % yttäckning (inkl skugga), omkrets < 500 m	40
Övrig molnighet: max 10 % yttäckning (inkl skugga) av delområde	65

Tabell 4. Exempel på prisreduktion i förhållande till standardprodukt p g a avvikelser från planerad registreringstidpunkt

Avvikelse ifrån planerad registreringstidpunkt (+- antal säsonger)	Prisreduktion i förhållande Till standard produkt %
0	0
1	20
2	60
3+	90

### 2.2.3 Exempel:

Antag att de intressanta delområdena omfattar 50 000 hektar och ligger inom ett rektangulärt område på 120 x 180 km. Specifikationen på bilddata är: Pankromatiskt band med minst 10 meters upplösning med SPOT-P som förstahandsalternativ. Som alternativa sensorer accepteras IRS-1C PAN, högupplösande satelliter (typ IKONOS, Early bird m fl) och scannade flygbilder. Den geometriska bearbetningsgraden är ortoprojektion. Registreringsintervall är 10/6 – 15/8. Området skall täckas under en 3-årsperiod. Sannolikheten för minst en molnfri registrering inom det givna intervallet under en 3-årsperiod är 95 % (SPOT 1&2 samt IRS-1C). Priset för SPOT-P nivå 2c antas vara 25 000 SEK.

Arealen för den omskrivande rektangeln blir då: 120 x 180 km = 2 160 000 hektar. Det teoretiska antalet scener (SPOT scenstorlek 36 000 ha) som krävs är 2 160 000 / (360 000 \* 0.95) = 6.31 scener.

Grundpriset per hektar blir då :

$$2\,160\,000 / (360\,000 * 0.95) * 25\,000 / 50\,000 = 3.16 \text{ SEK/ha}$$

Den maximala totalkostnaden för perioden uppgår till: 158 000 SEK

Vid leverans visar det sig att svagt dis förekommer på 5 % av delområdenas areal, att 15 % består av 1 år gamla data och att 5% saknas. Vilket reducerar totalkostnaden till:

$$158\ 000 * (0.75*1.0 + 0.05 * 0.85 + 0.15*0.8) = 144\ 175\ \text{SEK}$$

## 2.3 Introduktion av satellitbildsbaserad skogskarta vid SCA:s försöksdistrikt i Vindeln

### 2.3.1 Bakgrund

SCA har nyligen genomfört en omfattande och ambitiös nyindelning av hela sitt skogsinnehav. Beståndsavfattning samt mätningar av beståndsmedelhöjd och virkesförråd har utförts med hjälp av flygbilder och avancerade stereoinstrument. Avfattningen och mätvärden kontrollerades i samband med en kompletterande fältinventering som även syftade till att registrera de övriga bestånds- och markegenskaper som ingår i beskrivningen. Som ett led i framställningen av de nya kartorna anskaffar SCA digitala flygbildsortofoton med 1 meters upplösning. Bilderna kommer även att utnyttjas som bildbakgrund i den GIS-baserade rutinen för naturvårdsplanering som för närvarande introduceras på förvaltningsnivå. För att inte förlora aktualiteten i den nya kartdatabasen är rutinerna för ajourhållning under utredning. Utnyttjandet av satellitbilder i någon form av omdrev utgör då ett mycket intressant alternativ. En viktig frågeställning är därför i vilken mån som bilderna även kan utnyttjas för andra ändamål.

SCA:s skogsförvaltning i Lycksele har mot bakgrund av den operationella användningen av satellitbilder vid AssiDomän visat intresse för att pröva hur "AssiDomän-modellen" kan anpassas för SCA:s behov. Lycksele har därför utsetts som pilotförvaltning för praktiska prov av satellitbildsteknik inom SCA. Förutom möjligheten att effektivt ajourhålla kartdatabasen är man framförallt intresserad av att förbättra precisionen i planeringen av virkesleveranserna. Orsaken är att skogsindustrin ställer mycket högre krav på exakt leveranstidpunkt och sortimentsfördelning än tidigare.

### 2.3.2 Kart- och bilddata

SCA:s kart- och beståndsdata för en del av Vindelns arbetsledardistrikt (ca 10 kartblad i skala 1:10000) överfördes inledningsvis till SKOGIS kartdatabas. AssiDomän tillhandahöll (efter överenskommelse med Satellitbild AB) delutsnitt av Landsat-TM scener från 1992, 1994 och 1992 över studieområdet. En kompletterande precisionskorrigerad SPOT-P scen (1997-07-13) anskaffades av SCA. Landsat-TM och SPOT-P scenen integrerades med kvotmetoden (se MoDo projektet) till en sensorkomposit. Dessutom framställdes förändringsbilder som visar skillnaderna mellan de olika Landsat-TM registreringarna. Bilddata från olika år normaliserades mot varandra med hjälp av funktionen för iterativ histogrammatchning i SKOGIS (ildiff.exe).

