

Kartering av förbuskning på Öland med satellitdata



Rapport för Rymdstyrelsen, Naturvårdsverket och LIFE-Nature

Eva Ahlcrona, Conny Jacobson och Thomas Johansson
September 2003

RAPPORT

September 2003

M2001/00655.14

Kartering av förbuskning på Öland med satellitdata

För mer information kontakta:

Eva Ahlcrona (eva.ahlcrona@lm.se)

Thomas Johansson (thomas.johansson@h.lst.se)

Bild på framsida: *Flygbild (400 m höjd) tagen den 18 juli 2002 i sydöstra Ölands sjömarker. Betande kor och buskmarker.*

FÖRORD

Detta är en rapport från projekt "Satellitdata för beskrivning och uppföljning av värdefull natur" som finansieras av Rymdstyrelsen, Naturvårdsverket och LIFE-Nature. Ett delprojekt som denna rapport behandlar är övervakning av busk- och trädäckningsgrad i hävdberoende mark med satellitdata (Landsat TM).

Innehållsförteckning:

FÖRORD	1
SAMMANFATTNING.....	3
1 INLEDNING.....	5
1.1 Användarbehov.....	5
1.2 Tidigare arbete	7
1.3 Mål	8
2 STUDIEOMRÅDE OCH INDATA.....	9
2.1 Studieområde	9
2.2 Indata	10
3 BAKGRUND TILL SAMBAND MELLAN SATELLITDATA OCH VEGETATION	11
4 METODIK.....	13
4.1 Referensmaterial.....	13
4.2 Aktuell busk- och trädtäckning	15
4.3 Förändring av busk- och trädtäckning	15
4.4 Upphörd hävd.....	18
4.5 Igenväxning av våtmark och vatten.....	20
4.6 Utvärdering.....	21
5 RESULTAT OCH DISKUSSION	23
5.1 Aktuellt busk- och trädtäckning.....	23
5.2 Förändring av busk- och trädtäckning	31
5.3 Upphörd hävd.....	34
5.4 Igenväxning av våtmark och vatten.....	45
6 SLUTSATSER	48
7 REKOMMENDATIONER OCH ANVÄNDBARHET.....	50
7.1 En operativ metod och tekniska rekommendationer.....	50
7.2 Tillämpbarhet.....	51
7.3 Användbarhet och användarnas rekommendationer	52
REFERENSER.....	55
BILAGA 1. FÄLTKONTROLL	56

SAMMANFATTNING

Arbetet som denna rapport redovisar ingår i projektet "Satellitdata för beskrivning och uppföljning av värdefull natur". Projektet har genomförts tillsammans med Länsstyrelsen i Kalmar, Länsstyrelsen i Norrbotten och Naturvårdsverket. Finansiärer har varit Rymdstyrelsen, Naturvårdsverket och LIFE-Nature.

Detta delprojekt behandlar en av de värdefulla naturtyperna som ingår i projektet, nämligen hävdberoende mark i det öppna landskapet. Mål för delprojektet var att med satellitdata kartera:

1. Aktuell täckningsgrad av busk- och trädkikt.
2. Förändring av täckningsgrad av busk- och trädkikt.
3. Upphörd hävd.
4. Igenväxning av våtmarker och grunda vikar

Studieområdet har utgjorts av Öland och arbetet har ingått som en del i LIFE-projektet "Strandängar och våtmarker i det öländska odlingslandskapet".

Aktuell täckningsgrad av busk- och trädkikt

Satellitdatabaserad kartering av täckningsgrad (%) erhöles genom styrd klassning av Landsat TM data från 25 juli 2001 med stöd av 62 referensytor som flygbildstolkats. Även ostyrd klassning testades med sämre resultat.

Karteringen i 10%-intervall skedde över hela Öland och en del av fastlandet. Karteringen utvärderades mot 593 referensytor och bedömdes även mot några fältytor. Karteringen ger ett bra resultat som medelvärde över större arealer men inte för enskilda objekt. I utvärderade områden större än 60 ha stora skilljer medeltäckningen i satellitklassningen bara några procent från flygbildstolkad täckningsgrad (sammanlagt 39 % mot 41 %).

Förändring av täckningsgrad av busk- och trädkikt

En förutsättning för förändringsanalysen är en baskartering som redovisar vegetationstyp och täckningsgrad av buskar/träd. För Öland utgörs baskarteringen av en vegetationskartering gjord genom tolkning av IRF flygbilder. I förändringsanalysen används Landsat TM data från 2 olika år. Den äldre satellitdata skall vara från ungefär samma år som baskartering (vegetationskarta) och förändringskarteringen sker inom valda klasser i vegetationskartan enligt likartad vegetationstyp. Metoden utvecklades och testades 1999 med var då inriktad mot förändringar av buskskikt i torrare marker. Nuvarande studie inkluderar även fuktigare marker och trädkikt.

Klasserna i resultat består förutom av klassen oförändrad täckningsgrad av klasserna: kraftig ökning, ökning, minskning och kraftig minskning av täckningsgrad respektive täckningsgrad eller produktivitet (frodighet) i vegetation.

Resultatet tycks ge bra resultat vid en minskad täckning. Två fältkontrollerade ytor karterad till ökad täckningsgrad var fel. Detta indikerar att karteringen ger en del falsklarm om att täckningsgraden av buskar/träd har ökat. Utvärderingsmaterialet är dock för litet (21 ytor) för att kunna ge några hållbara slutsatser.

Upphörd hävd

För att ta reda på om fjärranalys kan bidra med att skilja hävdade från ohävdade ängar (ängar enligt vegetationskartan) har analyser gjorts där indexet NDVI beräknat ur satellitdata jämförts för ängar av olika typer. Ängstyperna var avgränsade genom referensdata från vegetationskartan samt ett GIS-skikt över ängar med stöd för hävd. Området för studien har varit all ängsmark på Öland. Satellitdata utgjordes av Landsat TM data från 25 juli 2001.

Analyserna visar att det finns vissa systematiska skillnader mellan hävdade och ohävdade ängar. NDVI är generellt högre i ohävdade ängar än i de hävdade. För att få skaplig säkerhet i att skilja ut de ohävdade ängarna krävs att ängarna först delats in efter fuktighetsgrad (torr, frisk, fuktig) och om de innehåller buskar eller ej. Metoden ger en betydande mängd falsklarm även i de ängstyper där den fungerar bäst men kan användas som ett sätt att styra fältkontroller till ytor där sannolikheten för ohävd är större. Innan metoden tillämpas för andra områden bör den testas ytterligare, exempelvis i andra områden än Öland och med satellitdata från olika tidpunkter.

Igenväxning av våtmarker och grunda vikar

En förutsättning för förändringsanalysen är en baskartering som redovisar våtmark och vatten. Analysen utfördes mellan Landsat TM data från 1994 och 2001 under vegetationskartans avgränsning för våtmark och vatten. Klasserna var vegetation till vatten, minskad vegetationsproduktivitet eller -täckning, oförändrat, ökad vegetationsproduktivitet eller -täckning, och vatten till vegetation.

Utvärderingsmaterialet är mycket begränsat men de ytor (5 st) som bedömdes stämde eller "kan stämma". En bedömning baserad på visuell kontroll av förändringskarteringen och ingående satellitdata samt vegetationskarta är att resultatet stämmer för klasserna vatten till vegetation samt vice versa. En utökad utvärdering bör göras. Innehållet i de klasser som anger förändrad produktivitet eller vegetationstäckning bör närmare fastställas med avseende på att vissa områden sannolikt är relaterade till en faktisk förbuskning.

1 INLEDNING

Denna rapport redovisar ett arbete som ingår i projektet "Satellitdata för beskrivning och uppföljning av värdefull natur". Projektet bedrevs under 2001-2003 tillsammans med Länsstyrelsen i Kalmar, Länsstyrelsen i Norrbotten och Naturvårdsverket. Rapporten behandlar en av de värdefulla naturtyperna som ingår i projektet, nämligen hävdberoende mark i det öppna landskapet.

Delprojektet har genomförts på Öland i samverkan med LIFE-projektet "Strandängar och våtmarker i det öländska odlingslandskapet".

Arbetet har finansierats av LIFE-Nature, Rymdstyrelsen och Naturvårdsverket. Länsstyrelsen i Kalmar och Metria Miljöanalys har genomfört projektet.

1.1 Användarbehov

Ett av de 15 miljömålen är ett rikt odlingslandskap. Ett delmål inom detta miljömål är att senast år 2010 ska samtliga ängs- och betesmarker bevaras och skötas på ett sätt som bevarar deras värden. Arealen hävdad ängsmark ska utökas med minst 5 000 hektar, och arealen hävdad betesmark av de mest hotade typerna ska utökas med minst 13 000 hektar till år 2010.

Kalmar är det län i Sverige som har i särklass mest ängs- och betesmark, ca 70 000 hektar mark (www.h.lst.se).

Öland med dess öppna odlingslandskap är unikt och södra ölands odlingslandskap är även ett världsarv. Flera aktiviteter pågår för att hålla landskapet på Öland öppet och några beskrivs nedan.

Natura 2000 är ett nätverk som byggs upp inom EU för att skydda värdefulla naturområden som är av särskilt intresse från naturvårdssynpunkt (www.naturvardsverket.se). Flera hävdberoende habitat ingår i nätverket. Områden som är Natura 2000-områden skall övervakas så att deras naturvärden och tillståndet för berörda naturtyper och arter ska förbli gynnsamt även i fortsättningen. För hävdberoende mark är förbuskning ett hot om den blir för stor. Graden av förbuskning är därför ett förslag på en parameter vid uppföljningen.

1.1.1 Projekt för ett öppet landskap på Öland

I detta avsnitt beskrivs två LIFE-projekt för att erhålla ett öppet landskap på Öland. Andra pågående aktiviteter för ett öppet landskap är bl.a. "Levande Landskap" - en ny kampanj för att nå jordbrukets miljömål ett rikt odlingslandskap. Se även www.sjv.se och www.h.lst.se.

1.1.1.1 Skydd och restaurering av Stora Alvaret - ett LIFE-projekt

Länsstyrelsen i Kalmar län drev projektet "Skydd och restaurering av delar av Stora alvaret" mellan 1996 och 1999. Kvalitetsmålet var bl.a. att 90% av de 15 områden på Stora alvaret som ingick i projektet skulle år 2000 utgöra välhävdad,

öppet landskap, med de för Stora alvaret representativa naturtyperna och kulturelementen.

I första hand satsade länsstyrelsen på att röja alvar-torrängar där enbuskar och björkdungar brett ut sig. Insatser gjordes där förutsättningarna var goda att snabbt återfå alvarvegetation. Inom projektets ram följdes betestrycket upp och målet var att få ett "naturvårdsinriktat" bete.

1.1.1.2 LIFE-projektet "Strandängar och våtmarker i det öländska odlingslandskapet"

Länsstyrelsen i Kalmar driver projektet "Strandängar och våtmarker i det öländska odlingslandskapet" (2000-2004) i samarbete med ett stort antal lantbrukare och markägare. Projektets mål är att arealen välhävdade, fuktiga och våta miljöer i det öländska odlingslandskapet ska öka.

Från mitten av 1990-talet ökar betet på naturliga betesmarker igen, tack vare miljöstöd och rådgivning. Men för att återskapa de värdefulla naturtyperna krävs stora resurser i form av stängsling, röjning och återskapande av våtmarker. Det behövs också en strategi för att hålla landskapet öppet på lång sikt. Det är här detta LIFE-projekt kommer in i bilden.

Ett flertal åtgärder genomförs inom projektet och en av dessa är "monitoring". Här skall effekterna av projektets åtgärder följas både på naturtyps- och artnivå för att utvärdera projektet och ange i vilken utsträckning målen har uppfyllts. Här ingår även övervakning med satellitdata. Metoder för denna del presenteras i denna rapport.

1.1.2 Behov inom detta projekt

Inom projektet "Strandängar och våtmarker i det öländska odlingslandskapet" (2000-2004) som Länsstyrelsen i Kalmar driver beskrivs det övergripande behovet av att följa förändringar inom Natura 2000-habitat med avseende på förbuskning, utebliven hävd och igenväxning av vatten. Följande mer detaljerade behov finns beskrivna:

1. Få en **aktuell bild från år 2000 över förbuskningen** av värdefulla habitat inom sjömarker och våtmarker på Öland.
Täckningsgradklasser av buskar och träd skall helst vara 0-10, 10-30, 30-50, 50-70, >70% men annars 0-10, 10-40, 40-70, >70%. Prioriterade habitat är nr 1630, 5130, 6210 och 6410.
2. Få ett mått på **hotbilden** för markers **förbuskning**. Grad av förändring skall vara 30% förändring eller bättre (<30%) i täckningsgrad av buskar och träd. Effekterna av åtgärder inom LIFE-projekt önskas kunna analyseras före och efter projektets restaureringsåtgärder med hjälp av satellitbilder. Prioriterade habitat är nr:1630, 5130, 6210, 6410.
3. Få en varningssignal om **upphörd hävd** skulle vara mycket värdefullt för uppföljningen. Habitat nr: 1630, 5130, 6210, 6410.

