



# **Satellitbildsanalys av gremmeniellaskador med skogsvårdsorganisationens system**

**Mona Wallin**

**Arbetsrapport 102 2004**

---

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET  
Institutionen för skoglig resurshushållning  
och geomatik  
S-901 83 UMEÅ  
Tfn: 090-786 86 34

Fax: 090-77 81 16

ISSN 1401-1204  
ISRN SLU-SRG--AR--102--SE

## Förord

Arbetet har utförts som ett 20 poängs examensarbete inom ramen för Skogsvetarutbildningen vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) under våren 2002. Arbetet är utfört vid Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik där professor Håkan Olsson varit handledare och Mats Högström biträdande handledare. Studien har utförts på uppdrag av Skogsvårdsstyrelsen (Dalarna - Gävleborg). Handledare vid Skogsvårdsstyrelsen har varit GIS-ansvarig Agneta Jonsson. Skogsvårdsstyrelsen, liksom forskningsprogrammet RESE, har också bidragit ekonomiskt till studien.

Jag vill tacka mina handledare Håkan Olsson, Mats Högström och Agneta Jonsson som har hjälpt mig att styra upp arbetet och varit bollplank för mina funderingar. Tack också till Thomas Jonsson på Skogsvårdsstyrelsen Dalarna - Gävleborg som såg till att jag kunde genomföra arbetet hos dem.

En stjärna i himlen till Olle Hagner vid Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik som sträckte ut inte bara en hjälpande hand när mina analyser skulle göras. Tack även till Steve Joyce för hans synpunkter och hjälp. Jag vill särskilt varmt tacka min pojkvän Per Erik Eriksson för hans stöd och omtanke och min familj Maud, Kjell och Marie Wallin som under mina fyra år vid utbildningen alltid funnits till hands och, under stunder jag själv inte förmått, tveklöst trott på mig.

Hudiksvall den 14 oktober 2002.

Mona Wallin.

## Sammanfattning

Med anledning av gremmeniellasvampens (*gremmeniella abietina*) utbredning i våra skogar i dag och konsekvenserna det för med sig, vill skogsvårdsorganisationen så snart som möjligt få fram en metod för att lokalisera angreppen och bedöma omfattningen av skadorna. I denna uppsats har jag därför undersökt vilka våglängdsband som är mest lämpade för att lokalisera gremmeniellan och vilka som är mest lämpade för att skilja skadorna från gallringar och utifrån det ge rekommendationer till skogsvårdsstyrelsen för deras fortsatta arbete.

Resultaten blev att våglängdsband 3, 5 eller 7 från Landsat satellitens TM sensor är de band som ger bäst resultat för att skilja ut bestånd där förändring har skett från bestånd som visar sig vara oförändrade. Enforma använder skillnadsbilder från enstaka våglängdsband. En kombination av två eller flera våglängdsband, samt inkludering av data från ursprungsbilden skulle höja noggrannheten i den statistiska analysen något. I denna undersökning erhöles bäst resultat då det mellaninfraröda bandet (TM 5) och det nära infraröda bandet (TM 4) från såväl den tidiga ursprungsbilden som skillnadsbilden kombinerades. Man kan dock konstatera att det är svårt att skilja mellan skadade och gallrade bestånd i alla våglängdsband även om man kan ana en viss separerbarhet i band 3, 5 eller 7. Studiens resultat ska tolkas mot bakgrund av att det varit svårt att få fram beståndsdata som hade noggranna uppgifter om skadegrad, samt om hur stor del av bestånden som var skadade.

## Abstract

Due to the spreading of the fungus *gremmeniella* (*Gremmeniella Abietina*) in our forests today and the consequences it brings, the Swedish forest authorities are eager to find a method for locating the attacked areas and for estimating the extent of the damages. In this MSc thesis, I have tried to identify which wavelengths that are of importance when looking for damages of the *gremmeniella* and which are of importance when trying to separate thinned areas from areas that are damaged, and from my results give the forestry board some recommendations for their further work.

The recommendations based on this work is that difference images from Landsat TM bands 3, 5 or 7 are the best single band images, both for finding the damages and for separating them from the thinning cuttings. It was difficult to separate damages from thinnings, even if one may see a slightly difference in band 3, 5 and 7. The current Enforma program uses thresholding in single band imagery. A statistical analysis based on several bands, and including one of the original images, will improve the results slightly. In this study, the best results were obtained by using a combination of TM 4 and TM 5 from the early original image and the difference image. A difficulty with this study was the limited availability of stand data showing the degree of damage and the extent of the damaged areas in the respective stands.

# Innehållsförteckning

<b>FÖRORD .....</b>	<b>1</b>
<b>SAMMANFATTNING .....</b>	<b>3</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>3</b>
<b>INNEHÅLLSFÖRTECKNING .....</b>	<b>4</b>
<b>1. INLEDNING.....</b>	<b>5</b>
1.1 BAKGRUND.....	5
1.2 SYFTE.....	6
1.3 TIDIGARE STUDIER.....	6
<b>2. MATERIAL OCH METOD.....</b>	<b>7</b>
2.1 BESTÅNDSDATA .....	7
2.2 SATELLITBILDER .....	7
2.3 DATAPROGRAM OCH ANALYSMETODER.....	8
2.4 KORRELATION OCH SPRIDNING AV BESTÅND.....	9
<b>3. RESULTAT .....</b>	<b>10</b>
3.1 KORRELATION, MEDELVÄRDEN OCH STANDARDAVVIKELSER.....	10
3.2 BANDVIS KOMBINATION AV SKILLNADSBILD OCH URSPRUNGSBILDEN .....	12
3.3 KOMBINATION AV VÅGLÄNGDSBAND FRÅN SKILLNADSBILDEN.....	13
3.4 SEPARERBARHET MELLAN SKADADE OCH OSKADEDE BESTÅND, MED ENBART SKILLNADSBILDER, UTRÄKNAD MED LINJÄR KORSVALIDERAD DISKRIMINANTANALYS .....	14
3.5 SEPARERBARHET MELLAN SKADADE OCH GALLRADE BESTÅND, MED ENBART SKILLNADSBILDER, UTRÄKNAD MED LINJÄR KORSVALIDERAD DISKRIMINANTANALYS .....	14
3.6 SEPARERBARHET MELLAN SKADADE, OSKADEDE OCH GALLRADE BESTÅND, I ENBART SKILLNADSBILDER, UTRÄKNAD MED KVADRATISK KORSVALIDERAD DISKRIMINANTANALYS .....	15
3.7 SEPARERBARHET MELLAN SKADAT, OSKADEDE OCH GALLRAT, MED EN KOMBINATION AV TIDIG URSPRUNGSBILD OCH SKILLNADSBILD, UTRÄKNAD MED KVADRATISK KORSVALIDERAD DISKRIMINANTANALYS .....	15
<b>4. DISKUSSION .....</b>	<b>17</b>
4.1 SAMMANFATTNING AV RESULTAT.....	17
4.2 FELKÄLLOR.....	17
4.3 BEHOV AV YTTERLIGARE STUDIER.....	17
<b>5. REKOMMENDATIONER.....</b>	<b>18</b>
<b>REFERENSER.....</b>	<b>19</b>

# 1. Inledning

## 1.1 Bakgrund

Gremmeniella (*Gremmeniella abietina*) är en svamp som drabbar framför allt tall som plantor eller träd i 20-40 års ålder, men även gran och contorta, oftast som unga träd.

Gremmeniella svampens sporer sprids vid hög luftfuktighet, normalt vid regniga och fuktiga dagar under juli-augusti månad. Infektionen i trädet gynnas i temperaturer mellan -5 till +5°C eftersom det är den temperaturzon då barrträden ofta är i viloläge och därför inte har möjlighet att försvara sig. Ett år efter infektion bildas sporbildande fruktkroppar som är små och svarta ca 0,5 mm eller brunsvarta och skålformade och ca 1-1,5 mm i diameter.

Angreppen börjar med att sporer sprids till unga årsskott på sommaren, de skadade skotten dör först följande försommar. Infektionen börjar i innerbarken i fjolårsskotten och dödar därigenom barr och blivande årsskott. Angreppen sker på döda knoppar, död bark eller på själva ärren efter fällda barr och på basala delar av barr som sitter kvar. Värst drabbade är över Slutna bestånd och bestånd med upphissade kronor. Proveniensen spelar stor roll för trädens motståndskraft, ofta visar sydliga provenienser sämre och nordliga bättre motståndskraft än lokala provenienser. I ett sekundärt stadie kan mörghoppor och tallvivlar förvärra skadorna på skogen eftersom gremmeniellaangripna tallar redan har nedsatt vitalitet och inte orkar försvara sig mot ytterligare angrepp. Andra svampangrepp som gremmeniellan kan förväxlas med är tallskytte och gråbarrsjukan. ([www.svo.se](http://www.svo.se))

Under försommaren 2001 konstaterades att landets tallskogar drabbades av en svår svampepidemi av tallens knopp- och grentorka, gremmeniellan. Skadornas omfattning uppskattades av riksskogstaxeringen och skogsskadeinventeringen till ca 330 000 ha (<http://www.resgeom.slu.se>) med så svåra skador att de bör föranleda någon form av aktivitet t ex skärpt kontroll av skadornas utveckling, bortgallring av svårt skadade träd eller avverkning av hela bestånd (Skogsstyrelsen 2001). De svåraste skadorna förekom i delar av Bergslagen, men även i östra Småland samt delar av Dalsland och norra Bohuslän förekommer betydande skador (Skogseko 2001).