### 2.3.3 Erfarenheter

Efter en dags instruktion i handhavandet av SKOGIS systemet och tolkning av satellitbilder på plats i Vindeln fortsatte SCA:s arbetsledare utvärderingen på egen hand med följande frågeställningar:

- Kan utformningen av avverkningsenheter förbättras med hjälp av satellitbilder?
- Kan satellitbilderna underlätta planeringen av avverkningsenheter i fält?
- Leder ovanstående till att utfallet av avverkningen kan beräknas noggrannare?

- I vilken mån kan variationen i ungskogar uttolkas i satellitbilder (trädslag, utvecklingsgrad, föryngringsresultat)?
- Går det att identifiera kandidatområden för förstagallring?

De inledande erfarenheterna har varit mycket positiva. Man upplever att satellitbilderna tillför värdefull information om variationen inom skogskartans beståndsfigurer. Det är visserligen svårt att identifiera orsaken till färgskiftningar som man ser i bilden men det visar sig oftast i fält att de motsvaras av faktorer som påverkar avverkningstraktens utformning. Det var framförallt bandkombinationen Landsat-TM 4,5,7 som visat sig användbar, gärna som komplement till pankromatiska flygbilder eller ortofoton med information om trädstorlek och stamantal. Man hade till en början förhoppningar om att SPOT-P sensorns högre upplösning skulle vara speciellt värdefull –framförallt i gallringsskog. Det visade sig dock att informationsvärdet inte var så högt eftersom motsvarande information redan finns tillgängligt i pankromatiska flygbilder och kartans ortofoto. Den största nyttan var istället att detaljskärpan i Landsat-TM kompositen kunde förbättras och därigenom blev trevligare att se på. Det är ännu för tidigt att avgöra om noggrannheten i beräkningen av avverkningsutfallet förbättrats.

Vidare konstaterades att satellitbilderna tillför viktig information om variationen inom ungskogarna, särskilt i kombination med registeruppgifter och flygfoton. Det visade sig vara någorlunda enkelt att identifiera fuktigare områden med lövuppslag. Det är dock svårt att skilja lövsly ifrån riklig gräsväxt. Även variation beroende på skillnader i bördighet och föryngringsresultat syns tydligt i äldre ungskog. Områden med *Pinus contorta* kunde urskiljas från områden med vanlig tall i de flesta fall. Contortabestånden framträdde i relativt rödaktiga nyanser (TM 4,5,7) och kunde närmast förväxlas med lövskog. Satellitbilderna ansågs vara ett utmärkt underlag för att effektivisera fältbesöken i äldre ungskogar med syfte att identifiera och avgränsa områden för förstagallring.

Ett annorlunda tillämpningsområde för SPOT-P scenen visade sig vara att ta fram djupkartor för fiskevattnen i området. Genom kraftig kontraststäckning framträdde grundområden mycket tydligt. Kartorna blev mycket efterfrågade men huruvida de resulterat i ökad fiskelycka återstår att utreda.

SKOGIS-systemet upplevs som väl anpassat för de grundläggande behoven. Integreringen mellan karthantering och olika bildbehandlings- och analysfunktioner fungerar väl. En av de värdefullaste funktionerna är möjligheten att enkelt producera storskaliga arbetsskisser med bildbotten i färg som underlag för arbetet i fält. Man upplever inget större behov av att kunna ta med datorn ut i fält, däremot vore det värdefullt att i efterskott kunna presentera en GPS-registrerad gångväg på kartan som stöd för avgränsning av åtgärdsenheter.

De största nackdelarna med SKOGIS är att programvaran är otymplig att installera och anpassa eftersom den är DOS-baserad. Vidare så bygger kartmodulen på en speciell datamodell med både linjer och ytor representerade i raster vilket försvårar integreringen med vektorbaserade GIS-applikationer.

SCA har under projektets gång på eget initiativ och bekostnad utökat studieområdet till att omfatta hela Vindelns arbetsledardistrikt. Man genomförde även en mer omfattande systemanpassning och vidareutbildning i egen regi för operationellt bruk.

## 2.4 Demonstration av IRS-1C satellitbilder

### 2.4.1 Bakgrund

En återkommande frågeställningen vid kontakter med skogsföretag har varit i vilken mån som IRS-1C bilddata var användbara för skogliga ändamål. Därför togs ett demonstrationsdataset fram över Lyckseleområdet i Västerbotten i samarbete med den Svenska agenturen för IRS-1C data i Sverige: OM&M AB.