4. Kartering av **igenväxning** av våtmarker och grunda vikar, med exempelvis bladvass och starrvegetation. Habitat nr: 1160, 3140, 7210, 7230.

Habitat nummer:

1160 = Stora grunda vikar och sund

1630 = Havsstrandängar av östersjötyp

3140 = Kalkrika oligomesotrofa vatten med benitiska kransalger

5130 = Enbuskmarker på hedar eller kalkgräsmarker

6210 = Kalkgräsmarker (viktiga orkidélokaler)

6410 = Fuktängar med blåtätel eller starr

7210 = Kalkkärr med gotlandsag

7230 = Rikkärr

1.2 Tidigare arbete

Tidigare satellitdatabaserade projekt fokuserade på satellitdatabaserad förändringsanalys av busktäckning på Stora alvaret (Ahlcrona et al 2000a och 2000b). Projektet var av karaktären metodutveckling för kartering av förändringsgrad av busktäckning och projektet var inriktat mot de torrare markerna på Stora alvaret. I nuvarande projekt användes utvecklade metoder även på våtare marker samt att trädskiktet inkluderas i förändringsanalysen.

Projektet 1999 sammanfattar sambandet mellan busktäckningsgrad och information i satellitdata som:

- Det finns ett samband mellan spektral information i Landsat TM data (främst TM5) och busktäckningsgrad. Sambandet är starkast för enbuskmark på torrare marker.
- Vegetationsindexet NDVI (se metodbeskrivningen för förklaring) är värdefullt att inkludera vid förändringsanalys av busktäckningsgrad eftersom en förändring i TM5 även kan vara relaterad till förändring i vegetationens produktivitet. Detta gäller speciellt i fuktigare ängsmarker och om skillnaderna i blöthet eller fenologi är stor mellan de två åren.
- Beroende på typ av buskar och typ av mark är sambandet något olika varvid det är viktigt att ta hänsyn till dessa faktorer vid kartering av busktäckning och vid förändringsanalys.

Användarnas utvärdering av resultat gav att enbuskarnas utbredning stämmer väl överens mot kända och kontrollerade områden. Förändringar av ölandstokens utbredning i fuktigare marker är något svårare att erhålla vilket dels kan bero på att gränssättningen mellan klasser inte är optimal och dels att tidpunkten för satellitdata är lite för tidig på vegetationssäsongen.

Vidare bedömde användarna att vegetationsindexet NDVI i satellitdata tycks visa på förändringar i fältskiktet i mer öppna torra gräsmarker. Ett hårt betat eller uttorkat fältskikt ger ett helt annat utslag än ett obetat eller frodigt fältskikt. Det går att med hjälp av satellitbild skilja ut gräsmarker som är ohävdade sedan "lång

tid” och sådana som är väl hävdade om man som underlag har god kunskap om vegetationen i området (t.ex. en vegetationskarta).

1.3 Mål

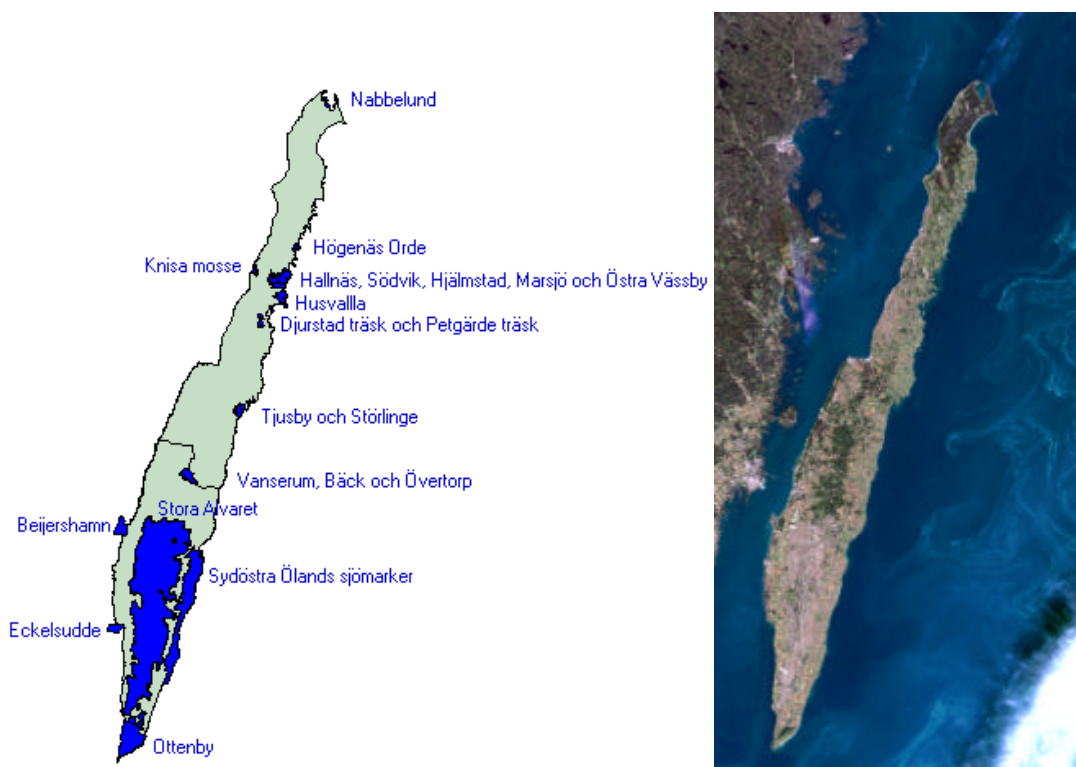
Följande mål för projektet definierades:

1. Aktuell täckningsgrad av busk- och trädskikt.
Noggrannhetsutvärderad satellitdatabaserad klassning av täckningsgrad av buskar/träd. Täckningsgradklasser skall helst vara 0-10, 10-30, 30-50, 50-70, >70% men annars 0-10, 10-40, 40-70, >70%.
2. Förändring av täckningsgrad av busk- och trädskikt.
Utvärderad satellitdatabaserad klassning av förändrad täckningsgrad inom främst våtare marker. Tidsperiod skall vara 1994 (vegetationskartans aktualitet) till mest aktuell Landsat TM scen (2001). Grad av förändring som skall karteras skall vara 30% förändring i täckningsgrad eller bättre (<30%).
3. Upphörd hävd.
Kartering av upphörd hävd innan förbuskning i öppna gräsmarker för att erhalla tidig varningslampa.
4. Igenväxning av våtmarker och grunda vikar
Kartering av igenväxning med exempelvis vass mellan 1994 och aktuell tidpunkt (2001).

2 STUDIEOMRÅDE OCH INDATA

2.1 Studieområde

Projektet bedrivs i samarbete med LIFE-projektet "Strandängar och våtmarker i det öländska odlingslandskapet" (Kapitel 1.1.2). Området inom LIFE-projektet är föreslagna av regeringen att ingå i Natura 2000. Studieområde för projektet som beskrivs i denna rapport är Öland med fokus mot Stora alvaret och sjömarkerna.



Figur 1. Områden i LIFE-projektet till vänster och Landsat TM data från 25 juli 2001 i "naturliga färger" till höger.

Inom studieområdet finns några av Ölands karakteristiska naturtyper såsom alvar, strandängar och våtmarker.

Ordet *alvar* står för skogslösa områden med en berggrund av kalksten och mycket tunna jordlager. Typiska alvarmarker finns i världen bara i Sverige och Estland. Störst är Stora alvaret: 250 kvadratkilometer eller hela 25% av öns yta.

Öppna strandängar präglar landskapet utmed nästan hela den östra kusten av Öland. Delar av strandängen översvämmas regelbundet av havsvattnet - det är den egentliga havsstrandängen. Ovanför den breder örtrika kalkfuktängar och torrängar ut sig, ibland kilometerlångt in från kusten.

Mycket låg nederbörd, hög avdunstning och flack topografi är några av de speciella förhållanden som präglar våtmarksbilden på Öland. Större vattenmagasin och verkliga torvmossor saknas nästan helt. Istället bildas många små, grunda vattensamlingar som snart tärs av sommartorka och avdunstning. Kalkrikedomen sätter sin särskilda prägel på växtlighet och djurliv.

Öland ligger i regnskugga, har ringa molnighet och ett stort antal solskenstimmar. Torkan blir ofta besvärande och präglar växtligheten på alvaret.

2.2 Indata

Satellitdata utgjordes av:

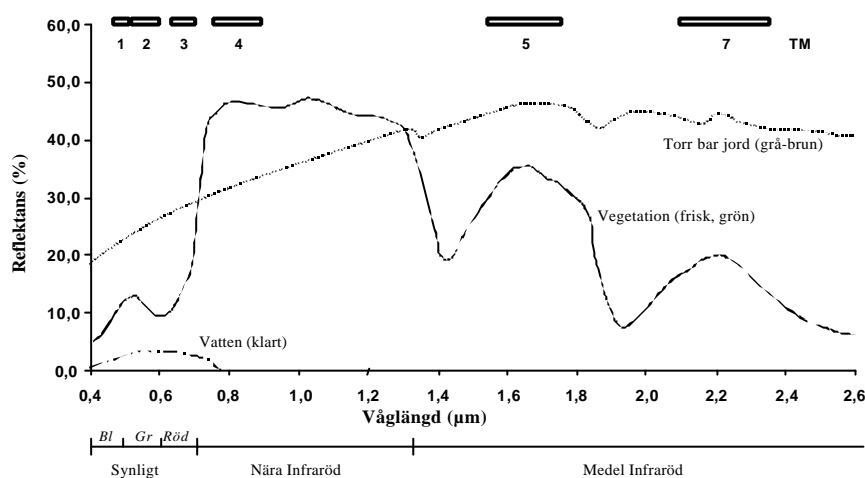
- Landsat-7 TM (eller ETM) från 25 juli 2001
Spektral band: blått (TM1), grönt (TM2), rött (TM3), nära infrarött (TM4), mellaninfrarött (TM5 och 7), termisk infrarött (TM6).
Geometrisk upplösning: 30 meter utom i TM6 som har 60 m.
- Landsat-5 TM från 5 juli 1994
Information som Landsat-7 men TM6 har 120 m upplösning.

Kartor som användes var:

- Vegetationskartan över Öland (baserad på tolkning av IR-flygbilder från 1994)
- Topografiska kartans skogsmask.

3 BAKGRUND TILL SAMBAND MELLAN SATELLITDATA OCH VEGETATION

De satelliter som används vid t.ex. vegetationskartering registrerar den reflekterade eller emitterade strålningen från jorden inom ett antal våglängdsområden, vilka också kallas spektralband. Exempel på detta är spektralbandet TM4 på satelliten Landsat som registrerar strålning från jorden inom det nära infraröda våglängdsområdet med en våglängd på 0.75-0.90 μm . Vid kartering av objekt på jorden utnyttjas kunskapen om att strålningsintensiteten inom olika våglängder oftast är typisk för olika objektstyper vilket ger olika *spektrala signaturer* (Figur 2).



Figur 2. Signaturkurvor för frisk grön vegetation, torr jord (grå-brun) och klart vatten. Satellitdata från Landsat TM registrerar den utgående strålningen inom 7 våglängsområden. Det termiska bandet TM 6 (10.4-12.5 mm) är inte inlagt i figuren. (Modifierad från Swain & Davis, 1978 och Lillesand och Kiefer, 1987).

Mängden reflekterad strålning för en yta med frisk vegetation är relaterat till dess pigmentering, fysiologisk struktur och vatteninnehåll, fenologiskt utvecklingsstadium, produktivitet, vegetationstäckning, skuggeffekt från vegetation, jordart och jordfuktighet samt andra icke-gröna komponenter.