Epidemier av såväl svamp som insekter kan orsaka stora ekonomiska skador för skogsbruket. Nuvärdesförlusterna av den nuvarande gremmeniellaepidemin har beräknats till ca.1,3 miljarder kronor. Det är därför viktigt att snabbt lokalisera och bedöma omfattningen så att åtgärder kan vidtas för att begränsa skadorna. Lokalisering av skadorna sker ofta med en kombination av helikopter- och markinventeringar. Resultatet av detta medför dock en viss osäkerhet i precision vad gäller täckning av relevant område, speciellt för privatskogsbruket. Det är därför angeläget att utveckla en mer rationell inventeringsmetodik både av ekonomiska skäl och för att förbättra beslutsunderlagets noggrannhet (muntl. M. Josefsson). Satellitbildsanalys är en möjlig metod för att uppskatta omfattning och intensitet av skadorna. Det är därför viktigt att metoden utvecklas och förbättras för att ha en bättre beredskap inför år 2003.

Skogsvårdsstyrelsen använder i dag programmet Enforma, främst för att göra uppföljningar av avverkningar. Programmet är utvecklat under ett EU-projekt och är till för att framställa skillnadsbilder mellan satellitbilder från olika tidpunkter. För generella GIS analyser använder skogsvårdsstyrelsen programsystemet Arcview från ESRI. Programvara från ESRI ligger även till grund för skogsvårdsstyrelsens egenutvecklade ärendehanteringssystem Kotten, som används för att lagra och analysera data bl.a. för att registrera avverkningsanmälningar och för att följa upp dessa mot bilddata.

## 1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att med hjälp av Enforma, Arcview och bilder från Landsat satellitens TM sensor undersöka möjligheten att identifiera gremmeniellaskador, samt möjligheten att skilja gremmeniellaskador från gallrade bestånd och bestånd som inte är angripna. En viktig del av arbetet är därvid att undersöka vilka våglängdsband och kombinationer av våglängdsband som bör rekommenderas för praktisk användning inom skogsvårdsorganisationen.

## 1.3 Tidigare studier

Tidigare studier har genomförts bl.a. på Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) av Håkan Olsson (Olsson, 1994). Han skrev 1989 ett mindre konferensbidrag om Gremmeniella skador, vilket sedan ingick i hans avhandling 1994. (Monitoring of local reflectance changes in boreal forests using satellite data.) Resultatet av denna studie var att gremmeniellaskadorna gav en ökad reflektans i alla band, utom NIR. Materialet var dock osäkert då endast två skadade bestånd fanns att tillgå och skadorna utvecklats under en rad av år.

Skogsvårdsstyrelsen i Dalarna - Gävleborg genomförde under sommaren 2001 i samarbete med StoraEnso Skog förändringsanalys av satellitbilder m.h.a. programmet Enforma. Analyser gjordes för det röda våglängdsbandet i skillnadsbilden och för alla våglängdsband i den sena ursprungliga bilden. Det finns ännu ingen skriftlig rapport, men resultatet visade att man med hjälp av ett dubbelsidigt t-test i den här undersökningen inte kunde skilja särskilt bra på oskadade och skadade bestånd. Man kunde dock rent visuellt, i skillnadsbilden, se vissa skillnader (muntl. Jonsson A.). En brist i undersökningen kan vara att man använde få bestånd. Gallringar undersöktes inte i detta försök.

I juli 2001 gjorde Pär Nyman (Nyman 2001) på Skogsvårdsstyrelsen i Värmland - Örebro en förstudie som visar att Gremmeniellaangrepp kan upptäckas med förändringsbilder som gjorts m.h.a. Enforma. Rapporten visar, förutom att det är möjligt att upptäcka gremmeniellaskador m.h.a. förändringsbilder, även på behovet av förbättringar av analyser och tolkningar av skadornas omfattningar. Den visar också att områden som hade inblandning av gran och/eller löv eller var mindre skadade, visade mindre förändring. I Pär Nymans undersökning 2001 användes SPOT 4 HRVIR multispektrala satellitscener från 1999 och 2001 med pixelstorleken 20x20 meter. Registreringar görs med denna sensor i fyra våglängdsband. Det mellaninfraröda våglängdsbandet anses i Nymans rapport vara mest lämpat för förändringsanalys. Detta var dock en mycket begränsad undersökning både tidsmässigt materialmässigt och vidare undersökningar och analyser av data från SPOT kan vara intressant. Det är också av intresse att utveckla metodiken och undersöka hur satellitdata från Landsat TM bäst kan nyttjas. TM sensorn har sju våglängdsband varav ett är blått och två är mellan infraröda (TM 5 och TM 7); upplösningen är dock något lägre (30 meter) och geometrin är sämre.

Under hösten 2001 gjordes ett mindre försök, med ca sex bestånd, på Metria Miljöanalys i Stockholm av Erik Willén och Mats Rosengren (muntl. Willén E.). Det gjordes som ett led i "User implementation" projektet i forskningsprogrammet RESE tillsammans med Holmen Skog. Även här kunde man komma fram till att gremmeniellaskador kan upptäckas med skillnadsbilder. Någon skriftlig rapport föreligger för närvarande inte.

## 2. Material och metod

### 2.1 Beståndsdata

Som studieområde har Svabensverk i sydvästra Hälsingland, som ligger under Falu bevakningsområde inom StoraEnso, använts.

- StoraEnsos digitalt lagrade beståndsindelning har använts för att avgränsa och sortera ut 28 skadade, 20 oskadade och 13 gallrade bestånd till analysen. Ingen avgränsning har gjorts med hänsyn till att kanske endast delar av beståndet är skadat.
- Skogliga beskrivningar från StoraEnsos beståndsregister har använts. Där har det kunnat utläsas vilka bestånd som är skadade, oskadade och gallrade. Även uppgifter om ålder, trädslagsblandning, och utförda/planerade åtgärder har använts. Det fanns dock ingen information om skadegrad hos de enskilda bestånden.
- En skillnad i åldersfördelningen inom de tre kategorierna kan kanske påverka resultatet. Dock har jag försökt att samla bestånden i en ålder mellan 40-50 år. I kategorin oskadade ligger åldersfördelningen mellan 17 till 107 år, 13 av 23 bestånd har dock en fördelning mellan 37 till 49 år. I kategorin skadade ligger alla bestånd mellan 40 till 50 år, och i kategorin gallrade är fördelningen för alla bestånd mellan 27 till 122 år, här ligger 12 av 16 stycken mellan 35 till 52 år, vilket kanske kan räknas som ungefär lika åldersfördelning.

### 2.2 Satellitbilder

I försöket har två Landsat ETM+ scener använts, båda scenerna är från WRS ruta 195/17, och är registrerade den 27 juli 2000 respektive den 15 augusti 2001. Satellitbilderna var ortokorrigerade till Rikets Nät, med pixelstorleken 25 \* 25 m. I studien har de sex band i Landsat som mäter reflekterad strålning använts (Tabell 1).

*Tabell 1: Band och registrerad färg för de sex band från sensorn ETM+ som har använts i undersökningen.*

Band i Landsat ETM+	Färg
TM 1	Blå
TM 2	Grön
TM 3	Röd
TM 4	Nära infraröd
TM 5	Mellan infraröd ( 1,55 – 1,75 $\mu$ m )
TM 7	Mellan infraröd ( 2,08 – 2,35 $\mu$ m )

Även ett Termiskt infrarött våglängdsband (TM 6) finns men det har inte använts i denna undersökning då de fysikaliska förutsättningarna (t.ex. temperaturvariationer under dygnet eller regn strax innan en av bilderna) för att göra skillnadsbilder skiljer sig i detta band från de ovan nämnda och det blir svårt att göra likvärdiga jämförelser.

## 2.3 Dataprogram och analysmetoder

För att kunna analysera data med avseende att undersöka separerbarheten i olika våglängdsband av bestånd i tre olika kategorier (skadat, oskadat, gallrat), har tre olika dataprogram använts i tre olika steg.