### 2.4.2 Dataset och bearbetning

En multispektral kvartsscen och en pankromatisk subscen registrerad 1996-08-08 tillhandahölls av OM&M AB (tabell 5). Satellitdata levererades på CD-ROM format direkt ifrån GAF i Tyskland som innehar rättigheterna för nedtagning och distribution i Europa. Leveranstiden var endast 5 dagar netto från beställning. I ett första steg rektifierades scenerna till kartans koordinatsystem. En precisionskorrigerad Landsat-TM scen utnyttjades för att identifiera kontrollpunkter.

Tabell 5. Tekniska data för använda IRS-1C satellitscener.

Sensor	PAN	LISS-III			
Scen-ID (Date path/row:segment)	1996-08-08 025/02020:c3	1996-08-08 025/02000:3			
Produkt typ	1/9-dels "subscene" (23 x 23 km), systemkorrigerad	Kvadrant (70x70 km), systemkorrigerad			
Band	PAN	1	2	3	4
Våglängdsområde (um)	Pankromatiskt (grönt – rött) 0.50 – 0.75	Grönt 0.52 – 0.59	Rött 0.62 – 0.68	När-infrarött 0.77 – 0.86	Mellan-infrarött 1.55 – 1.70
Geometrisk upplösning (IFOV meter)	5.8	23			70
Samplig intervall i standard produkter (pixelstorlek i meter)	5	25			70

Det mellan-infraröda bandet rektifierades separat ifrån de övriga multispektrala banden eftersom det registreras av en separat detektorenhet i sensorn. Två olika metoder användes för att kombinera det pankromatiska och de multispektrala banden till en sensorkomposit. Dels användes en metod som tillhandahålls i de flesta bildbehandlingssystem nämligen den så kallade IHS-metoden (Intensity, Hue, Saturation). Den innebär att tre multispektrala band transformeras till IHS representation varefter intensitetskomponenten byts ut mot det pankromatiska bandet och data transformeras tillbaks till RGB. Den andra metoden som användes var kvotmetoden som beskrivits tidigare i samband med MoDo-Novgorod projektet. Kvotmetoden utökades dock med ett extra steg för att bibehålla mellan-IR bandets särdrag i största möjliga mån. I ett första steg ökades upplösningen från 70 till 25 meter med hjälp av det gröna bandet. Motivet var att det gröna bandet visade större överensstämmelse med mellan-IR bandet än det pankromatiska. Det pankromatiska bandet användes i ett andra steg för omvandlingen från 25 till 5 meters pixelstorlek för alla fyra multispektrala band. Exempel på olika typer av IRS-1C bilddata visas i figurbilagan (figur 2a–2d).

### 2.4.3 Utvärdering

IRS-1C bilderna jämfördes visuellt med SPOT-P och Landsat-TM bilder ifrån samma område. IRS-1C PAN:s högre geometriska upplösning märks tydligast i bebyggelse där

vägnätet och byggnader framträder skarpare. Även distinkta beståndsgränser (till exempel hyggeskanter) syns tydligare. Eftersom IRS-1C sensorerna endast kvantifierar radiansten i 64 (PAN) respektive 128 steg (LISS-III) jämfört med SPOT-satellitens 256 nivåer är gråtonsinformationen för mörka objekt sämre. Variationen inom slutna barrskog och vatten kvantifieras av PAN-sensorn i stort sett med tre respektive två digitalnivåer. Detta innebär i sin tur att IRS-1C data sannolikt är mindre lämpat för skattning av virkesförråd än SPOT. De multispektrala banden IRS1C-LISS 1-3 är mycket lika både SPOT-XS 1-3 och Landsat-TM 2-4. Det mellan-infraröda har dock avsevärt lägre geometrisk upplösning (70 meter) än Landsat-TM band 5 vilket reducerar användbarheten. Landsat-TM band 5 är annars det våglängdsband som visat sig vara bäst för skattning av virkesförråd. En fördel med IRS-1C är att satelliten förprogrammerats för Sverige så att PAN scener alltid samregistreras med multispektrala scener i nära-lod vinkel. Därigenom underlättas framställningen av sensorkomposit avsevärt.

IHS-metoden resulterade i en till synes detaljrik komposit med avsevärt förvrängd färgbalans i motsats till kvotmetoden som bevarade färgbalansen exakt men saknar något av IHS-kompositens detaljupplösning. Den stora skillnaden i geometrisk upplösning mellan det pankromatiska och de multispektrala banden (> 1:4) gör att kvot-kompositen ser något märklig ut i stark förstoring eftersom gråtonsvariationen inom de ursprungliga 25-meters pixlarna inte motsvaras av någon logisk variation i färgnyanserna.

Resultatet i form av ett dataset på CD-ROM har distribuerats till SCA och AssiDomän:s skogsförvaltningar i Lycksele, Skogsvårdstyrelserna i Norrbotten och Västerbotten samt till Skogsstyrelsen i Jönköping. Kommentarer har varit överlag positiva. Det är fram för allt den goda detaljupplösningen i PAN-bandet som uppskattas och IRS-1C ses som ett gott alternativ eller komplement till både SPOT och Landsat-TM data. PAN-sensors sämre dynamik är ännu så länge inget nämnvärt bekymmer eftersom det primära användningsområdet är visuell tolkning.