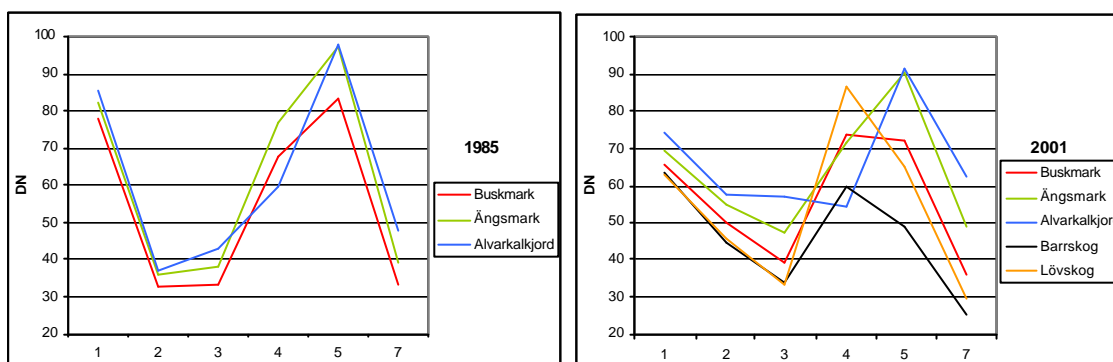
I Figur 3 till 4 illustreras spektral information från Landsat TM inom några vegetationsklasser i vegetationsdatabasen från Öland. För fler exempel, se Ahlcrona et al (2000a). Följande generella samband finns mellan olika objektstyper och strålningsintensitet från dessa:

- Inom det synliga våglängdsområdet absorberar pigmentet klorofyll kraftfullt den inkommande strålningen. Alvarkalkjord har t.ex. ett högre värde inom detta våglängdsområde än klasser med mycket (grön) vegetation.
- Inom det nära infraröda området (motsvarar TM band 4) reflekteras däremot en stor del av den inkommande strålning för grön vegetation.
- I det mellan-infraröda området (motsvarar TM band 5 och 7) har grön vegetation generellt lägre reflektion än torr bar jord. "Våtare" vegetation (exv friska, levande

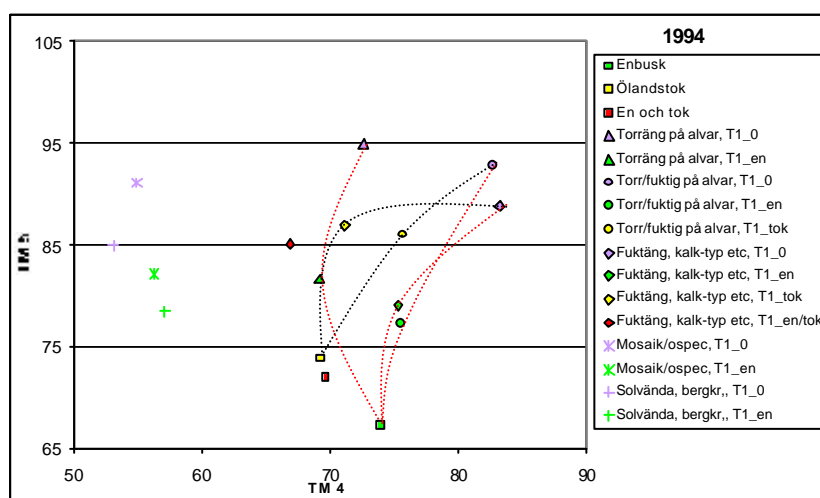
gröna blad) har generellt lägre reflektion än "torrare" vegetation (t.ex. gula, torra, höstlöv) eftersom vatten absorberar strålningen inom detta område kraftigt.

Övriga generella samband som är av intresse för denna studie är:

- Vid en ökad krontäckning i skogsmark sker oftast en minskning av reflektansen i alla våglängdsband i takt med att mängden skugga ökar. I Landsat TM data utnyttjas oftast TM5 eftersom detta våglängdsband påverkas mer av skillnader i skuggmängd än kortvågigare våglängdsband. Samma resonemang som för träd kan föras för (högre) buskar.
- Täckningsgrad och mängden biomassa av grönt t.ex. gräs måste överstiga en viss nivå för att kunna karteras. Detsamma gäller den övre gränsen där sambandet planar ut/blir mättat över en viss nivå.
- Samma mängd grön biomassa eller grön vegetationstäckning kan ge olika reflektansvärden beroende på att den ena ytan har högre produktivitet (högre fotosyntetisk kapacitet) än den andra.



Figur 3. Spektralt svar (DN) i Landsat TM band 1-5 och 7 (1985-06-03 och 2001-07-25) inom några övergripande vegetationsklasser i vegetationsdatabas (1994). Satellitdata från 1985 är från satelliten Landsat-5 och 2001 data är från Landsat-7. Satelliterna har olika kalibrering i de olika våglängdsbanden.



Figur 4. Spektralt svar (DN) i Landsat TM band 4 och 5 (1994-07-05) för valda vegetationsklasser i vegetationsdatabas (1994). Spektral förändring från ängsmark utan buskar till enbuskmark är markerat med röd linje och till ölandstok med svart linje.

4 METODIK

4.1 Referensmaterial

4.1.1 Aktuell busk- och trädäckning

Referensmaterial utgjordes av 659 stycken 50 x 50 meters ytor som representerar 2002 års tillstånd. Referensmaterialet producerades av Länsstyrelsen i Kalmar och metodik beskrivs nedan.

Tre områden valdes på Stora Alvaret och ett område på sjömarkerna (Figur 5). Områdena flygbildsfotograferades med färgbilder från 400 meters höjd 2002-06-18 (klockan 10⁵⁶-13²⁷). En hasselbladskamera med digitalt bakstycke med 6,1 miljoner pixlar användes vid fotograferingen. Bilderna hade generellt en pixelupplösning på 10 x 10 cm och som sämst var den 13 x 13 cm. Bilderna rektifierades och digitaliserades med en noggrannhet av 10 meter.



Figur 5. Landsat TM (2001-07-25) i "naturliga färger" (RGB = TM3, TM2, TM1) med områden för flygfotografering markerade.

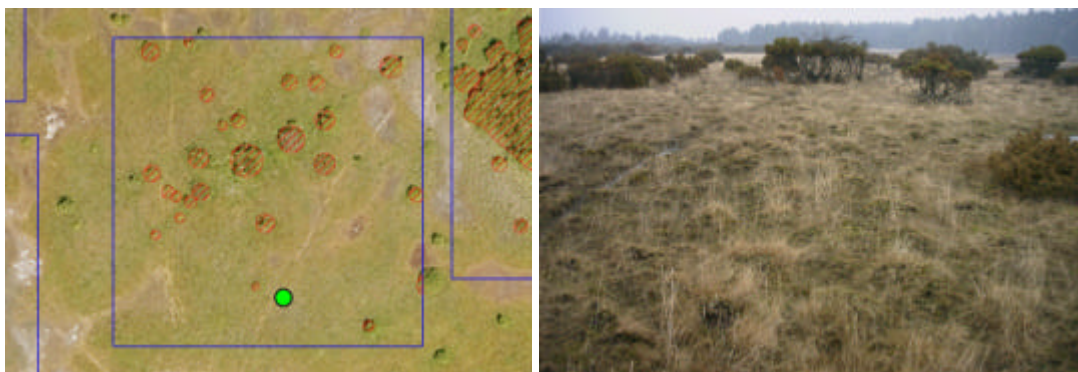


Figur 6. Exempel på specialbeställd flygbild (2002-06-18). Bilden motsvarar det sydligaste flygbildsområdet i Figur 5. Flygbilden är ca 1,7 km i x-led. Bakom ligger Landsat TM (2001-07-25) i en falsk färgsättning (RGB= TM4, TM5, TM3).

Flygbilderna togs in i ArcView och så många 50 x 50 meters rutor som möjligt placerades ut subjektivt i så homogena områden som möjligt med avseende på busktäckningsgrad. Totalt lades 659 rutor ut. I varje 50 x 50 meters ruta digitaliserades busk- och trädskiktet (Figur 7 och 8). Digitaliseringen gjordes i en skala <math><1:500</math>. De högupplösande bilderna gjorde det till och med möjligt att se tuviga partier. Trots de högupplösande bilderna kunde det i en del fall vara svårt att digitalisera buskskiktet till exempel om det rörde sig om mycket små buskar men framför allt då det var ett gytter av solitära buskar och öppen mark. För att arbetet skulle bli genomförbart digitaliserades i dessa områden en uppskattad yta.



Figur 7. Översiktligt satellitfoto som visar exempel på utlägg av rutor med inlagd karterad täckningsgrad.



Figur 8. Exempel på utlagd 50 x 50 meters yta i flygbild (vänster). Grön punkt motsvarar plats där fältfoto (höger) togs i riktning mot norr.

Busk- och trädskiktets procentuella täckningsgrad beräknades för samtliga rutor i ArcView. 62 av 659 rutorna valdes ut som referenser för att användas vid kalibreringen inför satellitbildsanalysen. Ytorna valdes så att det skulle finnas i en glidande skala från 0–100 % täckning. I referensytorna digitaliserades dessutom trädskiktet och dess täckning beräknades separat och där det var möjligt angavs trädslagen. Vid urvalet togs hänsyn till en satellitbild, L7-010725. Visade satellitbilden en relativt homogen färgåtergivning valdes ytan men var den däremot mycket heterogen utslöts den. Däremot eftersträvades det att få med homogena bilder av olika färger t ex så är färgåtergivningen från en gräsbeväxt

mark helt olikt återgivningen från en uttorkad vät. Som hjälp inför kalibreringen angavs därför, förutom busk- och trädskiktets procentuella täckning, även en beskrivning av markvegetationen för samtliga referensytor. Denna beskrivning är subjektiv och syftar på den dominerande typen inom rutan och anges i tre olika klasser:

- Vegetationsfri, mer eller mindre brun eller vit mark på bilden, t ex uttorkade våtar och grusalvar.
- Tunn markvegetation, gröna nyanser.
- Tät markvegetation, tydlig vegetation, i de flesta fall någon typ av grässväl.

4.1.2 Upphörd hävd

Ett referensmaterial som användes för att tidigt identifiera områden där hävd upphört (varningslampa) var områden inom vegetationskartans ängar som sannolikt är hävdade respektive inte är betade. Detta skikt erhöles genom en GIS-analys av marker som har respektive saknar miljöersättning inom vegetationskartans ängsserie.

4.2 Aktuell busk- och trädäckning

Först bedömdes hur representativt referensdata är för olika täckningsgradsklasser i olika vegetationstyper/marksdrag. Detta gjordes genom att analysera hur olika täckningsgrader var fördelade och hur olika vegetationsklasser enligt vegetationskartan var representerade.

Därefter valdes lämplig klassningsmetod. Den metod som till slut bedömdes var mest lämplig med den indata som fanns var styrd klassning (M-L klassning) av satellitdata utgående från referensytor. Klassindelning var 0-10 %, 10-20 %, 20-30 %, 30-40 %, 40-50 %, 50-60 %, 60-70 %, 70-80 %, 80-90 % och 90-100 %.

En annan metod som testades var ostyrd klassning av satellitdata. Denna metod resulterar i ett antal homogent spektrala klasser som tilldelas en täckningsgradsklass. Det stöd som användes för att tilldela etikett utgjordes av vegetationskartan och kunskap om spektralt svar för olika objekt. Den ostyrda klassningen utfördes inom vegetationskartans ängsmark, buskmark, alvarmark, hedmark, våtar och myrar. Klassindelning var 0-30 %, 30-50 %, 50-70 % och >70%.

Klassningen utfördes i Erdas Imagine.

4.3 Förändring av busk- och trädäckning

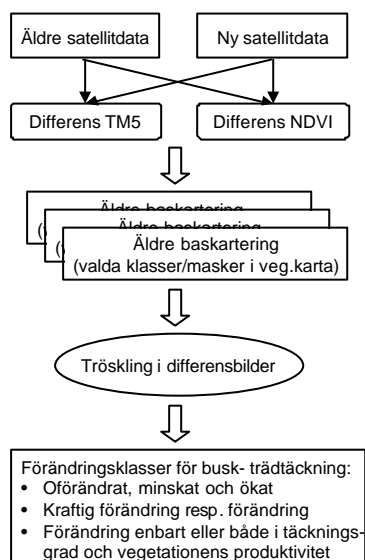
Förändringsanalys har utförts med två metoder:

- a) Förändringsanalys mellan satellitdata 1994 och 2001 med stöd av vegetationskarta
- b) Förändringsanalys mellan vegetationskarta 1994 och satellitdata 2001

Förändringsanalys mellan satellitdata 1994 och 2001

Metoden (figur 9) baseras på tröskling av gränsvärden i differensbilder från Landsat TM data från 2 olika år. Metoden utvecklades och testades 1999 (Ahlcróna et al 2000a och 2000b). Den äldre satellitdata skall vara från ungefär samma år som baskartering (vegetationskarta) och trösklingen sker inom valda masker (klasser) från vegetationskartan enligt likartad vegetationstyp.

Förändringsklasser utgörs av 4 huvudgrupper: kraftig ökning, ökning, minskning och kraftig minskning av täckning. En underindelning utförs baserat på sannolikhet att förändring är relaterat till en förändring av busk- och träd täckning eller till en förändring av produktivitet (frodighet) av vegetation.



Figur 9. Översiktlig beskrivning av metod för satellitdatabaserad förändringsanalys av busk- och träd täckningsgrad.

Projektet 1999 var inriktat mot förändringar av buskskikt i torrare marker (Kapitel 1.2). Nuvarande projekt inkluderar även fuktigare marker och trädskikt. Följande steg ingick:

1. Produktion av matchad (normaliserad) differensbild (TM 5) mellan Landsat-5 data från 5 juli 1994 och Landsat-7 data 25 juli 2001. Denna del utfördes i Enforma som är ett program för satellitdatabaserad förändringsanalys som används av Skogsvårdsorganisationen.
2. Test av lämpligt tillvägagångssätt för att producera normaliserad differensbild för vegetationsindexet NDVI $((TM3-TM4)/(TM3+TM4))$ mellan 1994 och 2001. Se Figur 10 för mer information om NDVI. I projektet 1999 absolutkalibrerades ingående satellitdata men detta förfaringsätt är inte smidigt i en operativ fas utan någon typ av relativ kalibrering är att föredra. Enforma har idag ingen funktion för att matcha NDVI mellan två år.

Det enkla tillvägagångssätt som valdes var att dividera med standardavvikelsen i respektive ingående band. Därefter bildades NDVI för

respektive år och sedan beräknades differens mellan NDVI 2001 och NDVI 1994.