- **Enforma** : Har använts för att i varje våglängdsband (Blå, Grön, Röd, NIR, MIR-5, MIR-7) skapa en skillnadsbild. Principen för en förändringsanalys är att två bilder över samma område men från olika tidpunkter jämförs. Den ena bildens pixelvärden räknas om och anpassas till den andra, så att de två bilderna får samma fördelning av pixelvärden över ett större område. En skillnadsbild får man genom att den tidiga bilden subtraheras från den sena bilden. Resultatet i Enforma blir en bild i en gråskala som är graderad från 0 till 255, där 128 representerar ett oförändrat tillstånd.

Värden lägre än 128 innebär att området i fråga blivit mörkare än skogsmarken i övrigt. I regel är orsaken till detta en förhållandevis stor ökning av skuggor i beståndet, genom tillväxt. Mörka områden är vanliga när ungskog sluter sig. En annan orsak kan vara etablering av ett fältskikt på mark som i den tidiga bilden var blottad mineraljord.

Värden högre än 128 innebär att området blivit ljusare. Ofta är orsaken att biomassan i beståndet har minskats på grund av avverkning eller skador. En annan tänkbar orsak är att mineraljorden har blottats.

- **Arcview**: Har använts för att räkna ut genomsnittliga pixelvärden, i varje bestånd, dels i en skillnadsbild från programmet Enforma, dels i den tidiga satellitbilden. Detta har gjorts för alla de sex ovan nämnda våglängdsbanden.
- **Minitab**: Detta statistikprogram har använts för att med både linjär, kvadratisk och korsvaliderad diskriminantanalys räkna ut hur separerbara de tre kategorierna av bestånd (skadat, oskadat, gallrat) är i olika våglängdsband, samt kombinationer av våglängdsband. Först har separerbarheten räknats ut enbart för skillnadsbilden för att undersöka vilka enskilda våglängdsband som är bäst för förändringsanalys av gremmeniellaskador med Enforma. Dessutom har separerbarheten räknats ut för kombinationer av våglängdsband. För att undersöka betydelsen av att ta hänsyn till förhållandena mellan bestånden innan förändringen har skett så har även en kombination av skillnadsbilder och den tidiga ursprungsbilden undersökts

Analyserna i MINITAB har utförts i tre olika steg:

- I det första steget har beståndsmedelvärden från skillnadsbilden analyserats med linjär korsvaliderad diskriminantanalys för att se separerbarheten mellan dels skadade och oskadade bestånd och dels skadade och gallrade bestånd. Analysen har gjorts både för de enskilda våglängdsbanden och med en kombination av alla sex våglängdsbanden. Här är kategorierna skadade, oskadade och gallrade jämförda två och två.
- I det andra steget har beståndsmedelvärden från skillnadsbilden analyserats med kvadratisk korsvaliderad diskriminantanalys gjorts för att se separerbarheten mellan skadade, oskadade och gallrade bestånd i de enskilda våglängdsbanden och med en kombination av alla sex våglängdsbanden. Detta för att se vilket resultatet blir med kvadratisk diskriminantanalys (istället för en linjär) och en jämförelse av alla tre kategorier samtidigt.



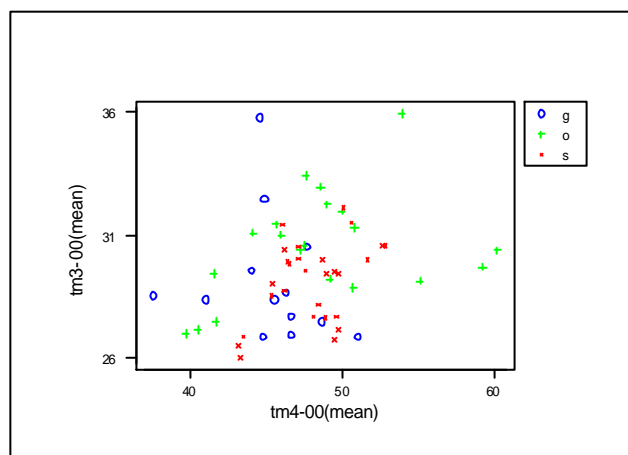
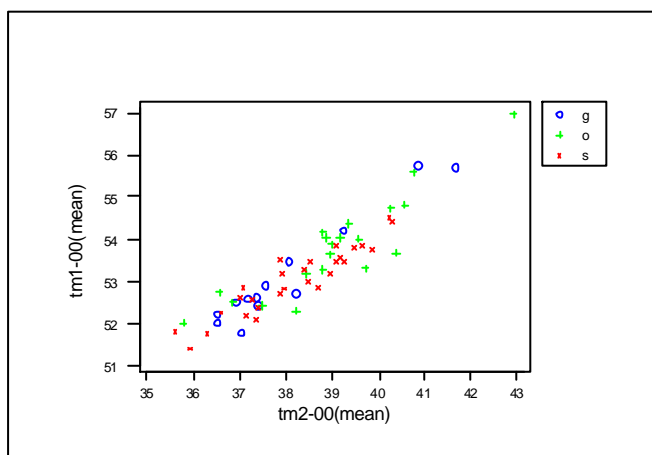
- I det tredje steget har en kvadratisk korsvaliderad diskriminantanalys gjorts för att se separerbarheten i speciellt utvalda kombinationer av våglängdsband. Kombinationerna i detta steg har valts för att motsvara våglängdsband i andra fjärranalyssystem. Här har även betydelsen av att ta med data från den tidiga ursprungliga bilden undersökts.

## 2.4 Korrelation och spridning av bestånd

Tabellen och figurerna nedan visar korrelationen mellan banden i den tidiga av de två satellitbilderna och spridningen av data i de olika banden. Tabellen visar att band 3 och 7 har hög korrelation. Även band 5 och 7 korrelerar starkt. I figuren 1-3 visas att spridningen av bestånden inom kategorierna är stor i alla band. Medan spridningen mellan kategorierna är mindre i vissa band.

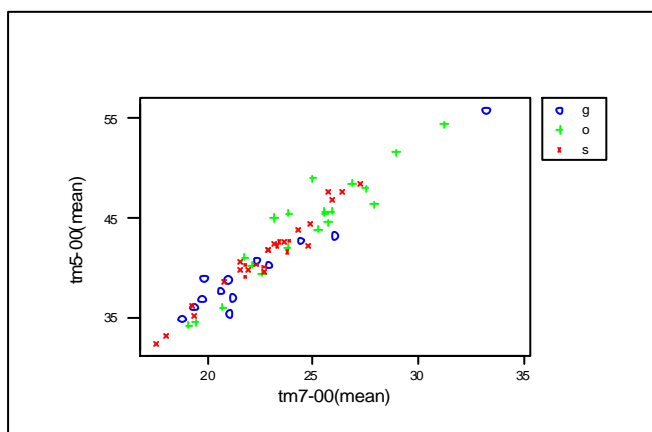
**Tabell 2.** Korrelationen mellan banden i den tidiga ursprungliga satellitbilden baserat på medelvärden av digitalnivåerna i varje bestånd.

Korrelation	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5
TM2	92,9				
TM3	94,7	94,0			
TM4	28,6	50,9	27,4		
TM5	83,3	91,9	90,2	56,0	
TM7	91,2	92,8	97,3	34,3	96,1



A)

B)



C)

### 3. Resultat

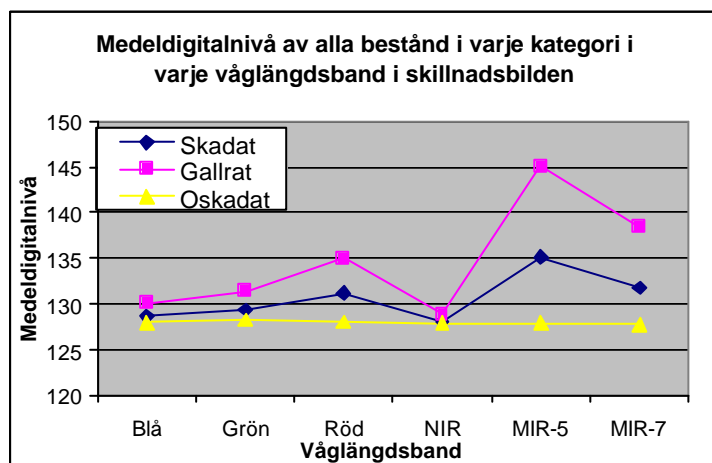
#### 3.1 Korrelation, medelvärden och standardavvikelser

I tabell 3 visas korrelationen mellan våglängdsbanden i skillnadsbilden. Den visar att det är hög korrelation mellan band 3, 5 och 7.

Tabell 3. Korrelationen mellan beståndsvisa medelvärden i olika våglängdsbanden i skillnadsbilden, (d TM).