### **3. Diskussion**

Som ett direkt resultat av projektet används satellitbilder numera operationellt vid MoDo:s skogsbruksverksamhet i Ryssland och vid SCA:s pilotdistrikt i Vindeln. Både MoDo och SCA är positiva till att gå vidare med försök att utnyttja satellitbilder för löpande ajourhållning av förändringar samt som kompletterande underlag vid avverkningsplanering. Den fortsatta utvecklingen är dock helt beroende av att anpassad GIS-teknik introduceras på förvaltnings- och distriktsnivå.

Den nya modellen för satellitbildsförsörjning anpassad till skogsbolagens behov har varit utgångspunkt för de diskussioner som ledde fram till ett avtal mellan AssiDomän i Lycksele och Satellitbild AB om heltäckande satellitbildsdata för AssiDomän:s skogsinnehav i Västerbotten. Modellen kan även vara aktuell för AssiDomän:s skogsförvaltning i Östersund (omfattar Jämtlands och Västernorrlands län) som sedan tidigare använder satellitbilder operationellt (anskaffades under 1992-94). Även SCA och MoDo har uttalat intresse för en gemensam löpande bilddataanskaffning enligt någon form av omdrevsmodell då företagets skogsinnehav till stora delar ligger inom samma geografiska område.

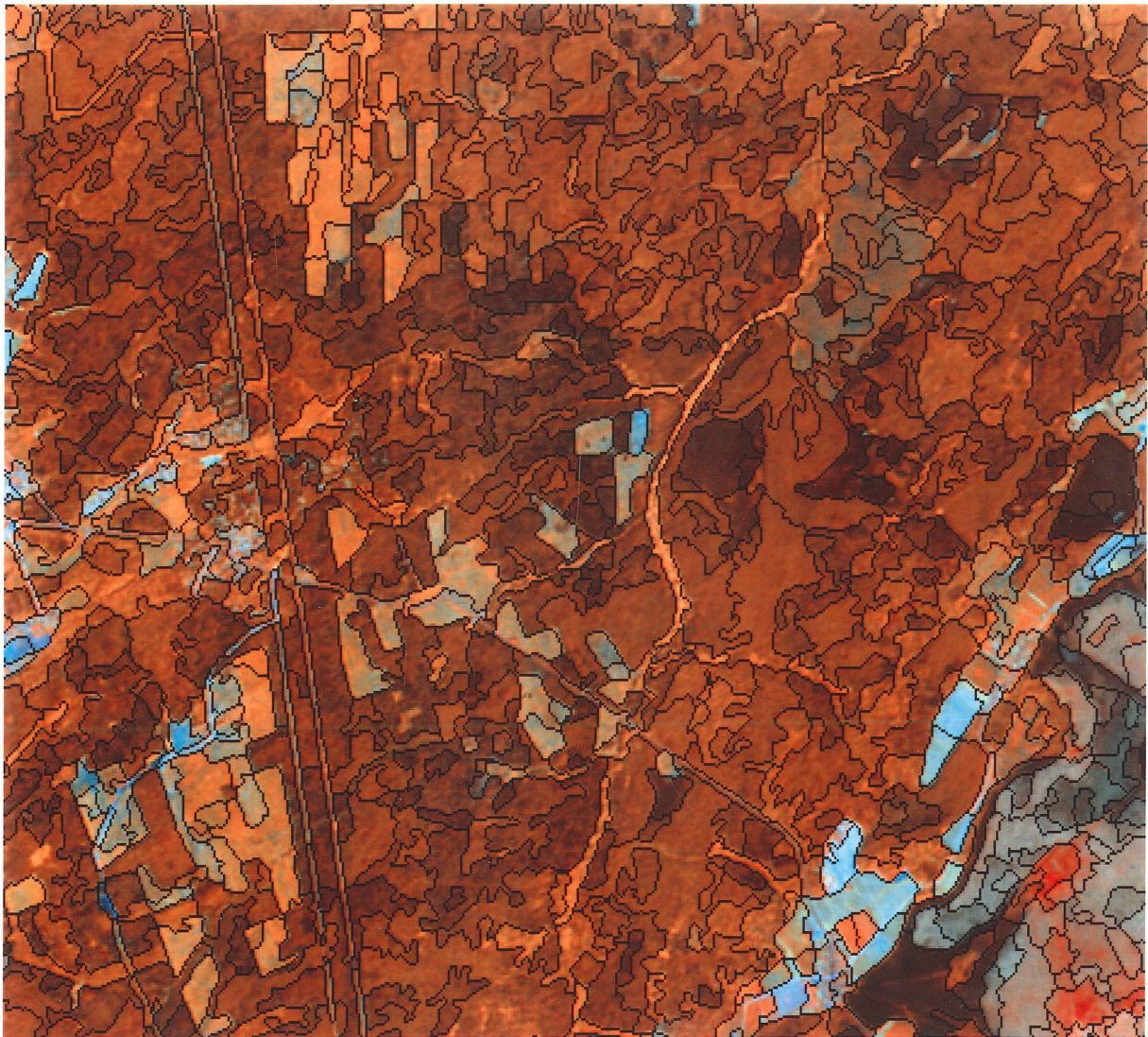
IRS-1C satellitbilder har bearbetats som jämförelse med SPOT och Landsat-TM data. Av förfrågningar till följd av delprojektet tycks intresset för IRS-1C satellitbilder vara mycket