- Tröskling i differensbilder (TM5 och NDVI) för att erhålla förändringsklasser. Trösklingen utfördes utan referensdata och gränsvärden sattes subjektivt med stöd av satellitdata inom valda vegetationsklasser nedan.

Förändringsanalysen utfördes inom nedanstående buskmarker och ängs- och alvarmarker som kan ha ett busk-/trädsikt enligt vegetationskartan:

- Torräng till torr/fuktig äng (kod 76 och T2=28, kod 74 och T2=0, kod 77 och T2=0 och 29).
- Fuktäng (kod 78 och T2 = 30 och 78)
- Våt äng (kod 79 och T2 = 0 och 20)
- Alvarkalkjord (kod 42 och 82)
- Enbuskmark (kod 31)
- Tokbuskmark (kod 72)
- Entokbuskmark (kod 73)

Förändringsanalysen utfördes inom ovanstående grupper för T1 = 0 (dvs buskskikt mellan 0-10% och/eller trädsikt 0-5%) respektive T1 > 0 (dvs buskskikt mellan 10-70% och/eller trädsikt 5-25%).

Förändringsanalys mellan vegetationskarta 1994 och satellitdata 2001

Indata var:

- vegetationskarta som representerar 1994 års tillstånd.
- Delresultat från den ostyrda klassningen av satellitdata 2001. De spektrala signaturer inom respektive vald vegetationsklass som *avvek* från övriga signaturer och som indikerade en förändrad busk-/trädtäckning markerades. Ingående klasser i vegetationskartan var ängsmark, buskmark, alvarmark, hedmark, våtar och myrar. En logisk operation enligt Tabell 1 utfördes sedan för att erhålla en grov förändringskartering mellan vegetationskarta 1994 och satellitdata 2001.

Tabell 1. *Beskrivning av logisk operation mellan satellitdata 2001 och vegetationskartan 1994.*

Täckningsgrad (%)		Förändring
1994	2001	
0-10	0-10	Oförändrat
0-10	10-70	Ökat
0-10	>70	Kraftigt ökat
10-70	0-10	Minskat
10-70	10-70	Oförändrat
10-70	>70	Ökat
>70	0-10	Kraftigt minskat
>70	10-70	Minskat
>70	>70	Oförändrat

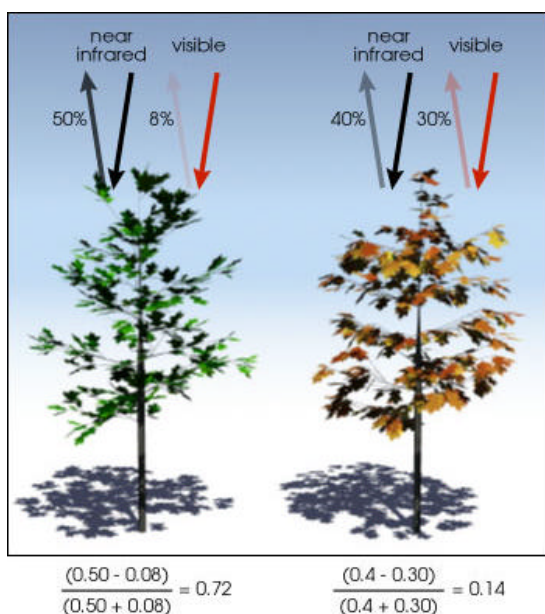
Ett annat förfaringsätt än att identifiera spektrala avvikelser från en basinventering är att ta skillnaden mellan två karteringar (t.ex. vegetationskartan 1994 och satellitkartering 2001). Detta sätt används mindre sällan eftersom karteringsfelet ofta blir för stort. Om t.ex. noggrannheten är 0,8 i kartering tid₁ och

0,7 i kartering tid₂ så blir noggrannheten i en differensprodukt $0,8 \times 0,7 = 0,56$. Detta förutsatt att inte exakt samma fel görs i de båda karteringarna.

4.4 Upphörd hävd

Vald metod för att tidigt identifiera områden där betet upphört men förbuskning inte har skett än baseras på antagandet att produktiviteten i vegetationen förändras. Hypotesen är att produktivitet är olika i en betad mot en obetad gräsmark.

Vegetationsindexet NDVI (Figur 10) som kan erhållas från Landsat TM (eller ETM+)-data är ett index som används i över 20 år för att kartera bl.a. produktiviteten i vegetation (se vidare i t.ex. <http://earthobservatory.nasa.gov>). NDVI påverkas av mängden grön vegetation och hur produktiv (vilken fotosyntetisk aktivitet) som denna vegetation har. I studien från 1999 bedömde användarna på basis av lokal kännedom att ett hårt betat eller uttorkat fältskikt ger ett helt annat utslag i NDVI (lägre) än ett obetat eller frodigt fältskikt. Därmed indikeras att en betad gräsmark har lägre produktivitet än en obetad gräsmark. Man bör dock komma ihåg att denna indikation gäller för studieområdet på Öland i mitten av vegetationsperioden.



Figur 10. Beräkning av NDVI (Normalised Difference Vegetation Index) görs som bilden visar genom att utnyttja reflektansvärden för det nära infraröda våglängdsområdet och det röda (synliga) våglängdsområdet. Eftersom levande grön vegetation absorberar synligt ljus effektivt blir NDVI högt för trädet med gröna löv, men lågt för trädet med gula höstlövs. Att löven ser gröna ut för oss beror för övrigt på att de absorberar grönt ljus något mindre effektivt än de absorberar annat synligt ljus. Bild från NASA Earth Observatory.

Ett högt NDVI är relaterad till en hög produktivitet och vice versa är korrekt men man skall beakta att detta gäller all vegetation och inte enbart den hävdade. Studien utfördes inom vegetationskartans ängsmarker som har varierande grad av vegetationstäckning, fuktighet och busk-/träddäckning. Resultatet bör därför beaktas med hänsyn till att:

- bar jord och andra ytor med mycket låg vegetationstäckning har lågt NDVI liksom vattendränkt gräsmark.

- hög täckning av buskar har högt NDVI, i synnerhet om buskarna har tätt med löv – enbuskar ger inte riktigt lika höga värden. Dvs en igenväxt f.d. betad gräsmark kan ha ett högt NDVI eftersom buskar nu täcker ytan. Eftersom vegetationskartan är från 1994 och satellitdata från 2001 kan detta mycket väl vara möjligt.

Följande bearbetningar av data gjordes:

- **Beräkning av NDVI** ((TM4-TM3)/TM4+TM3) för data från Landsat ETM+ 2001-07-25 samt en "sträckning" av resultatet så att alla resultatvärden fördelades ut mellan 0 och 255.
- **Beräkning av Wetness index** för data från Landsat ETM+ 2001-07-25 (del tre i indexet "Tasseled cap", se Huang et al 2001) samt en "sträckning" av resultatet så att alla resultatvärden fördelades ut mellan 0 och 255 (med bibehållet relativt inbördes avstånd).
- **Uppdelning av ängsmarken i tre grupper utifrån deras "wetness index"** (se ovan) genom tröskling från två håll i indexet. Låga "wetness" ansågs vara torra ängar, höga "wetness" fuktiga ängar, och mellangruppen övriga ängar (ej torra eller blöta). Uppdelningen av ängsmarken i "fuktiga" – "ej fuktiga eller torra" – "torra" från det satellitdataberäknade wetness index gjordes med kännedom om hur stor total yta av ängsmarken som enligt vegetationskartan skulle höra till respektive fuktighetsgrupp. När uppdelningen gjordes (genom tvåvägströskling i wetness index) sattes värdena så att det blev lika stor total yta av varje grupp som det skulle vara enligt vegetationskartan. Karteringen från wetness index blev således arealriktig, men var de olika ängstyperna hamnade fanns ingen styrning av och det stämde därför inte helt med vegetationskartans indelning. Bakgrunden till att ta med beräkningar från denna indelning var att inte alla områden i Sverige har färdiga vegetationskartor, däremot finns ofta avgränsningar av betesmarker. Om ett satellitdataberäknat index skulle kunna ersätta en vegetationskarta som indelningsgrund för analyser av denna typ skulle det vara värdefullt. Det fanns dock inte tid för mer ingående försök, utan här testades bara detta enkla index.
- **Utklippning av sex grupper ängsmark utifrån deras etikettering i vegetationskartan** (Metrias vegetationskarta över Öland).
 - 1) Torra ängar utan buskar eller träd (vegetationstypkod 74 "Torr-frisk äng utanför alvarmark" samt 76 "Torräng på alvarmark" samt T1-kod = 0)
 - 2) Torra ängar med buskar och/eller träd (kod som ovan men T1>0).
 - 3) Övriga ängar – "friskängar" – utan busk- eller trädinslag (vegetationstypkoder 74 Torr-frisk äng utanför alvarmark, 77 Torr-Fuktig äng på alvarmark – samtliga med T1=0).
 - 4) som 3 men med T1>0 dvs med inslag av buskar och / eller träd.
 - 5) Fuktängar utan buskar eller träd (vegetationstypkod 78 "Fuktäng" och kod T1=0)

- 6) Fuktängar med buskar och/eller träd (vegetationstypkod 78 "Fuktäng" och kod T1>0)

Det finns alltså ett överlapp mellan de "torra" och de "friska" ängarna, där den klass som i kartan kallas "Torr-frisk äng" har räknats med i både urvalet för torra ängar och urvalet för friska ängar. Vegetationstyp 77 "Torr-Fuktig äng" har dock endast räknats med i gruppen övriga ängar (friskängar).

- **Geografisk uppklippning av "sträckt" NDVI för olika ängstyper:**
 - 1) Busk- och trädbärande fuktängar enligt vegetationskartan
 - 2) Busk- och trädfrä fuktängar enligt vegetationskartan
 - 3) Busk- och trädbärande "friskängar" enligt vegetationskartan
 - 4) Busk- och trädfrä "friskängar" enligt vegetationskartan
 - 5) Busk- och trädbärande torra ängar enligt vegetationskartan
 - 6) Busk- och trädfrä torra ängar enligt vegetationskartan
 - 7) Fuktängar enligt vegetationskartan
 - 8) Fuktiga ängar utan buskar enligt satellitdataberäknat wetness index (inom vegetationskartans ängsmask)
 - 9) "Friskängar" enligt vegetationskartan
 - 10) "Friskängar" utan buskar enligt satellitdataberäknat wetness index (inom vegetationskartans ängsmask)
 - 11) Torra ängar enligt vegetationskartan
 - 12) Torra ängar enligt satellitdataberäknat wetness index (inom vegetationskartans ängsmask)
- **Ovanstående uppklippning i ängstyper delades ytterligare en gång, nu utifrån om ytan hade betesstöd eller ej.** Resultatet blev således att ängsmarken klipptes upp i 24 olika varianter.
- **Beräkning av frekvensfördelning för "sträckt NDVI"-data** inom respektive ängstyp (antal pixlar per NDVI-värde), för betad respektive obetad mark separat. Utfördes i Erdas Imagine. Data fördes över till Microsoft Excel och där skapades diagram.
- **Beräkning av ackumulerad frekvensfördelning för "sträckt NDVI-data"** inom respektive ängstyp samt skapande av diagram. Utfördes i Microsoft Excel.
- **Beräkning av kvoten "yta detekterad som obetad ängsmark / yta felaktigt detekterad som obetad ängsmark"** för alla tänkbara tröskelvärden på NDVI, inom respektive ängstyp. Utfördes i Microsoft Excel (inkl diagram).

4.5 Igenväxning av våtmark och vatten

Satellitdatabaserad kartering av igenväxande våtmarker och vatten respektive våtmarker där ny öppen vattenyta bildats utfördes mellan Landsat TM data från 1994 och 2001 under nedanstående klasser i vegetationskartan (1994):

- Sötvatten (kod 9)
- Vät (kod 81)

- Myr/kärrmarker (kod 44, 52 och 54)

Syftet var att identifiera områden där en förändring skett från vatten till vegetation eller vegetation till vatten. Vegetationsindexet NDVI bedömdes vara lämpligt att använda för att särskilja vegetationsklädda ytor mot vattenytor. Differensbilden NDVI (4/3) mellan 1994 och 2001 användes. Denna differensbild hade redan producerats vid studien av förändrad busk- och trädäckning (Kapitel 4.3).

Eftersom mycket mörka ytor såsom vatten kan ge stort utslag i ett index endast vid några nivåskillnader i digitalvärden är det viktigt att veta vad som är vatten i satellitdata 1994 och 2001. Detta gjordes genom att tröskla ut vatten i TM band 5 i 1994 respektive 2001 bilden. Därefter gjordes en logiska operation enligt Tabell 2.

Tabell 2. Beskrivning av logisk operation mellan tröskling i NDVI differensbild (1994 och 2001) samt tröskling av vatten i TM band 5 i Landsat TM data från 1994 respektive 2001. Ett exempel på hur tabellen skall läsas är: Mindre vegetation (enligt differensbild NDVI) + vatten i 2001 Landsat TM data (enligt TM5) ger förändrings klassen "vegetation till vatten (ev röjning).