Korrelation	d TM1	d TM 2	d TM 3	d TM 4	d TM 5
d TM 2	93,6				
d TM 3	94,0	94,3			
d TM 4	44,7	56,2	45,8		
d TM 5	93,5	95,1	97,7	56,3	
d TM 7	94,9	95,6	98,3	51,0	99,2

Nedan visas medelvärden och standardavvikelsen av digitalnivåerna (tabell 4) hos alla bestånd i varje kategori i förändringsbilden och ursprungsbilden, i varje våglängdsband. Kategorierna är 28 skadade (2 – 43 ha.), 20 oskadade (1 – 112 ha.) och 13 gallrade (1 – 45 ha.) bestånd. Medelvärdet för skadade och gallrade bestånd är högst i det mellaninfraröda bandet (TM 5), (figur 4), även standardavvikelsen är störst för dessa två kategorier i det mellaninfraröda bandet (TM 5) (Tabell 5).



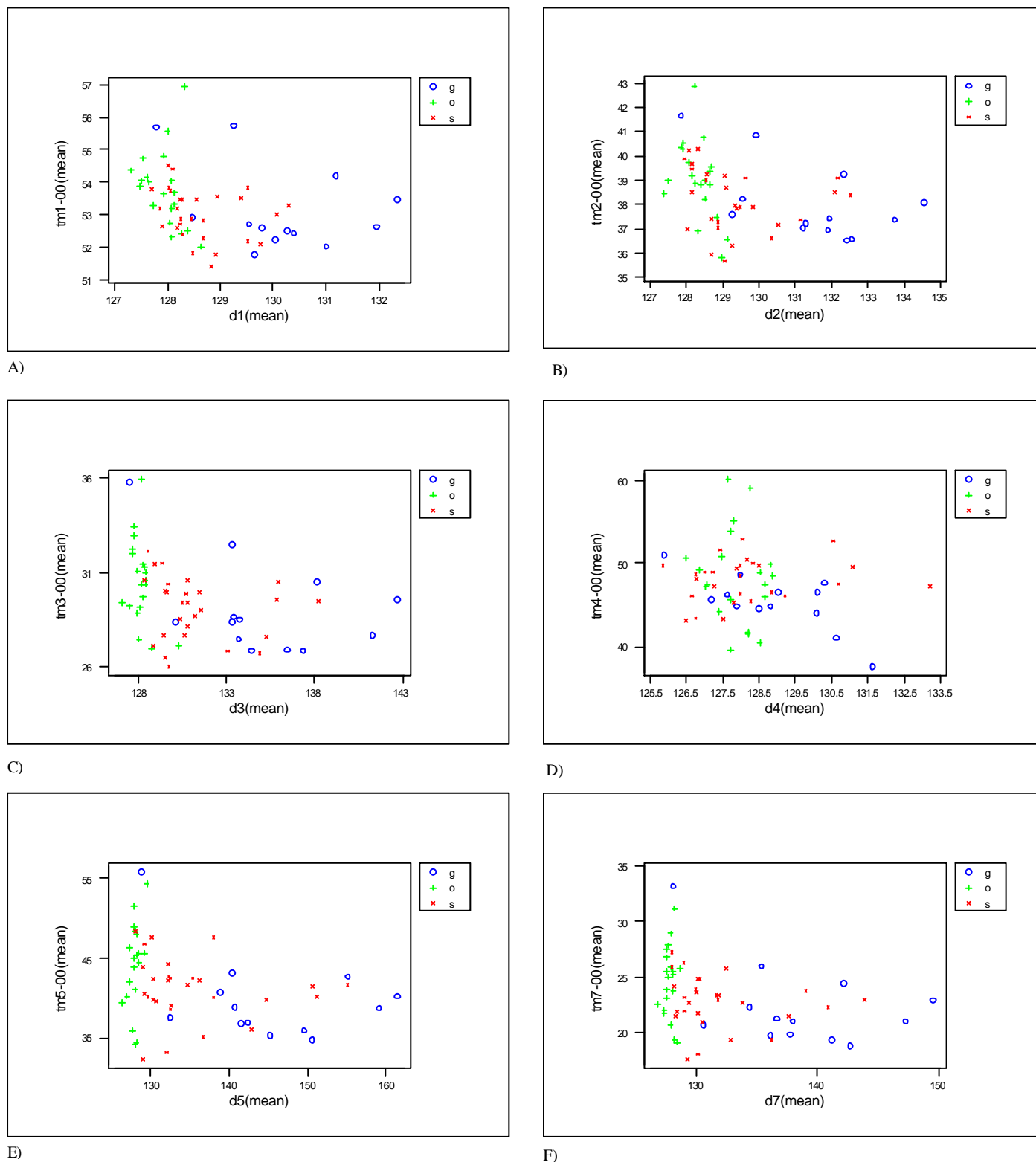
Figur 4. Medelvärden för digitalnivåerna i oskadade, skadade och oskadade bestånd i skillnadsbilden.

**Tabell 4.** Medlevärden och standardavvikelser för digitalnivåerna i både ursprungsbilden(TM) och skillnadsbilden (d TM). G=gallrat, O=oskadat, S=skadat.

<b>Våglängds- band</b>	<b>Kategori</b>	<b>Medel TM</b>	<b>Stdavv. TM</b>	<b>Medel d TM</b>	<b>Stdavv. d TM</b>
TM1	G	53,2	1,30	130,1	1,28
	O	53,8	1,19	128,0	0,34
	S	53,0	0,79	128,6	0,69
TM2	G	38,1	1,61	131,4	1,87
	O	39,0	1,61	128,3	0,46
	S	38,2	1,27	129,4	1,29
TM3	G	29,1	2,59	135,0	4,18
	O	32,5	2,21	128,1	0,63
	S	29,1	1,62	131,2	2,55
TM4	G	45,3	3,34	128,9	1,60
	O	48,4	5,67	127,9	0,70
	S	48,0	2,59	128,2	1,59
TM5	G	39,8	5,51	145,1	9,74
	O	44,0	5,38	127,9	0,69
	S	41,3	3,97	135,2	7,31
TM7	G	22,4	3,85	138,4	6,08
	O	24,6	3,14	127,8	0,43
	S	22,8	2,34	131,8	4,13

### 3.2 Bandvis kombination av skillnadsbild och ursprungsbilden

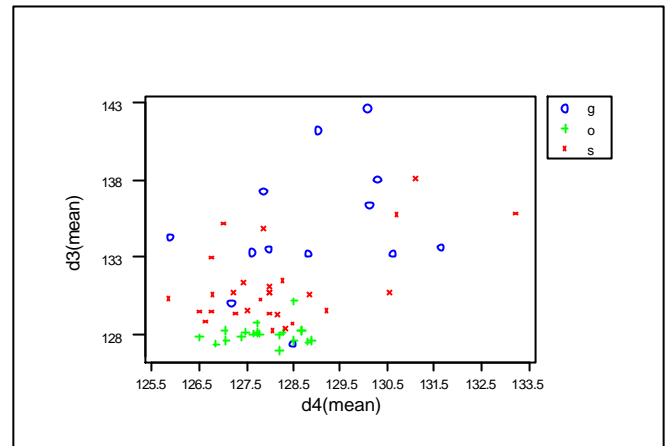
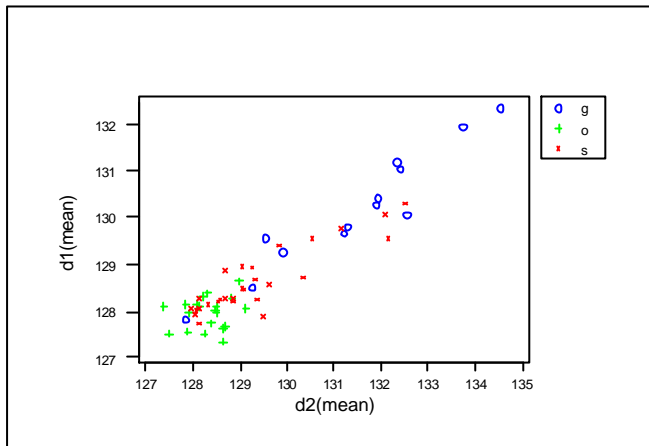
Vid en kombination av ursprungsbilden och skillnadsbilden, bandvis, kan man se att de oskadade bestånden skiljer sig lite från de förändrade bestånden. Tydligast är det i band 3, 5 och 7. Man ser också spridningen av bestånden både inom och mellan kategorierna om man kombinerar ursprungsbild och skillnadsbild bandvis.



**Figur 5.** Punktdiagram över fördelningen av bestånden i en bandvis kombination av skillnadsbild (d 1-7) och ursprungsbild (tm1-7). G=gallrat, O=oskadat, S=skadat.