stort, Den högre detaljupplösningen i kombination med relativt stora scener gör IRS-1C till ett mycket intressant alternativ och komplement till flygbilder.

Utvecklingen av kommersiella GIS-programvaror har medfört att digitala bilder numera enkelt kan visas som bakgrund till kartdata. Användningen av satellitbilder kommer därför sannolikt att öka i takt med att skogligt anpassade GIS-tillämpningar introduceras, till exempel Skogsvårdsorganisationens IT-satsning. Bilddata kommer i första hand att nyttjas som allmän bakgrundsinformation till övriga kartdata samt för att ajourhålla förändringar. Möjligheterna att bearbeta och analysera bilddata är dock fortfarande ytterst begränsade i den första systemgenerationen. För att till fullo utnyttja satellitbildernas potential krävs utveckling av nya verktyg som om möjligt kan integreras i redan befintliga system.



Bilaga 1. Figurer



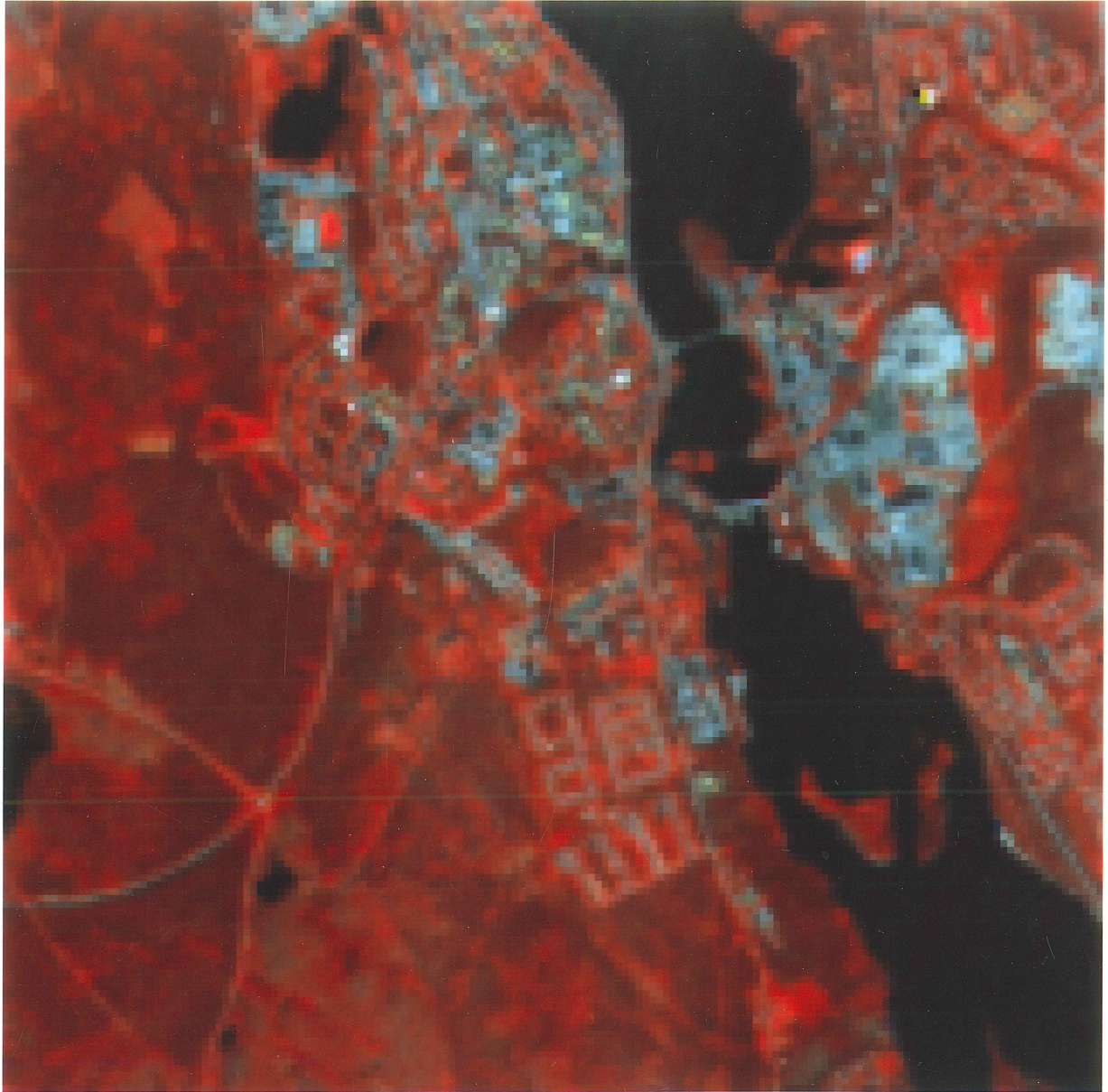
Figur 1 Segmentering (SKOGIS t-kvot segmentering) av skogsbestånd. Avfattningen baseras på SPOT-PAN och Landsat-TM band 4,5,7. Bakgrundsbilden utgörs av Landsat-TM 4,5,7 (RGB)