Differens NDVI:	Mindre veg	Oförändrat	Mer veg
		3	
TM5:			
Vatten i 94 bild	3		5
Vatten i 01 bild	1		3
Ej vatten i 94 eller 01	2		4
Klasser:			
1 = Vegetation till vatten (ev röjning)			
2 = Minskad produktivitet i vegetation			
3 = Oförändrat			
4 = Ökad produktivitet i vegetation			
5 = Vatten till vegetation (ev igenväxning)			

4.6 Utvärdering

4.6.1 Aktuell busk- och trädäckning

Satellitklassningen utvärderades mot de referensytor som inte användes i kalibreringen av klassningen ("inlärning" av klassningsprogrammet).

Medeltäckningsgrad för de fyra referensområdena uträknades och jämfördes för flygbildstolkning och satellitklassning.

Regressions- och korrelationssamband uträknades mellan täckningsgrad för flygbildstolkning och satellitklassning.

Noggrannheten av klasstillhörighet sammanställdes även i form av förväxlingsmatris (Congalton och Green, 1999, Ahlcrona och Johansson, 2003). Förväxlingsmatriser utgår från bestämda diskreta klasser (t.ex. 0-10 och 11-20 procent täckning). Eftersom täckningsgrad är en kontinuerlig variabel är det inte optimalt att använda förväxlingsmatriser om än detta inte är ovanligt.

Fältkontroll i subjektivt valda ytor utfördes som ett komplement.

4.6.2 Förändring av busk- och trädäckning

Utvärderingen baserades på fältbesök till subjektivt utvalda ytor som karterats som förändrade. Vid fältbesöket gjorde Länsstyrelsen i Kalmar en bedömning av om resultatet var rimligt eller ej.

4.6.3 Upphörd hävd

Arbetsblocket var till sin natur en utvärdering av hur mycket användbar information om hävdstatus som gick att extrahera genom NDVI-bearbetning inom olika ängstyper med kända avgränsningar, d.v.s. en analys av befintliga kart- och satellitdata. För utförlig beskrivning av metoden se avsnitt 4.4 Upphörd hävd. Beräkningarna av möjligheten att skilja hävdade från ohävdade marker gjordes med utgångspunkten att referensdata över bete / ej bete var helt korrekt. Resultat som framkom i utvärderingen visar att så inte riktigt var fallet men eventuella konsekvenser av detta tas upp i diskussionsavsnittet.

En fältkontroll gjordes i efterhand, av Thomas Johansson på länsstyrelsen i Kalmar län, för att se hur pass hög kvalitet referensdata hade.

4.6.4 Igenväxning av våtmark och vatten

Utvärderingen baserades på fältbesök till subjektivt utvalda ytor som karterats som förändrade. Vid fältbesöket gjorde Länsstyrelsen i Kalmar en bedömning av om resultatet var rimligt eller ej.

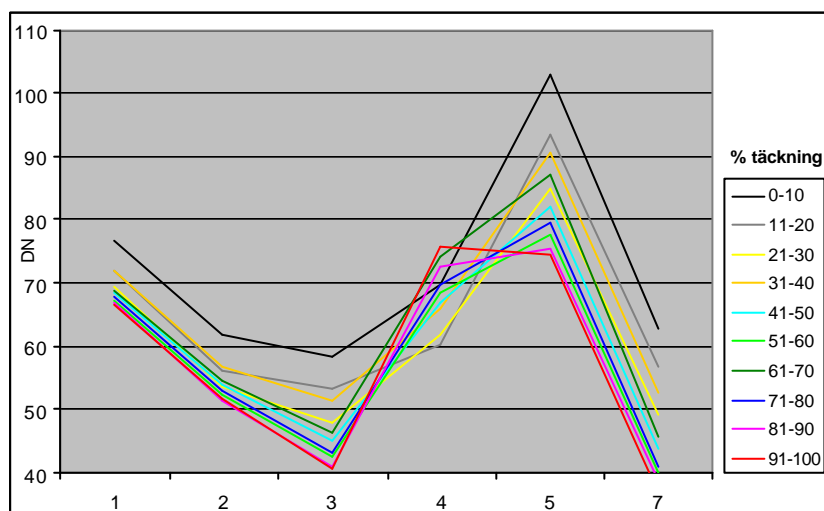
5 RESULTAT OCH DISKUSSION

5.1 Aktuellt busk- och trädäckning

5.1.1 Samband mellan spektral information och referensytor 2002

Klassningen baseras på de 62 referensytorna, vars kända täckningsgrad användes som kalibrering och ”lärde” klassningsprogrammet hur olika täckningsgrader ”ser ut” i satellitdata. Ytorna är relativt små (50 x 50 m) och risken för att omgivande mark påverkar det spektrala svaret i satellitdata är stort. Referensytorna skär ofta pixlarna (25 x 25 m) i satellitdata vilket innebär att denna risk blir större.

Spektrala signaturer i satellitdata som ett medelvärde för täckningsgrupper i 10%-intervall visas i Figur 11. Att busktäckningsgrad har ett samband med mängd reflekterad strålning i band TM5 kan utläsas. Högre värde i TM5 ger lägre täckningsgrad och vice versa. Även i TM7 finns ett liknande samband och TM5 och TM7 är starkt korrelerade ($r=0,9$). Vidare indikerar diagrammet att TM3 och TM4 samt förhållandet mellan TM4 och TM5 respektive mellan TM3 och TM4 har samband med täckningsgrad.



Figur 11. Spektralt signatur (DN) i Landsat TM band 1-5 och 7 (2001-07-25) för olika täckningsgrad (%) av buskar och träd inom 62 referensytor (2002-06) uppdelat i 10% grupper. Diagrammet är baserat på medelvärden inom respektive 10% grupp.

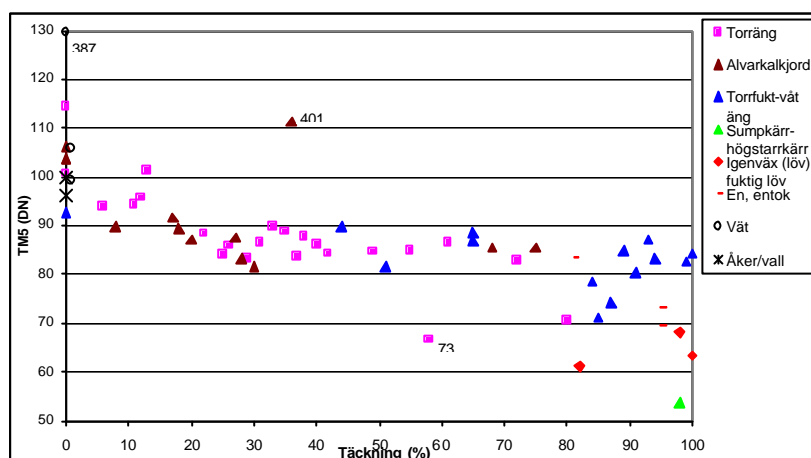
Starkast samband ($r > 0,7$) mellan täckningsgrad av buskar/träd och enskilt TM band eller kvoter mellan band fanns med TM5, TM6, TM7 och TM5/TM4 (Tabell 3).

Tabell 3. Korrelationskoefficient (r) mellan spektral information i Landsat TM (2001.07.25) och täckningsgrad av buskar/träd i 62 referensytor.

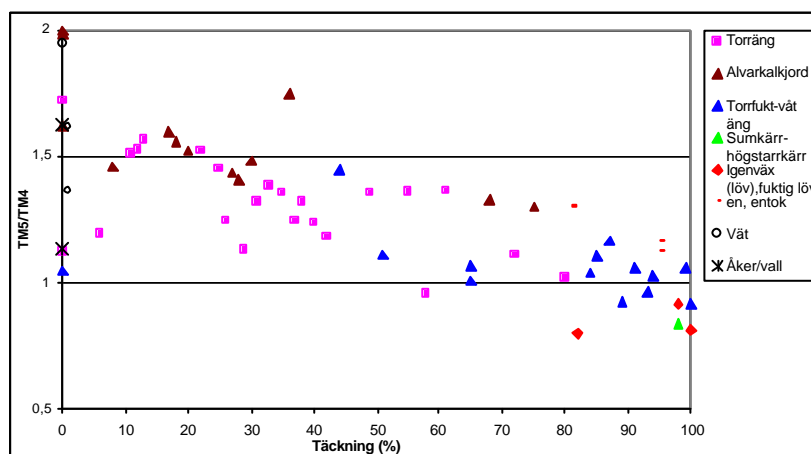
	Korrelation, r		Korrelation, r
TM1	-0,49	TM6	-0,74
TM2	-0,49	TM7	-0,70
TM3	-0,59	TM4/TM3	0,60
TM4	0,33	TM5/TM4	-0,74
TM5	-0,75	NDVI (4/3)	0,64

Spridningen är relativt stor och speciellt stor vid ingen täckning av buskar eller träd (Figur 12 till 14). Ytor som noterbart avviker från sambandet är i TM5 och TM5/TM4 bl.a. ytor med låg täckning och mycket ljus jord (nr 401). Denna avvikelse kan inte noteras i den termiska kanalen TM6 (Figur 14) som registrerar hur mycket värme som avges. Band 6 har 60 m geometriskt upplösning jämfört med 30 m för övriga TM band.

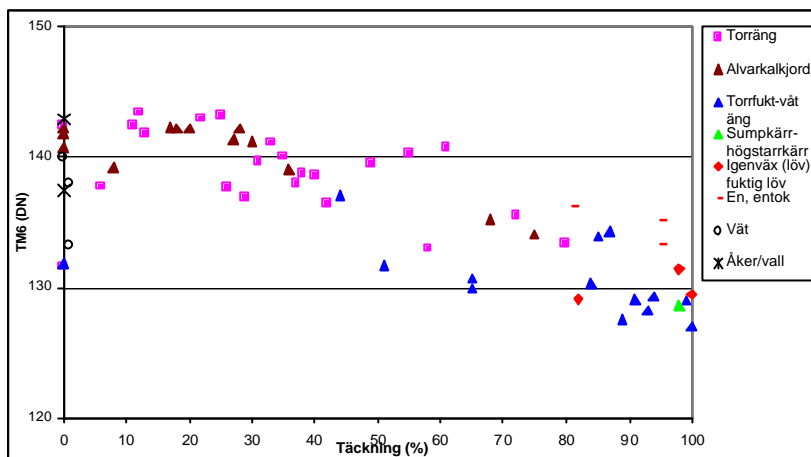
Förutom täckningsgrad av buskar och träd så påverkas sannolikt sambandet med det spektrala svaret av fuktighetsgraden i jorden, typ och höjd på buskar/träd, fält- och bottenskiktets typ, täckning och frodighet samt jordart. Alla dessa parametrar finns inte i referensdata på ett representativt spritt vis och är inte hellre praktiskt möjligt att få representativa.



Figur 12. Spektralt svar (DN) i Landsat TM band 5 (2001-07-25) mot total täckningsgrad (%) av buskar och träd inom 62 referensytor (2002-06). Referensytor har olika symboler beroende på vilken dominerande klass enligt vegetationskartan som de ligger inom. $R = -0,75$.



Figur 13. Spektralt svar i Landsat TM band 5/4 (2001-07-25) mot total täckningsgrad (%) av buskar och träd inom 62 referensytor (2002-06). Referensytor har olika symboler beroende på vilken dominerande klass enligt vegetationskartan som de ligger inom. $R = -0,74$.



Figur 14. Spektralt svar (DN) i Landsat TM band 6 (2001-07-25) mot total täckningsgrad (%) av buskar och träd inom 62 referensytor (2002-06). Referensytor har olika symboler beroende på vilken dominerande klass enligt vegetationskartan som de ligger inom. $R = -0,74$.

Vid en bedömning av referensmaterialet enbart med avseende på vegetationstyp mot täckningsgrad av vegetation så saknas lägre täckningsgrader för myr/kärrmarker och de fuktigare ängstyperna. Ytor för våtar med täckningsgrad av busk eller trädskikt saknas.

Hur representativa ytorna är med avseende på typ av buskar är okänt. Detta bedöms främst bli ett problem vid kartering av lövbärande buskar (t.ex. ölandstök) eftersom enbuskar är lättare att särskilja från fältskikt i satellitdata.

Ett önskemål från användare var att klassningen helst skall ske över hela TM bilden och inte enbart under valda områden motsvarande vissa klasser i vegetationskartan. För att uppfylla detta behövs komplettering av referensytor med typer som saknas helt, t.ex. vatten och barrskog.

De kompletteringar av referensytor som gjordes innefattade klasser som helt saknades såsom vatten och barrskog. Därefter kompletterades materialet med våtare/fuktigare ängar och myrmark som har ingen/låg busktäckningsgrad ($T1=0$ i vegetationskartan). Förutom vegetationskartan användes satellitdata som stöd. Kompletteringar skedde även inom alvarkalkjord, våtar och torräng ($T1=0$) eftersom variation i jordartsfärg/jordfuktighet troligen var stor. Inga kompletteringar var möjliga att göra på marker med en busktäckningsgrad mellan 10-70% enligt vegetationskartan eftersom inga säkra större ytor kunde identifieras.