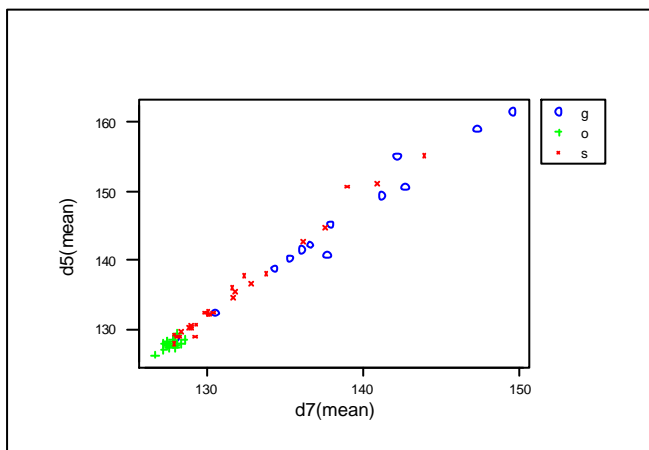
### 3.3 Kombination av våglängdsband från skillnadsbilden

Om man kombinerar två band från skillnadsbilden, visar det sig att en kombination av band 5 och 7 gör att de skadade bestånden visar ett annat mönster än de oskadade och gallrade bestånden. Det visar sig i den här undersökningen vara svårt att skilja på skadade och gallrade bestånd. Använder man en kombination av band 1 och 2 eller en kombination av band 5 och 7 från skillnadsbilden kan man kanske ana en viss separerbarhet. Även här ser man spridningen av bestånden både mellan och inom bestånden.



A)

B)



C)

**Figur 6.** Punktdiagram över fördelningen av bestånden vid en kombination av våglängdsband från skillnadsbilden

### 3.4 Separerbarhet mellan skadade och oskadade bestånd, med enbart skillnadsbilder, uträknad med linjär korsvaliderad diskriminantanalys.

Resultaten av den linjära korsvaliderade diskriminantanalysen (tabell 5) visar att det röda (band 3) och de mellaninfraröda banden, band 5 och 7 i en förändringsbild är bäst då man vill skilja på skadade och oskadade bestånd. En kombination av alla sex banden ökar inte andelen rätt klassade bestånd.

*Tabell 5. Andelen rätt klassade skadade och oskadade bestånd ( % ) efter linjär korsvaliderad diskriminantanalys i skillnadsbild.*

Skadat/ Oskadat	d TM 1	d TM 2	d TM 3	d TM 4	d TM 5	d TM 7	Andel rätt klassade bestånd ( % )
Ett band	X						64,6
		X					72,9
			X				77,1
				X			45,8
					X		79,2
						X	79,2
Sex band	X	X	X	X	X	X	79,2

### 3.5 Separerbarhet mellan skadade och gallrade bestånd, med enbart skillnadsbilder, uträknad med linjär korsvaliderad diskriminantanalys.

Även vid en jämförelse mellan *skadade och gallrade* bestånd är separerbarheten bäst i band 3, 5 och 7 där andelen rätt klassade bestånd blir ca 83 respektive 81 % (tabell 6). En kombination av alla sex banden visar att andelen rätt klassade bestånd endast blir 73 % (tabell 6).

*Tabell 6. Andelen rätt klassade skadade och gallrade bestånd ( % ) efter linjär korsvaliderad diskriminantanalys i skillnadsbild.*

Skadat/ Gallrat	d TM 1	d TM 2	d TM 3	d TM 4	d TM 5	d TM 7	Andel rätt klassade bestånd ( % )
Ett band	X						78,0
		X					78,0
			X				82,9
				X			70,7
					X		80,5
						X	80,5
Sex band	X	X	X	X	X	X	73,2

### 3.6 Separerbarhet mellan skadade, oskadade och gallrade bestånd, i enbart skillnadsbilder, uträknad med kvadratisk korsvaliderad diskriminantanalys.

Vid en kvadratisk korsvaliderad diskriminantanalys (tabell 7), då man jämför alla tre kategorier samtidigt, visar det mellaninfraröda bandet (band 7) högst andel rätt klassade bestånd (separerbarhet), på 74 %. Men även band 3 och 5 visar en andel rätt klassade bestånd på 72 respektive 71 %. En kombination av alla sex banden visar här en separerbarhet på 67 %, att jämföra med alla sex banden i den tidiga bilden som visar en separerbarhet på 46 %.

*Tabell 7. Andelen rätt klassade skadade, oskadade och gallrade bestånd ( %) efter kvadratisk korsvaliderad diskriminantanalys, i skillnadsbilder.*

Skadat/ Oskadat/ Gallrat	d TM 1	d TM 2	d TM 3	d TM 4	d TM 5	d TM 7	Andel rätt klassade bestånd ( % )
Ett band	X						60,7
		X					60,7
			X				72,1
				X			47,5
					X		70,5
						X	73,8
Sex band	X	X	X	X	X	X	67,2

### 3.7 Separerbarhet mellan Skadat, Oskadat och Gallrat, med en kombination av tidig ursprungsbild och skillnadsbild, uträknad med kvadratisk korsvaliderad diskriminantanalys.

Kombinationer har gjorts med viss hänsyn tagen till den våglängdsmässiga likheten med vissa bildkällor ex. bilder från SPOT 3 HRV och nära infraröda flygfoton som har våglängdsbanden grönt, rött och nära IR, samt SPOT 4 HRVIR som även har mellaninfrarött band som motsvarar TM 5. I analyserna för dessa kombinationer har jag också tagit med samma band från den tidiga ursprungsbilden för att sätta digitalnivåerna i förändringsbilden i relation till hur digitalnivåerna i bestånden var, i förhållande till varandra, före förändringen. Banden från den tidiga ursprungsbilden motsvarar de utvalda banden från skillnadsbilden. Undersökningen gjordes som en test för att se om separerbarheten förbättras om även ursprungsbilden tas med. Med detta inte sagt att dessa är de optimala kombinationerna, men det ger en fingervisning om vad som kanske bör beaktas i vidare analyser. Även i det här testet har alla kategorier separerats i ett steg istället för att jämföra dem två och två (tabell 8). Resultatet visar att det kan vara av betydelse att använda data från den tidiga ursprungsbilden. Av de, för den här undersökningen, utvalda kombinationerna visar en kombination av TM band 4 och 5 bäst separerbarhet på 69 %. Tar man sedan med data från den tidiga skillnadsbilden ger samma kombination en separerbarhet på 82 %. Medan vissa andra kombinationer inte visar någon skillnad.

Följande kombinationer har gjorts:

- **TM Band 1, 3, 4 och 7** (ett urval av Landsats våglängdsband)
- **TM Band 2-5** (Ett urval av våglängdsband som motsvarar SPOT 4 HRVIR)
- **TM Band 2-4** (Ett urval som motsvarar våglängdsband i SPOT 3 HRV, IKONOS, Quick Bird, Nära infraröda flygbilder)
- **TM Band 3-4**
- **TM Band 4-5**

*Tabell 8. Separerbarhet för utvalda kombinationer, alla tre kategorierna jämförda samtidigt.*

Skadat/ Oskadat/ Gallrat	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7	d TM 1	d TM 2	d TM 3	d TM 4	d TM 5	d TM 7	Andel rätt klassat (%)
Synl+MIR	X		X	X		X	X		X	X		X	75,4
"SPOT 4"		X	X	X	X			X	X	X	X		67,2
Synl+NIR		X	X	X				X	X	X			68,9
Rött+NIR			X	X					X	X			70,5
NIR+MIR5				X	X					X	X		82,0
NIR+MIR5,7				X	X	X				X	X	X	70,5
Synl+MIR							X		X	X		X	72,1
"SPOT 4"								X	X	X	X		65,6
Synl+NIR								X	X	X			68,9
Rött+NIR									X	X			67,2
NIR+MIR5										X	X		68,9
NIR+MIR5,7										X	X	X	70,5



## 4. Diskussion

### 4.1 Sammanfattning av resultat

Resultaten visar i den här undersökningen att den bästa en-bands skillnadsbilden för att skilja skadad och oskadad skog erhålls med TM band 5 och 7, alltså de mellaninfraröda banden, medan det för att skilja på skadade och gallrade bestånd är band 3, 5 eller 7 som visar bäst separerbarhet. Vid kombinationer av ett antal våglängdsband erhålls de bästa resultaten om man kombinerar TM band 4 och 5 samt om man kombinerar TM band 1, 3, 4 och 7. Resultaten visar även att separerbarheten oftast ökar något om man lägger till band från ursprungsbilden i analysen.

### 4.2 Felkällor

Då arbetet utförts under en begränsad tid har jag varit tvungen att göra avkall på en del saker som kanske hade lett till mer ett exakt resultat. En del felkällor bör nämnas här för att de ska kunna elimineras i eventuellt fortsatta liknande studier.