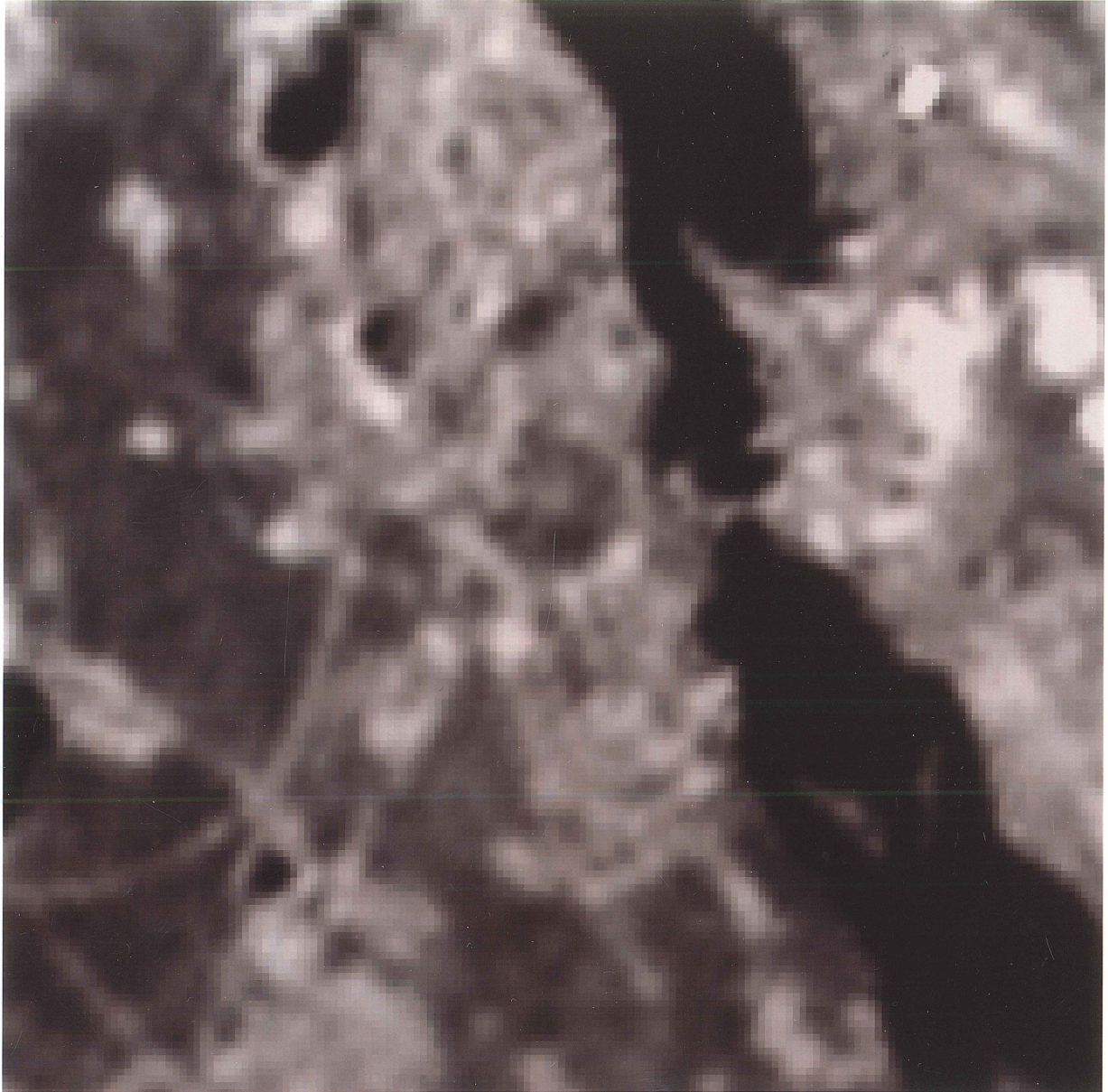


Figur 2a. IRS-1C PAN över Lycksele. Pixelstorlek: 5 meter.