5.1.2 Styrd klassning

Klassningarna utfördes för hela Öland och utgörs av:

1. M-L klassning baserat på 62 referensytor.

Klassningen ger ett visuellt rimligt resultat i marker med liknande förhållanden som i referensytorna. Vissa objekt som inte var representerade i referensytorna blir tydligt felaktiga. T.ex. blir vatten klassat som områden med 100% täckning av träd eller buskar. En komplettering av ytor var därmed nödvändig.

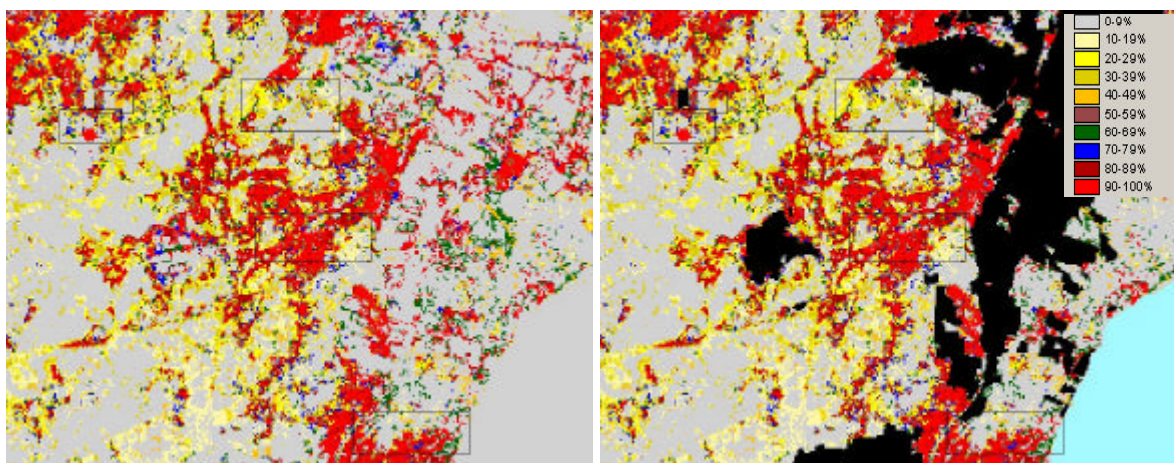
2. M-L klassning baserat på de 62 referensytor och kompletterande ytor (Figur 15).

Detta resultat förbättrar klassningen i främst vatten och kulturmark.

Vid visuell granskning av klassningsresultatet finns fortfarande en del felaktigheter i bl.a. kulturmark. En rekommendation är därför att klassningen läggs ihop med de klasser/masker i vegetationskartan som inte har träd eller buskar såsom vatten och kulturmark (Figur 15).

Problematiska klasser bedöms vara:

- Våtare marker med tätare högre vegetation såsom vass och säv och utan busk eller trädskikt. En bedömning är att dessa marker kan bli klassade till en hög täckningsgrad.
- Marker med ölandstok och stor andel friskt fältskikt.
- Marker med kraftigt varierande jordfärg (jordfuktighet).



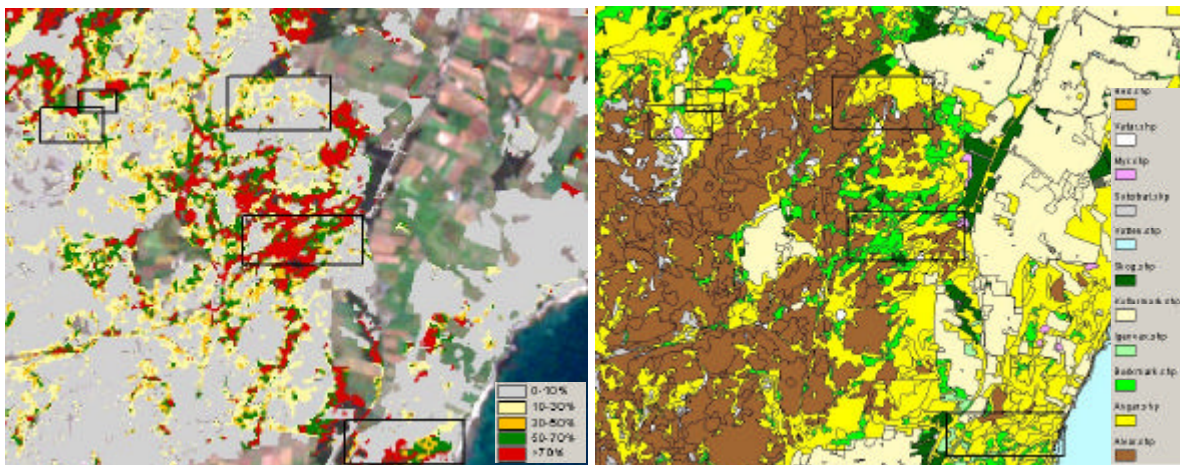
Figur 15. Rektanglar motsvarar områden där flygbilder fotograferades under sommaren 2002. Figuren i x-led är drygt 8 km.

Vänster: Styrd klassning baserat på 62 referensytor och kompletterande ytor med bl.a. vatten och barrskog. Höger: Samma klassningsresultat som till vänster men med vegetationskartans vatten (ljusblått) och kulturmark (svart).

5.1.3 Ostyrd klassning

Resultatet (Figur 16) utgörs av en sammanvägning av klassningsresultat utfört inom vegetationskartans masker ängar, alvarkalkjord, hedmark, vät, buskmark, myrmark. Klassningen skedde inte inom klasserna skogsmark och substrat i vegetationskartan varvid dessa områden blir oklassade.

Ostyrd klassning ger många spektralt homogena klasser och det är tidskrävande att tilldela dessa klasser en täckningsgrad även om en grov klassindelning väljs än vid styrd klassning. Flera spektrala klasser var svåra att tilldela en täckningsgrad utan mer referensdata. Metoden är relativt subjektiv och samma resultat med en annan operatör kan vara svårt att uppnå.

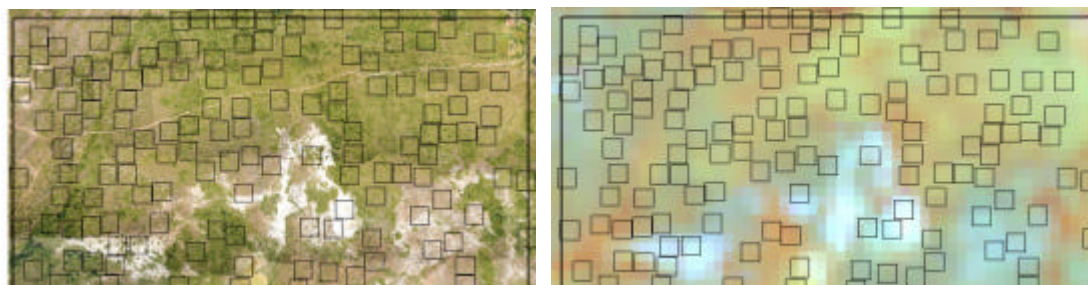


Figur 16. Ostyrd klassning (vänster) av Landsat TM data (2001-07-25) inom vegetationskartans masker ängar, alvarkalkjord, hedmark, våt, buskmark och myrmark. I oklassade områden visas Landsat TM bild i "naturliga färger". Till höger visas vegetationskartan med en modifierade klasslegend (sammanslagning av underklasser). Rektanglar motsvarar områden där flygbilder fotograferades under sommaren 2002. Figuren i x-led är drygt 8 km.

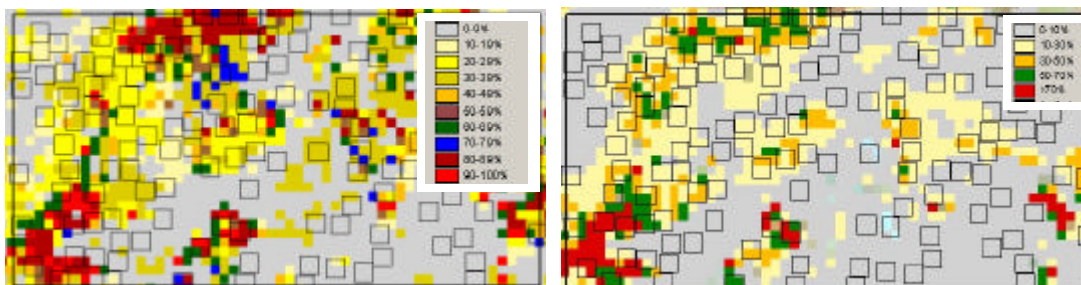
5.1.4 Utvärdering

5.1.4.1 Referensytor

För den styrda klassningen utgick utvärderingen från de 597 av de 659 referensytorna som ej användes vid kalibreringen. För den ostyrda klassningen utgick noggrannhetsutvärderingen från alla 659 referensytorna.



Figur 17. Exempel på referensområde (Skarpa Alby) med referensytor (50 x 50 m). Flygbilder (2002-06-18) till vänster och Landsat TM (2001-07-25) till höger.



Figur 18. Exempel på styrd M-L klassning (vänster och vänster legend nedan) och ostyrd klassning (höger och höger legend nedan) vid Skarpa Alby.

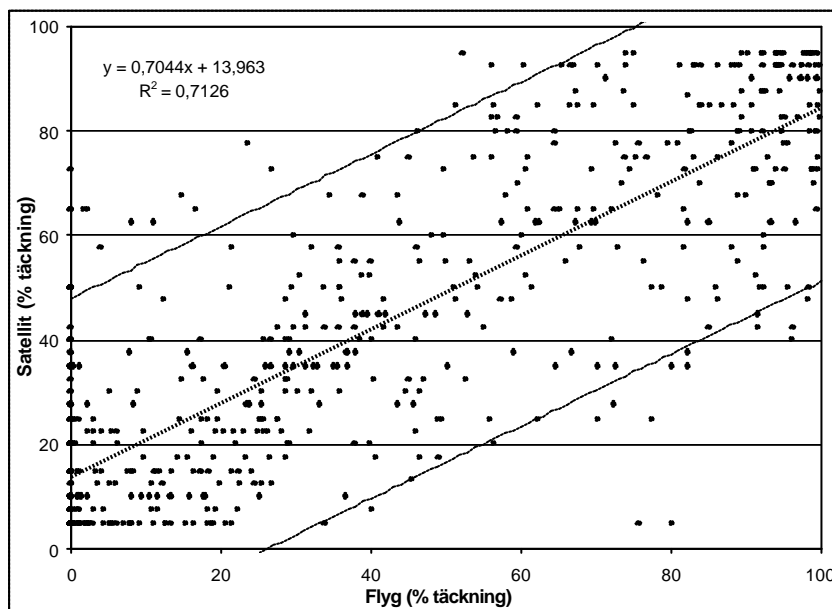
Att erhålla en perfekt överensstämmelse mellan ett "facit" och en kartering är en omöjlighet. Berg i dagen är ett relativt lätt objekt att kartera men när två erfarna kartörer fick i uppgift att från flygbilder kartera ytor av hållmark som var över en hektar stora var överensstämmelsen 82% (Lundén och Wester, 1988).

Man bör beakta att facit är ett försök att avbilda verkligheten. Några möjliga felkällor i facit i denna studie är:

- Facit baseras på visuell tolkning av flygbilder och en del ytor var svåra att tolka. Speciellt var det svårt att tolka ytor med mycket buskar i en gytterliknande mosaik med gräsmark.
- Datahantering. En yta hade dubbelt id-nr. En yta hade missats i tolkning och var felaktigt registrerad som 0 % täckning.
- Bedömd täckningsgraden i flygbilder digitaliserades vilket innebär generaliseringar.
- Skillnad i tidpunkt mellan flygbilder (18 juni 2002) och satellitdata (25 juli 2001) vilket innebär att förändringar kan ha skett. Kraftiga avvikelser (större än 60%) mellan flygbildstolkad och satellitdataklassad täckningsgrad följdes upp och då identifierades 2 ytor där borttagning av buskar/träd hade skett.

Av 597 möjliga utvärderingsytor togs 4 ytor bort av anledningar beskrivna ovan.

Samband mellan täckningsgrad enligt flygbildstolkning och styrd satellitdataklassning är plottat i Figur 19. Korrelationen (r) mellan dataseten är starkt ($r=0,84$). Standardfelet för ett förutspått y -värde för varje x -värde i regressionen är 17. Resultatet kan beskrivas som att noggrannheten eller riktigheten är hög men precisionen är låg (spridningen är hög), se vidare förklaring av begreppet noggrannhet i www.nordtest.org/register/techn/tlibrary/t417/noggrann.htm. Detta indikerar att en kartering av täckningsgrad med satellitdata bör ge bra resultat som medelvärde över större arealer medan en kartering inte är säker för mindre enskilda ytor.



Figur 19. Samband mellan täckningsgrad av buskar och träd enligt flygbildstolkning mot satellitklassning (styrd). Utritad är regressionslinje (heldragen linje) med konfidensintervall (95%-nivån) för predikterade värden (streckade linjer).

Korrelation (r) = 0,8. Standardfel för ett förutspått y -värde för varje x -värde = 17.

Notera att täckningsgrad från satellitklassningen går från 5 till 95 procent eftersom täckningsgraden karterades i 10%-intervall (dvs 0-9%, 10-19% osv).