- Analysen utfördes med bestånd avgränsade enligt StoraEnsos digitala beståndsindelning. En egen avgränsning av bestånden, med hänsyn till vilka områden som verkligen var skadade, hade kunnat minska risken för den ”utspädningseffekt” som man kan få då medelvärdet på digitalnivåerna är baserade på pixlar som inte är ”skadade” så väl som på pixlar som är ”skadade”
- En fältinventering av de utvalda bestånden hade eliminerat risken för att åtgärder ex. gallringar har utförts men fortfarande står som planerade i beståndsregistret. Det hade även varit bra för att få en aning om hur skadade bestånden verkligen är och om det är endast en del som är skadat eller om det är hela. Man kan även i denna undersökning konstatera att bättre beståndsdata som t.ex. skadegrad, planerade och utförda åtgärder hade varit av godo för resultatens tillförlitlighet.

### 4.3 Behov av ytterligare studier

Vidare studier med flera scen-par, noggrannare avgränsning av bestånden och noggrannare beståndsdata är av intresse.

Även undersökningar på gallrade bestånd med mer varierande trädslagsfördelning (i denna undersökning är trädslagsblandningen mer än 80 % tall) skulle vara intressant. Detta för att se om det är gallringar i talldominerade bestånd som lättast blandas ihop med gremmeniellaskador eller om det är gallringar generellt.

Ett annat behov är att ta fram en metod för att göra scenerna mera spektralt jämförbara, så att analyser för olika par av scener kan jämföras.

Programmen för förändringsbilder behöver kompletteras med program som kan analysera kombinationer av våglängdsband.

## 5. Rekommendationer

- Den här undersökningen visar att det röda (TM band 3) eller de mellaninfraröda banden TM 5 och TM 7 från skillnadsbilden är det bästa valet om man ska använda sig av endast ett band. Plottarna visar en möjlighet att skilja ut oskadade bestånd från bestånd där förändring skett med endast ett våglängdsband.
- Även när man analyserar skadade mot gallrade bestånd med hjälp av endast ett våglängdsband rekommenderas med denna undersökning som grund, det röda bandet eller något av de två mellaninfraröda banden.
- Om den tidiga ursprungsbilden kombineras med skillnadsbilden förbättras ofta, men inte alltid, möjligheten att skilja förändrade bestånd från oförändrade.
- Rent praktiskt kan man för att åskådliggöra skadorna ta in den tidiga ursprungsbilden och skillnadsbilden i Arcview och där kombinera, som mest, tre av de bästa våglängdsbanden, inklusive skillnadsbilder, till en falskfärgsbild där förändrade områden framträder.
- Vidare är det viktigt att beakta vid vilken tidpunkt som bilderna är tagna. Då skador av gremmeniella torde framgå tydligast från juli månad och fram till september bör det vara det bästa valet.

## Referenser

Jons son Agneta. 2002. Muntlig uppgift. Skogsvårdsstyrelsen Dalarna-Gävleborg.

Josefsson Mats. 2002. Muntlig uppgift. Skogsvårdsstyrelsen Dalarna-Gävleborg.

Nyman P. 2001. Förändringsanalys med hjälp av satellitdata för bedömning av svampangrepp på tall. Skogsvårdsstyrelsen Värmland-Örebro, enheten för skogsproduktion och miljö.

Olsson H. 1994. Monitoring of local reflectance changes in boreal forests using satellite data. Swedish University of Agricultural Sciences Remote Sensing Laboratory. ISRN SLU-SKJ-R--7--SE.

Skogseko 2001 nr 3. Gremmeniella, Bilaga sid. 3.

Skogsstyrelsen. 2001. Internt PM.

[www.svo.se](http://www.svo.se). Gremmeniella, Förekomst, symptom, biologi.

[www.resgeom.slu.se](http://www.resgeom.slu.se), 020211 Sören Wullf. Gremmeniellaangrepp på 330000 hektar tallskog

Willén Erik. 2002. Muntlig uppgift. Metria Miljöanalys.

---

Serien Arbetsrapporter utges i första hand för institutionens eget behov av viss dokumentation. Rapporterna är indelade i följande grupper: Riksskogstaxeringen, Planering och inventering, Biometri, Fjärranalys, Kompendier och undervisningsmaterial, Examensarbeten, Internationellt samt NILS. Författarna svarar själva för rapporternas vetenskapliga innehåll.

---

### Riksskogstaxeringen:

- 1995 1 Kempe, G. Hjälpmedel för bestämning av slutenhet i plant- och ungskog. ISRN SLU-SRG-AR--1--SE
- 2 Nilsson, P. Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen vid regional miljöövervakning. - Metoder för att förbättra upplösningen vid inventering i skogliga avrinningsområden. ISRN SLU-SRG-AR--2--SE
- 1997 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
- 1998 30 Fridman, J., Kihlblom, D. & Söderberg, U. Förslag till miljöindexsystem för naturtypen skog. ISRN SLU-SRG-AR--30--SE
- 34 Löfgren, P. Skogsmark, samt träd- och buskmark inom fjällområdet. En skattning av arealer enligt internationella ägoslagsdefinitioner. ISRN SLU-SRG-AR--34--SE
- 37 Odell, P. & Ståhl, G. Vegetationsförändringar i svensk skogsmark mellan 1980- och 90-talet. - En studie grundad på Ståndortskarteringen. ISRN SLU-SRG-AR--37--SE
- 38 Lind, T. Quantifying the area of edges zones in Swedish forest to assess the impact of nature conservation on timber yields. ISRN SLU-SRG-AR--38--SE
- 1999 50 Ståhl, G., Walheim, M. & Löfgren, P. Fjällinventering. - En utredning av innehåll och design. ISRN SLU-SRG-AR--50--SE

- 52 Fridman, J. & Ståhl, G. (Redaktörer) Utredningar avseende innehåll och omfattning i en framtida Riksskogstaxering. ISRN SLU-SRG-AR--52--SE
- 54 Fridman, J., Holmström, H., Nyström, K., Petersson, H., Ståhl, G. & Wulff, S. Sveriges skogsmarksarealer enligt internationella ägoslagsdefinitioner. ISRN SLU-SRG-AR--54--SE
- 56 Nilsson, P. & Gustafsson, K. Skogsskötseln vid 90-talets mitt - läge och trender. ISRN SLU-SRG-AR--56--SE
- 57 Nilsson, P. & Söderberg, U. Trender i svensk skogsskötsel - en intervjuundersökning. ISRN SLU-SRG-AR--57--SE
- 2000 65 Bååth, H., Gällerspång, A., Hallsby, G., Lundström, A., Löfgren, P., Nilsson, M. & Ståhl, G. Metodik för skattning av lokala skogsbränsleresurser. ISRN SLU-SRG-AR--65--SE
- 75 von Segebaden, G. Komplement till "RIKSTAXEN 75 ÅR". ISRN SLU-SRG-AR--75--SE
- 2001 86 Lind, T. Kolinnehåll i skog och mark i Sverige - Baserat på Riksskogstaxeringens data. ISRN SLU-SRG-AR--86--SE
- 2003 110 Berg Lejon, S. Studie av mätmetoder vid Riksskogstaxeringens årsringsmätning. ISRN SLU-SRG--AR--110--SE
- 116 Ståhl, G. Critical length sampling for estimating the volume of coarse woody debris. ISRN SLU-SRG-AR--116--SE
- 117 Ståhl, G., Blomquist, G. & Eriksson, A. Mögelproblem i samband med risrensning inom Riksskogstaxeringen. ISRN SLU-SRG-AR--117--SE

- 118 Ståhl, G. Boström, Methodological options for quantifying changes in carbon pools in  
B. Lindkvist, H. Swedish forests. ISRN SLU-SRG-AR--118--SE  
Lindroth, A.  
Nilsson, J. Olsson,  
M.