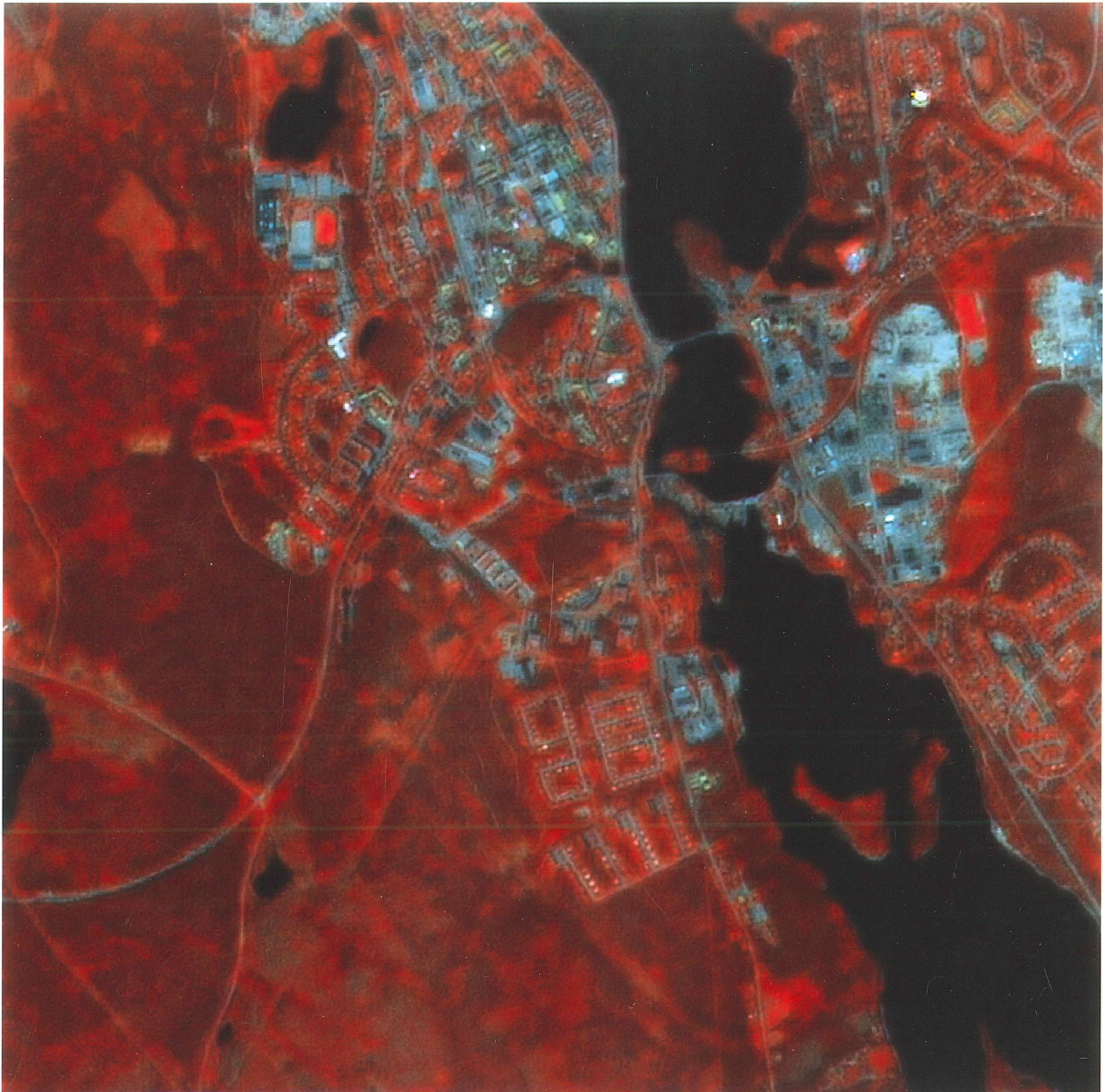


Figur 2b. IR-färg kombination av IRS-1C band 1-3 grönt, rött, när-infrarött. Pixelstorlek: 25 meter



Figur 2c. IRS-1C band 4 (mellan-infrarött) med 70 meters pixelstorlek.





Figur 2d. IRS-1C komposit mellan PAN och multispektrala banden 1-3 (grönt , rött, när-infrarött). Pixelstorlek: 5 meter.