Jämförelse mellan flygbildstolkning och styrd satellitdataklassning av medeltäckningsgrad för de fyra referensområden gav jämförbar täckningsgrad (Tabell 4). För alla områdena var medeltäckningen 41% enligt flygbildstolkningen och 39% enligt den styrda satellitdata klassningen. Resultat indikerar att en kartering av täckningsgrad med satellitdata ger bra resultat som medelvärde över större arealer. Det minsta området som utvärderades är 59 ha och det största 113 ha.

Tabell 4. Medeltäckning (%) av buskar och träd i de fyra referensområden samt totalt enligt tolkning i flygbilder (2002) och klassning av satellitdata (2001) baserat på styrd klassning respektive ostyrd klassning. De fyra områdena omfattar sammanlagt 375 ha. Det minsta området omfattar 59 ha (område 1) och det största omfattar 113 ha (område 3).

Täckning (%)	Flygbild	Satellitdata - klassning	
	Tolkning	Styrd	Ostyrd
Område 1 (norr vänster)	42	37	16
Område 2 (norr höger)	29	26	10
Område 3 (mitt)	58	53	35
Område 4 (syd)	35	38	9
Totalt:	41	39	17

Jämförelse mellan täckningsgradklasser från flygbildstolkning och satellitdataklassning redovisas även i förväxlingsmatriser i Tabell 5 till 8. Endast den lägsta klassen (0-9%) och den högsta klassen (>70%) har en något sänär bra noggrannhet. Mellanklasserna har låg noggrannhet, även när en gruppering till "bredare" klasser görs (jämför Tabell 5 med 6 och 7). Det största felet är att ytor som enligt flygbildstolkning har 0-9% täckning blir i satellitdata karterat som >9% täckning (främst 10-29%).

Den ostyrda satellitklassningen ger bättre noggrannhet i klassgrupp 0-9% (Tabell 8) men den ostyrda klassningen utfördes inte inom t.ex. kulturmark och resultatet kan därför inte jämföras.

De fasta klassgränserna är ett problem som medverkar till en låg noggrannhet. T.ex. så blir en klass som karteras till 30% i satellitklassningen helt fel om flygbildstolkningen anger ytan till 29%. Detta är ett generellt problem när noggrannheten redovisas i förväxlingsmatriser. Försök att karakterisera dataset i olika diskreta funktioner är ett sätt "mjuka upp" förväxlingsmatriser. Datasetet delas då upp i 5 kategorier från absolut fel, förståligt men fel, accepterbart, bra respektive absolut rätt (se t.ex. Couto 2003). Detta angreppssätt har inte testats i denna studie.

En grundläggande förklaringen till den låga noggrannheten i är sannolikt dels att det krävs mer representativ referensdata vid kalibrering för att täcka in alla variationer i vegetationstyper, jordarter, fuktighet mm. Dels är förklaringen att sambandet mellan täckningsgrad och satellitsvar bygger på att ett samband finns mellan ökad täckningsgrad och mängden skugga från buskarna/ träderna. Detta samband blir svagt om t.ex. ytan täcks av låga buskar/träd som kastar liten skugga. Vidare kan höga grästuvor och t.ex. vass ge så stor skugga att dessa ytor klassas som ytor med en täckning av buskar/träd i satellitdata.

I flera kraftigt felaktigt karterade ytor fanns både 0-9 % och 90-100% klasser inom samma yta (50 x 50 m). Detta indikerar att det finns en känslig tröskelgräns som inte fångats upp i referensdata eller som helt enkelt inte går att få bättre med använd metod.

Satellitdata i form av Landsat TM är begränsat till den geometriska upplösningen på 30 meter vilket innebär att utvärderingsrutor om 50x50 meter är vanskligt, inte minst med tanke på att den geometriska noggrannheten i Landsat TM data anges vara mindre än 1 pixel (25 meter). Denna "begränsning" medverkar till att en detaljerad kartering på objektnivå blir osäkert.

Tabell 5. Förväxlingsmatris och noggrannhetsmått för täckningsgrad (%) av buskar och träd erhållet genom flygbildstolkning (facit) och **styrd** satellitdataklassning.

Exempel på hur matrisen skall läsas:

- Sannolikheten är 82 % att en yta karterad till 0-9 % täckningsgrad även har denna täckningsgrad i verkligheten (facit). Detta mått benämns användartillförlitlighet eller objektnoggrannhet.
- Sannolikheten är 47 % att en yta som i verkligheten (facit) har 0-9 % täckningsgrad också blir karterat till denna täckningsgrad. Detta mått benämns producenttillförlitlighet eller karteringsnoggrannhet.
- Klassen 0-9 % är arealmässigt underrepresenterad i karteringen. 57 % mot 100 % som motsvarar arealriktigt.
- Medelnoggrannhet är en sammanvägning av användartillförlitlighet och producentnoggrannhet.

	Flygbildstolkning										Tot sat.	Procent				
	0-9	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-100		Anv. tillf.	Prod. tillf.	Arealrikt.	Medeln.	
Satellitdata klassning	0-9	93	11	5	1	1			1	1		113	82	47	57	60
	10-19	34	14	13	1	3	1					66	21	34	161	26
	20-29	36	5	12	5	4	3	1	3			69	17	24	141	20
	30-39	13	4	10	9	5	2	3	2	3		51	18	24	138	20
	40-49	4	4	5	9	7	4		1	3	6	43	16	23	139	19
	50-59	10		2	10	4	4	5	4	4	7	50	8	15	185	10
	60-69	6	3		2	4	2	5	4	3	7	36	14	18	129	16
	70-79	1		2		2	3	4	7	5	20	44	16	23	147	19
	80-89					1	6	6	3	5	27	48	10	16	155	13
	90-100						2	4	5	7	55	73	75	45	60	56
	Tot flyg:	197	41	49	37	31	27	28	30	31	122	593				

Tabell 6 Förväxlingsmatris och noggrannhetsmått för täckningsgrad (%) av buskar och träd erhållet genom flygbildstolkning (facit) och **styrd** satellitdataklassning. Täckningsgradsklasser har grupperats jämfört med Tabell 5.

	Flygbildstolkning					Tot sat.	Anv. tillf.	Prod. tillf.	Arealrikt.	Medeln.	
	0-9	10-29	30-49	50-69	70-						
Satellitdata klassning	0-9	93	16	2	0	2	113	82	47	57	60
	10-29	70	44	13	5	3	135	33	49	150	39
	30-49	17	23	30	9	15	94	32	44	138	37
	50-69	16	5	20	16	29	86	19	29	156	23
	70-	1	2	3	25	134	165	81	73	90	77
	Tot flyg:	197	90	68	55	183	593				

Tabell 7. Förväxlingsmatris och noggrannhetsmått för täckningsgrad (%) av buskar och träd erhållet genom flygbildstolkning (facit) och **styrd** satellitdataklassning. Täckningsgradsklasser har grupperats jämfört med Tabell 5 och 6.

	Flygbildstolkning			Tot sat.	Anv. tillf.	Prod. tillf.	Arealrikt.	Medeln.	
	0-9	10-69	70-						
Satellitdata klassning	0-9	93	18	2	113	82	47	57	60
	10-69	103	165	47	315	52	77	148	63
	70-	1	30	134	165	81	73	90	77
	Tot flyg:	197	213	183	593				

Tabell 8. Förväxlingsmatris och noggrannhetsmått för täckningsgrad (%) av buskar och träd erhållet genom flygbildstolkning (facit) och **ostyrd** satellitdataklassning.

	Flygbildstolkning					Tot sat.	Anv. tillf.	Prod. tillf.	Arealrikt.	Medeln.	
	0-9	10-29	30-49	50-69	70-						
Satellitdata klassning	0-9	196	20	7	4	9	236	83	88	105	85
	10-29	21	30	39	11	13	114	26	56	211	36
	30-49	5	2	25	19	20	71	35	32	92	34
	50-69	2	2	6	20	45	75	27	34	127	30
	70-				5	68	73	93	44	47	60
	Tot flyg:	224	54	77	59	155	569				

Sammanfattningsvis indikerar resultatet att den satellitdatabaserad klassning (styrd klassning från Landsat TM data) kan användas för kartering av täckningsgrad av buskar/träd men endast som medelvärde över ett område och inte för detaljerad kartering av enskilda objekt. Hur stort ett område måste vara för att ge bra resultat är inte känt utan här måste kompletterande studier ske. Denna studie ger att vid >60 ha stora områden så blir karteringen av täckningsgrad bra.

5.1.4.2 Fältkontroll

Vid kontroll i fält av några ytor (Bilaga 1 och sammanställning i Tabell 9) blev tuvig gräsmark (speciellt fuktigare) felaktigt karterat till en hög täckningsgrad. Ytor med vass/säv blev felkarterat till hög täckningsgrad i ett fältbesökt område. Detta indikerar att högre vegetation som inte är buskar eller träd kan bli felklassat, vilket troligen kan förklaras med att denna högre vegetation ger skugga i kombination med att det är fuktigt. Vid kontroll mot vegetationskartan blev vissa åkermarker karterade till en hög täckning av buskar och träd. Eventuellt kan det ha varit högre växande grödor på dessa åkermarker. Vegetationstyper som inte är representerade i referensdata kan även bli felkarterade, vilket eventuellt kan förklara varför slånbuskage blev felaktigt karterade till låg täckning.

Tabell 9 Sammanställning av resultat från fältkontroll i några ytor. Se Bilaga 1 för utförlig beskrivning.

Klassning täckning (%)	OK	Fel	Kommentar fel
0-9	7	1	Mkt slån och en.
10-19	2		
20-29			
30-39			
40-49	1		
50-59			
60-69		2	Tuvig, frisk-våt. Spridda låga tokbuskar.
70-79			
80-89	1	1	Yta nr 18. (torr-frisk äng, 0%)
90-100	1	1	Vass/säv

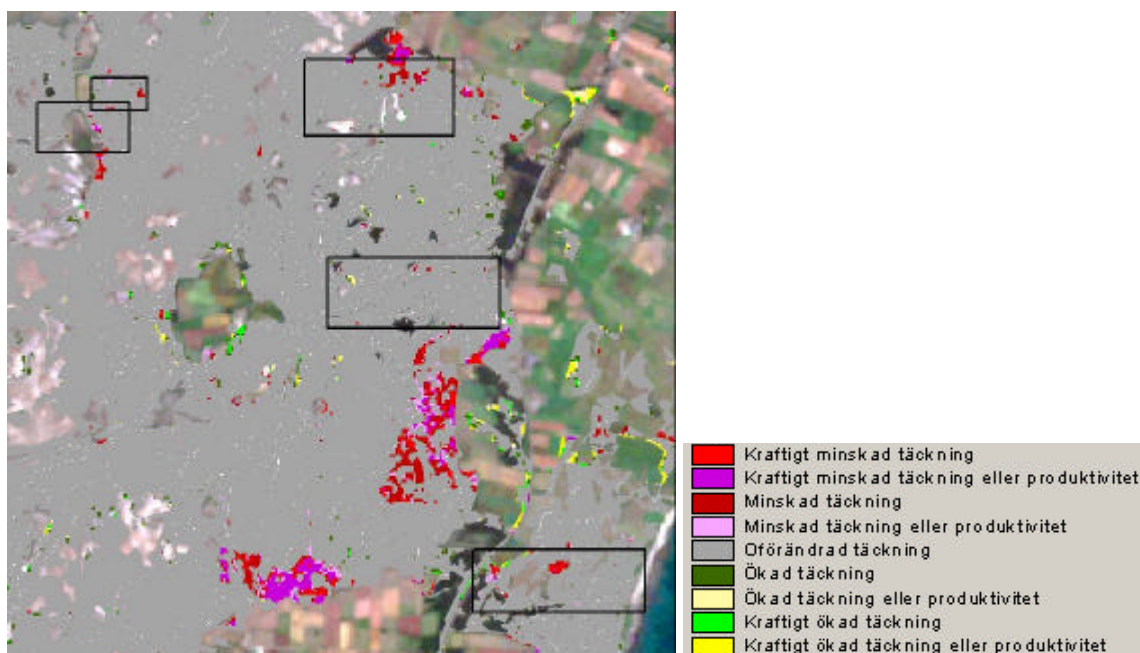
5.2 Förändring av busk- och trädäckning

5.2.1 Mellan satellitdata 1994 och 2001

Resultatet utgörs av förändringskartering av täckningsgrad mellan Landsat TM data från 1994 och 2001 under valda klasser i vegetationskartan som har eller kan ha buskar eller träd (se metodik kapitel). Hela Öland utom den sydligaste delen som inte täcks av satellitdata 1994 är med i resultatet.

Bildexempel av resultatet visas i Figur 21.

Notera att resultatet presenterar förändringar mellan 1994 och 2001. Om t.ex. en ökning av busktäckning har skett mellan 1994 och 2000 och en röjning skett år 2000 så kommer detta naturligt inte med som en förändring i resultat.