### Planering och inventering:

- 1995 3 Homgren, P. & Skoglig planering på amerikanska västkusten - intryck från en  
Thuresson, T. studieresa till Oregon, Washington och British Colombia 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
- 1996 15 van Kerkvoorde, An Sequential approach in mathematical programming to include  
M. spatial aspects of biodiversity in long range forest management  
planning. ISRN SLU-SRG-AR--15--SE
- 1997 18 Christoffersson, P. Avdelningsfri inventering - tillvägagångssätt och tidsåtgång. ISRN  
& Jonsson, P. SLU-SRG-AR--18--SE
- 19 Ståhl, G., Ringvall, Guided transect sampling - An outline of the principle. ISRN SLU-  
A. & Lämås, T. SRG-AR--19--SE
- 25 Lämås, T. & Ståhl, Skattning av tillstånd och förändringar genom inventeringssimulering  
G. En handledning till programpaketet. ISRN SLU-SRG-AR--25--SE
- 26 Lämås, T. & Ståhl, Om detektering av förändringar av populationer i begränsade  
G. områden. ISRN SLU-SRG-AR--26--SE
- 1999 59 Petersson, H. Biomassafunktioner för trädfraktioner av tall, gran och björk i  
Sverige. ISRN SLU-SRG-AR--59--SE
- 63 Fridman, J., Stickprovsviss landskapsövervakning - En förstudie. ISRN SLU-  
Löfstrand, R. & SRG-AR--63--SE  
Roos, S.
- 2000 68 Nyström, K. Funktioner för att skatta höjdtillväxten i ungskog. ISRN SLU-SRG-  
AR--68--SE

- 70 Walheim, M. Metodutveckling för vegetationsövervakning i fjällen. ISRN SLU-SRG-AR--70--SE
- 73 Holm, S. & Lundström, A. Åtgärdsprioriteter. ISRN SLU-SRG-AR--73--SE
- 76 Fridman, J. & Ståhl, G. Funktioner för naturlig avgång i svensk skog. ISRN SLU-SRG-AR--76--SE
- 2001 82 Holmström, H. Averaging Absolute GPS Positionings Made Underneath Different Forest Canopies - A Splendid Example of Bad Timing in Research. ISRN SLU-SRG-AR--82--SE
- 2002 91 Wilhelmsson, E. Forest use and it's economic value for inhabitants of Skräven and Hakkas in Norrbotten. ISRN SLU-SRG-AR--91--SE
- 93 Lind, T. Strategier för Östads säteri: Redovisning av planer framtagna under kursen Skoglig planering ur ett företagsperspektiv ht 2001, SLU Umeå. ISRN SLU-SRG-AR--93--SE
- 94 Eriksson, O. et. al. Wood supply from Swedish forests managed according to the FSC-standard. ISRN SLU-SRG-AR--94--SE
- 2003 108 Paz von Friesen, C. Inverkan på provytans storlek på regionala skattningar av skogstyper. En studie av konsekvenser för uppföljning av miljömålen. SLU-SRG-AR--108--SE

### **Biometri:**

- 1997 22 Ali, A. A. Describing Tree Size Diversity. ISRN SLU-SRG--AR--22--SE
- 1999 64 Berhe, L. Spatial continuity in tree diameter distribution. ISRN SLU-SRG--AR--64--SE
- 2001 88 Ekström, M. Nonparametric Estimation of the Variance of Sample Means Based on Nonstationary Spatial Data. ISRN SLU-SRG-AR--88--SE
- 89 Ekström, M. & Belyaev, Y. On the Estimation of the Distribution of Sample Means Based on Non-Stationary Spatial Data. ISRN SLU-SRG-AR--89--SE

- 90 Ekström, M. & Sjöstedt-de Luna, S. Estimation of the Variance of Sample Means Based on Nonstationary Spatial Data with Varying Expected Values. ISRN SLU-SRG-AR--90--SE
- 2002 96 Norström, F. Forest inventory estimation using remotely sensed data as a stratification tool - a simulation study. ISRN SLU-SRG-AR--96--SE

### Fjärranalys:

- 1997 28 Hagner, O. Satellitfjärranalys för skogsföretag. ISRN SLU-SRG-AR--28--SE
- 29 Hagner, O. Textur i flygbilder för skattningar av beståndsegenskaper. ISRN SLU-SRG-AR--29--SE
- 1998 32 Dahlberg, U., Bergstedt, J. & Pettersson, A. Fältinstruktion för och erfarenheter från vegetationsinventering i Abisko, sommaren 1997. ISRN SLU-SRG-AR--32--SE
- 43 Wallerman, J. Brattåkerinventeringen. ISRN SLU-SRG-AR--43--SE
- 1999 51 Holmgren, J., Wallerman, J. & Olsson, H. Plot-level Stem Volume Estimation and Tree Species Discrimination with Casi Remote Sensing. ISRN SLU-SRG-AR--51--SE
- 53 Reese, H. & Nilsson, M. Using Landsat TM and NFI data to estimate wood volume, tree biomass and stand age in Dalarna. ISRN SLU-SRG-AR--53--SE
- 2000 66 Lofstrand, R., Reese, H. & Olsson, H. Remote sensing aided Monitoring of Nontimber Forest Resources - A literature survey. ISRN SLU-SRG-AR--66--SE
- 69 Tingelöf, U. & Nilsson, M. Kartering av hyggeskanter i pankromatiska SPOT-bilder. ISRN SLU-SRG-AR--69--SE
- 79 Reese, H. & Nilsson, M. Wood volume estimations for Älvsbyn Kommun using SPOT satellite data and NFI plots. ISRN SLU-SRG-AR--79--SE
- 2003 106 Olofsson, K. TreeD version 0.8. An Image Processing Application for Single Tree Detection. ISRN SLU-SRG-AR--106--SE



- 2003 112 Olsson, H. Proceedings of the ScandLaser Scientific Workshop on Airborne  
Granqvist Pahlen, Laser Scanning of Forests. September 3 & 4, 2003. Umeå,  
T. Reese, H. Sweden. ISRN SLU-SRG-AR--112--SE  
Hyypä, J.  
Naasset, E.
- 114 Manterola Computer Visualization of forest development scenarios in  
Matxain, I. Bäcksjön estate. ISRN SLU-SRG-AR--114--SE
- 2004 122 Dettki, H. & Skoglig GIS- och fjärranalysundervisning inom Jägmästar- och  
Wallerman, J. Skogsvetarprogrammet på SLU. - En behovsanalys. ISRN SLU-  
SRG-AR--122--SE

### Kompendier och undervisningsmaterial:

- 1996 14 Holm, S. & En analys av skogstillståndet samt några alternativa  
Thuresson, T. samt avverkningsberäkningar för en del av Östads säteri. ISRN SLU-  
jägm. studenter SRG-AR--14--SE  
kurs 92/96
- 1997 21 Holm, S. & En analys av skogstillståndet samt några alternativa  
Thuresson, T. samt avverkningsberäkningar för en stor del av Östads säteri. ISRN SLU-  
jägm.studenter SRG-AR--21--SE  
kurs 93/97.
- 1998 42 Holm, S. & An analysis of the state of the forest and of some management  
Lämås, T. samt alternatives for the Östad estate. ISRN SLU-SRG-AR--42--SE  
jägm.studenter  
kurs 94/98.
- 1999 58 Holm, S. & En analys av skogstillståndet samt några alternativa  
Lämås, T. samt avverkningsberäkningar för Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--  
studenter vid 58--SE  
Sveriges  
lantbruksuniversitet  
.
- 2001 87 Eriksson, O. (Ed.) Strategier för Östads säteri: Redovisning av planer framtagna under  
kursen Skoglig planering ur ett företagsperspektiv HT2000, SLU  
Umeå. ISRN SLU-SRG-AR--87--SE

2003 115 Lindh, T. Strategier för Östads Säteri: Redovisning av planer framtagna under kursen Skoglig Planering ur ett företagsperspektiv HT 2002, SLU Umeå. SLU-SRG--AR--115--SE

### Examensarbeten:

- 1995 5 Törnquist, K. Ekologisk landskapsplanering i svenskt skogsbruk - hur började det? ISRN SLU-SRG-AR--5--SE
- 1996 6 Persson, S. & Segner, U. Aspekter kring datakvaliténs betydelse för den kortsiktiga planeringen. 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? ISRN SLU-SRG-AR--7--SE
- 8 Ranvald, C. Sortimentinriktad avverkning. ISRN SLU-SRG-AR--8--SE
- 9 Olofsson, C. Mångbruk i ett landskapsperspektiv - En fallstudie på MoDo Skog AB, Örnsköldsviks förvaltning. ISRN SLU-SRG-AR--9--SE
- 10 Andersson, H. Taper curve functions and quality estimation for Common Oak (Quercus Robur L.) in Sweden. 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. ISRN SLU-SRG-AR--11--SE
- 12 Bredberg, J. Skattning av ålder och andra beståndsvariabler - en fallstudie baserad på MoDo:s indelningsrutiner. ISRN SLU-SRG-AR--12--SE
- 13 Gunnarsson, F. On the potential of Kriging for forest management planning. ISRN SLU-SRG-AR--13--SE
- 16 Tormalm, K. Implementering av FSC-certifiering av mindre enskilda markägares skogsbruk. 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 arbetsområde, SCA. ISRN SLU-SRG-AR--17--SE