Serien Arbetsrapporter utges i första hand för institutionens eget behov av viss dokumentation.

Författarna svarar själva för rapporternas vetenskapliga innehåll.

---

- 1995 1 Kempe, G. Hjälpmedel för bestämning av slutenhet i plant- och ungskog. ISRN SLU-SRG-AR--1--SE
- 2 Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen vid regional miljöövervakning. - metoder för att förbättra upplösningen vid inventering i skogliga avrinningsområden. ISRN SLU-SRG-AR--2--SE.
- 3 Holmgren, P. & Thuresson, T. Skoglig planering på amerikanska västkusten - intryck från en studieresa till Oregon, Washington och British Columbia 1-14 augusti 1995. ISRN SLU-SRG-AR--3--SE.
- 4 Ståhl, G. The Transect Relascope - An Instrument for the Quantification of Coarse Woody Debris. ISRN SLU-SRG-AR--4--SE.
- 5 Törnquist, K. Ekologisk landskapsplanering i svenskt skogsbruk - hur började det?. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--5--SE.
- 1996 6 Persson, S. & Segner, U. Aspekter kring datakvaliténs betydelse för den kortsiktiga planeringen. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--6--SE.
- 7 Henriksson, L. The thinning quotient - a relevant description of a thinning? Gallringskvot - en tillförlitlig beskrivning av en gallring? Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--7--SE.
- 8 Ranvald, C. Sortimentinriktad avverkning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--8--SE.
- 9 Olofsson, C. Mångbruk i ett landskapsperspektiv - En fallstudie på MoDo Skog AB, Örnköldsviks förvaltning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--9--SE.
- 10 Andersson, H. Taper curve functions and quality estimation for Common Oak (*Quercus Robur L.*) in Sweden. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--10--SE.
- 11 Djurberg, H. Den skogliga informationens roll i ett kundanpassat virkesflöde. - En bakgrundsstudie samt simulering av inventeringsmetoders inverkan på noggrannhet i leveransprognoser till sågverk. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--11--SE.
- 12 Bredberg, J. Skattning av ålder och andra beståndsvariabler - en fallstudie baserad på MoDo:s indelningsrutiner. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--12--SE.

- 13 Gunnarsson, F. On the potential of Kriging for forest management planning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--13--SE.
- 14 Holm, S. & Thuresson, T. samt jägm.studenter kurs 92/96. En analys av skogstillståndet samt några alternativa avverkningsberäkningar för en del av Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--14--SE.
- 15 van Kerkvoorde, M. A sequential approach in mathematical programming to include spatial aspects of biodiversity in long range forest management planning. ISRN SLU-SRG-AR--15--SE.
- 16 Tormalm, K. Implementering av FSC-certifiering av mindre enskilda markägares skogsbruk. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--16--SE.
- 1997 17 Engberg, M. Naturvärden i skog lämnad vid slutavverkning. - En inventering av upp till 35 år gamla föryngringsytor på Sundsvalls arbetsomsåde, SCA. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN-SRG-AR--17--SE.
- 18 Christoffersson, P & Jonsson, P. Avdelningsfri inventering - tillvägagångssätt och tidsåtgång. ISRN SLU-SRG-AR--18--SE.
- 19 Ståhl, G., Ringvall, A. & Lämås, T. Guided transect sampling - An outline of the principle. ISRN SLU-SRG-AR--19--SE.
- 20 Cedervind, J. GPS under krontak i skog. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--20--SE.
- 21 Holm, S. & Thuresson, T. samt jägm.studenter kurs 93/97. En analys av skogstillståndet samt några alternativa avverkningsberäkningar för en stor del av Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--21--SE.
- 22 Ali, Abdul Aziz. Describing Tree Size Diversity. ISRN SLU-SRG-AR--22--SE.
23. Lundström, A., Nilsson, P. & Ståhl, G. Certifieringens konsekvenser för möjliga uttag av industri- och energived. - En pilotstudie. ISRN SLU-SRG-AR--23--SE.
24. Fridman, J. & Walheim, M. Död ved i Sverige. - Statistik från Riksskogstaxeringen. ISRN SLU-SRG-AR--24--SE.
- 25 Lämås, T. & Ståhl, G. Skattning av tillstånd och förändringar genom inventerings simulering - En handledning till programpaketet "NVSIM". ISRN SLU-SRG-AR--25--SE
- 26 Lämås, T. & Ståhl, G. Om dektektering av förändringar av populationer i begränsade områden. ISRN SLU-SRG-AR--26--SE

- 27 Karlsson, A. En studie av tre inventeringsmetoder i slutavverkningsbestånd. ISRN SLU-SRG-AR--27--SE.
28. Hagner, O. Satellitfjärranalys för skogsföretag. ISRN SLU-SRG-AR--28--SE.