- 20 Cedervind, J. GPS under krontak i skog. ISRN SLU-SRG-AR--20--SE
- 27 Karlsson, A. En studie av tre inventeringsmetoder i slutavverkningsbestånd. ISRN SLU-SRG-AR--27--SE
- 1998 31 Bendz, J. SÖDRAs gröna skogsbruksplaner. En uppföljning relaterad till SÖDRAs miljömål, FSC's kriterier och svensk skogspolitik. ISRN SLU-SRG-AR--31--SE
- 33 Jonsson, Ö. Trädskikt och ståndortsförhållanden i strandskog. - En studie av tre bäckar i Västerbotten. ISRN SLU-SRG-AR--33--SE
- 35 Claesson, S. Thinning response functions for single trees of Common oak (*Quercus Robur L.*). ISRN SLU-SRG-AR--35--SE
- 36 Lindskog, M. New legal minimum ages for final felling. Consequences and forest owner attitudes in the county of Västerbotten. ISRN SLU-SRG-AR--36--SE
- 40 Persson, M. Skogsmarkindelningen i gröna och blå kartan - en utvärdering med hjälp av Riksskogstaxeringens provytor. ISRN SLU-SRG-AR--40--SE
- 41 Eriksson, M. Markbaserade sensorer för insamling av skogliga data - en förstudie. ISRN SLU-SRG-AR--41--SE
- 45 Gessler, C. Impedimentens potentiella betydelse för biologisk mångfald. - En studie av myr- och bergimpediment i ett skogslandskap i Västerbotten. ISRN SLU-SRG-AR--45--SE
- 46 Gustafsson, K. Långsiktplanering med geografiska hänsyn - en studie på Bräcke arbetsområde, SCA Forest and Timber. ISRN SLU-SRG-AR--46--SE
- 47 Holmgren, J. Estimating Wood Volume and Basal Area in Forest Compartments by Combining Satellite Image Field Data. ISRN SLU-SRG-AR--47--SE
- 49 Härdelin, S. Framtida förekomst och rumslig fördelning av gammal skog. - En fallstudie på ett landskap i Bräcke arbetsområde. ISRN SLU-SRG-AR--49--SE

- 1999 55 Imamovic, D. Simuleringsstudie av produktionskonekvenser med olika miljömål. ISRN SLU-SRG-AR--55--SE
- 62 Fridh, L. Utbytesprognoser av rotstående skog. ISRN SLU-SRG-AR--62--SE
- 2000 67 Jonsson, T. Differentiell GPS-mätning av punkter i skog. Point-accuracy for differential GPS under a forest canopy. ISRN SLU-SRG-AR--67--SE
- 71 Lundberg, N. Kalibrering av den multivariata variabeln trädslagsfördelning. ISRN SLU-SRG-AR--71--SE
- 72 Skoog, E. Leveransprecision och ledtid - två nyckeltal för styrning av virkesflödet. ISRN SLU-SRG-AR--72--SE
- 74 Johansson, L. Rotröta i Sverige enligt Riksskogstaxeringen. - En beskrivning och modellering av rötförekomst hos gran, tall och björk. ISRN SLU-SRG-AR--74--SE
- 77 Nordh, M. Modellstudie av potentialen för renbete anpassat till kommande slutavverkningar. ISRN SLU-SRG-AR--77--SE
- 78 Eriksson, D. Spatial Modeling of Nature Conservation Variables useful in Forestry Planning. ISRN SLU-SRG-AR--78--SE
- 81 Fredberg, K. Landskapsanalys med GIS och ett skogligt planeringssystem. ISRN SLU-SRG-AR--81--SE
- 2001 83 Lindroos, O. Underlag för skogligt länsprogram Gotland. ISRN SLU-SRG-AR--83--SE
- 84 Dahl, M. Satellitbildsbaserade skattningar av skogsområden med röjningsbehov (Satellite image based estimations of forest areas with cleaning requirements). ISRN SLU-SRG-AR--84--SE
- 85 Staland, J. Styrning av kundanpassade timmerflöden - Inverkan av traktbankens storlek och utbytesprognosens tillförlitlighet. ISRN SLU-SRG-AR--85--SE

- 2002 92 Bodenhem, J. Tillämpning av olika fjärranalysmetoder för urvalsförfarandet av ungskogsbestånd inom den enkla älgbetesinventeringen (ÄBIN). ISRN SLU-SRG-AR--92--SE
- 95 Sundquist, S. Utveckling av ett mått på produktionslutenhet för Riksskogstaxeringen. ISRN SLU-SRG-AR--95--SE
- 98 Söderholm, J. De svenska skogsbolagens system för skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--98--SE
- 99 Nordin, D. Fastighetsgränser. Del 1. Fallstudie av fastighetsgränserns lägesnoggrannhet på fastighetskartan. ISRN SLU-SRG-AR--99--SE
- 100 Nordin, D. Fastighetsgränser. Del 2. Instruktion för gränsvård. ISRN SLU-SRG-AR--100--SE
- 101 Nordbrandt, A. Analyser med Indelningspaketet av privata skogsfastigheter inom Norra Skogsägarnas verksamhetsområde. ISRN SLU-SRG-AR--101--SE
- 2003 102 Wallin, M. Satellitbildsanalys av gremmeniellaskador med skogsvårdsorganisationens system. ISRN SLU-SRG-AR--102--SE
- 103 Hamilton, A. Effektivare samråd mellan rennäring och skogsbruk - förbättrad dialog via ett utvecklat samrådsförfarande. ISRN SLU-SRG-AR--103--SE
- 104 Hajek, F. Mapping of Intact Forest Landscapes in Sweden according to Global Forest Watch methodology. ISRN SLU-SRG-AR--104--SE
- 105 Anerud, E. Kalibrering av ståndortsindex i beståndsregister - en studie åt Holmen Skog AB. ISRN SLU-SRG-AR--105--SE
- 107 Pettersson, L. Skördarnavigering kring skyddsvärda objekt med GPS-stöd. SLU-SRG-AR--107--SE
- 109 Östberg, P-A. Försök med subjektiva metoder för datainsamling och analys av hur fel i data påverkar åtgärdsförslagen. SLU-SRG-AR--109--SE

- 111 Hansson, J. Vad tycker bilister om vägnära skogar - två enkätstudier. SLU-SRG-AR--111--SE
- 113 Eriksson, P. Renskötseln i Skandinavien. Förutsättningar för sambruk och konflikthantering. SLU-SRG-AR--113--SE
- 119 Björklund, E. Medlemmarnas syn på Skogsägarna Norrskog. ISRN SLU-SRG--AR--119--SE
- 2004 120 Fogdestam, Niklas Skogsägarna Norrskog:s slutavverkningar och PEFC-kraven - fältinventering och intervjuer. ISRN SLU-SRG--AR--120--SE
- 121 Petersson, T Egenskaper som påverkar hänsynsarealer och drivningsförhållanden på föryngringsavverkningstrakter -En studie över framtida förändringar inom Sveaskog. ISRN SLU-SRG--AR--121--SE
- 123 Mattsson, M Markägare i Stockholms län och deras inställning till biodiversitet och skydd av mark. ISRN SLU-SRG--AR--123--SE
- 125 Eriksson, M. Skoglig planering och ajourhållning med SkogsGIS - En utvärdering av SCA:s nya GIS-verktyg med avseende på dess introduktion, användning och utvecklingspotential. ISRN SLU-SRG--AR--125--SE

#### **Internationellt:**

- 1998 39 Sandewall, M., Ohlsson, B. & Sandewall, R.K. People's options of forest land use - a research study of land use dynamics and socio-economic conditions in a historical perspective in the Upper Nam Water Catchment Area, Lao PDR. ISRN SLU-SRG-AR--39--SE
- 1998 44 Sandewall, M., Ohlsson, B., Sandewall, R.K., Vo Chi Chung, Tran Thi Binh & Pham Quoc Hung. People's options on forest land use. Government plans and farmers intentions - a strategic dilemma. ISRN SLU-SRG-AR--44--SE
- 1998 48 Sengthong, B. Estimating Growing Stock and Allowable Cut in Lao PDR using Data from Land Use Maps and the National Forest Inventory. ISRN SLU-SRG-AR--48--SE

- 1999 60 Sandewall, M. Inter-active and dynamic approaches on forest and land-use  
(Edit.). planning - proceedings from a training workshop in Vietnam and  
Lao PDR, April 12-30, 1999. ISRN SLU-SRG-AR--60--SE
- 2000 80 Sawathwong, S. Forest Land Use Planning in Nam Pui National Biodiversity  
Conservation Area, Lao P.D.R. ISRN SLU-SRG-AR--80--SE
- 2002 97 Sandewall, M. Inter-active and dynamic approaches on forest and land-use  
planning in Southern Africa. Proceedings from a training workshop  
in Botswana, December 3-17, 2001. ISRN SLU-SRG-AR--97--  
SE

**NILS:**

- 2004 124 Esseen, P-A., Vegetationskartan över fjällen och Nationell Inventering av  
Löfgren, P. Landskapet i Sverige (NILS) som underlag för Natura 2000. ISRN  
SLU-SRG-AR--124--SE
- 126 Allard, A., Skador på mark och vegetation i de svenska fjällen till följd av  
Löfgren, P. & barmarkskörning. ISRN SLU-SRG-AR--126--SE  
Sundquist, S.