Figur 21. Förändringsanalys av täckningsgrad av buskar och träd mellan Landsat TM data 1994-07-05 och 2001-07-25 inom vegetationskartans masker ängar, alvarkalkjord och buskmark. I oklassade områden visas Landsat TM bild i "naturliga färger". Rektanglar motsvarar områden där flygbilder fotograferades under sommaren 2002. Området i x-led är drygt 8 km.

Ingen objektiv utvärdering av resultatet har utförts utan subjektivt valda ytor identifierades för fältbesök. De ytor som valdes för fältbesök begränsades till norra delen av Stora Alvaret för att minska restiden. Resultatet av fältkontroll redovisas i Bilaga 1 och är sammanställt i Tabell 10. Ytterligare en tillkommande yta där Länsstyrelsen i Kalmar visste att en kraftig röjning hade skett är en yta i Östra Vässby (koordinater: 6322270/1566730). Denna yta blev även karterat till "kraftigt minskad täckning".

Tabell 10. Sammanställning av resultat från fältkontroll i några ytor. Se Bilaga 1 för utförlig beskrivning. Prod står för produktivitet i vegetation.

		Fält			Kommentar - fel
		Minskad	Oförändrad	Ökad	
Satellit analys	Minskad	7			
	Minskad/minskad prod.	1			
	Oförändrat		5		
	Ökad/ökad prod.		4	1 (ev)	
	Ökad		2	1	Yta 12 och 18. 0% täckning. Torr-frisk äng.

Kartering av minskad täckning av buskar/träd ser ut att karteras bra, vilket även var en slutsats från studien 1999 (Ahlcrona et al 2000a och 2000b). Ökad täckning verkar vara svårare att kartera rätt. Detta indikerar att man kan förvänta sig en del falsklarm om ökad täckningsgrad av buskar/träd. I studien 1999 indikerades att en ökning av enbuskar karterades rätt medan det var svårare att kartera en ökning av tokbuskar, speciellt på fuktig mark.

Utvärderingsmaterialet är dock för litet (21 ytor) för att dra några slutsatser och en rekommendation är att utvärderingen kompletteras. En kompletterande utvärdering bör speciellt ske i områden som karteras till ökad/kraftigt ökad täckning. Detta för att få ett bättre underlag för att bedöma om felaktigt karterade områden är relaterat till en justering av gränsvärde i analysen eller om metoden kan förväntas ge många falsklarm.

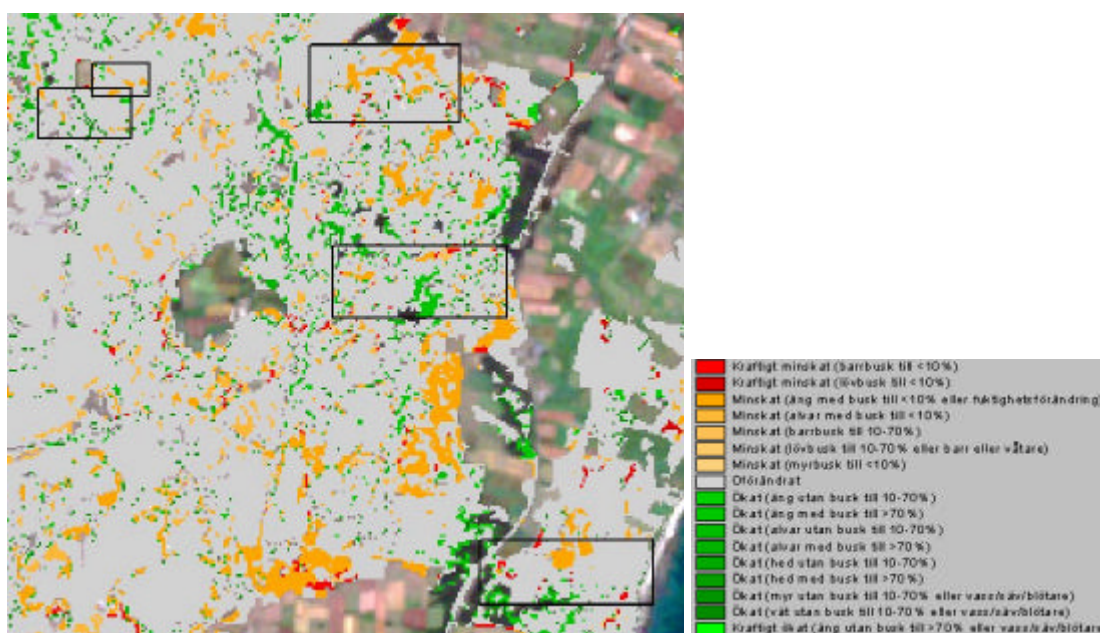
5.2.2 Mellan vegetationskarta 1994 och satellitdata 2001

Resultatet utgörs av förändringskartering av täckningsgrad mellan vegetationskartan (1994) och ett delresultat från ostyrd klassning av Landsat TM data från 2001 under valda klasser i vegetationskartan (se metodik kapitlet).

Bildexempel av resultatet visas i Figur 22.

Ingen objektiv utvärdering av resultat har utförts utan subjektivt valda ytor identifierades för fältbesök.

Resultatet av fältkontroll redovisas i Bilaga 1 och är sammanställt i Tabell 11.



Figur 22. Förändringsanalys av täckningsgrad av buskar och träd mellan vegetationskarta 1994 och Landsat TM data 2001-07-25. Analysen baseras på spektralt avvikande signaturer i Landsat TM data inom vegetationskartans klasser ängsmark, buskmark, alvarmark, hedmark, våtare och myrar. I oklassade områden visas Landsat TM bild i "naturliga färger". Rektanglar motsvarar områden där flygbilder fotograferades under sommaren 2002. Figuren i x-led är drygt 8 km.

Tabell 11. Sammanställning av resultat från fältkontroll i några ytor. Se Bilaga 1 för utförlig beskrivning.

		Fält			Kommentar
		Minskad	Oförändrad	Ökad	
Satellit analys	Minskad	4	1		Hög täckning av slån och en
	Minskad/fuktighetsförändr	3	2		
	Oförändrat	1	7	1 (ev)	Röjt för några år sedan. Nr 6.
	Ökad/ökad vass, säv		1		
	Ökad		1	1	Yta nr 18. 0% täckning. Torräng.

Utvärderingsmaterialet är liksom i förgående förändringsanalys för litet för att kunna dra några riktiga slutsatser. Eventuellt blir resultatet något sämre med denna metod jämfört med metoden att analysera satellitdata mot satellitdata. En generell bedömning baserad på visuell granskning av förändringskarteringen är att för många områden har karterats som förändrade.

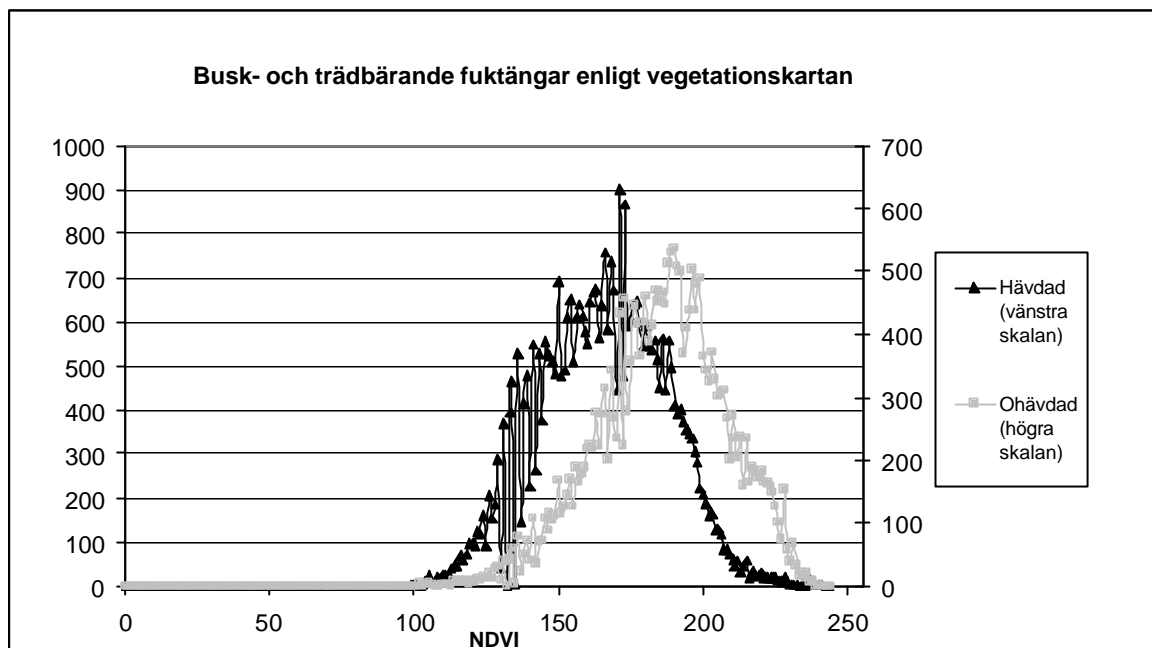
Ur metodmässig synvinkel så är metoden för subjektivt och tidskrävande. Ett rent statistiskt angreppssätt för att identifiera spektrala avvikelser i ny satellitdata mot en äldre baskartering bör vara ett bättre angreppssätt.

5.3 Upphörd hävd

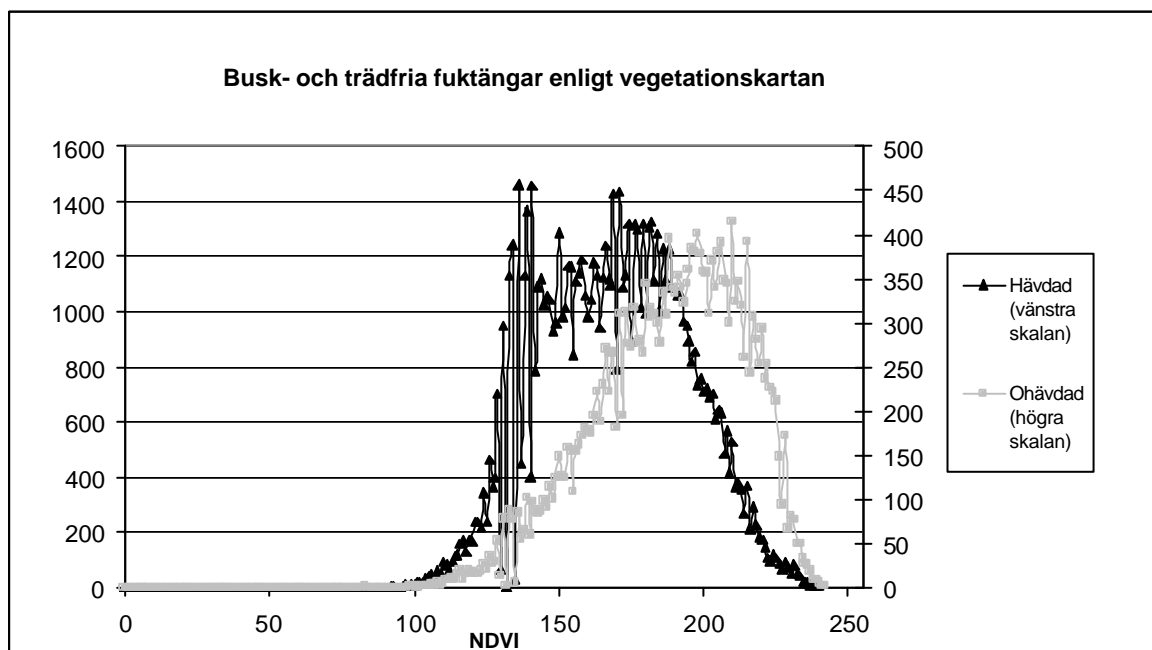
Diagrammen i följande avsnitt visar vilka skillnader som finns i vegetationsindexet NDVI för hävdade respektive ohävdade ängar (ängar enligt vegetationskartans ängsmarker) och vilken möjlighet som finns att avgöra ängars hävdstatus genom att använda detta index. Generellt har de ohävdade ängarna en tendens att ha högre värden i vegetationsindexet NDVI än de hävdade i denna studie. Om en tröskling görs i NDVI så att endast de högsta värdena kommer med kan man därför erhålla avgränsade ytor som huvudsakligen är ohävdade. Tyvärr är dock inte hävdade och ohävdade ängar fullt ut skiljda åt utan de överlappar en hel del och därför kommer man få "falsklarm" oavsett på vilken nivå man sätter tröskeln. Diagram som anger sannolikheten att erhålla ohävdade eller hävdade ängar vid olika tröskelvärden finns längre fram (i avsnitt 5.3.2). Ytterligare en generell slutsats av analyserna är att möjligheten att skilja hävdade och ohävdade ängar åt genom en tröskling i NDVI ökar väsentligt om man har en detaljerad och högkvalitativ indelning av ängsmarken a priori, alltså känd från en tidigare detaljerad kartering som t.ex. vegetationskartan. Att utgå ifrån wetness index beräknat ur satellitdata ger inte alls lika goda möjligheter att skilja hävdade och ohävdade ängar i det studerade området.

5.3.1 Histogram för vegetationsindexet NDVI i olika ängstyper – avgränsade med vegetationskarta eller från satellitdatabaserat "wetness index".

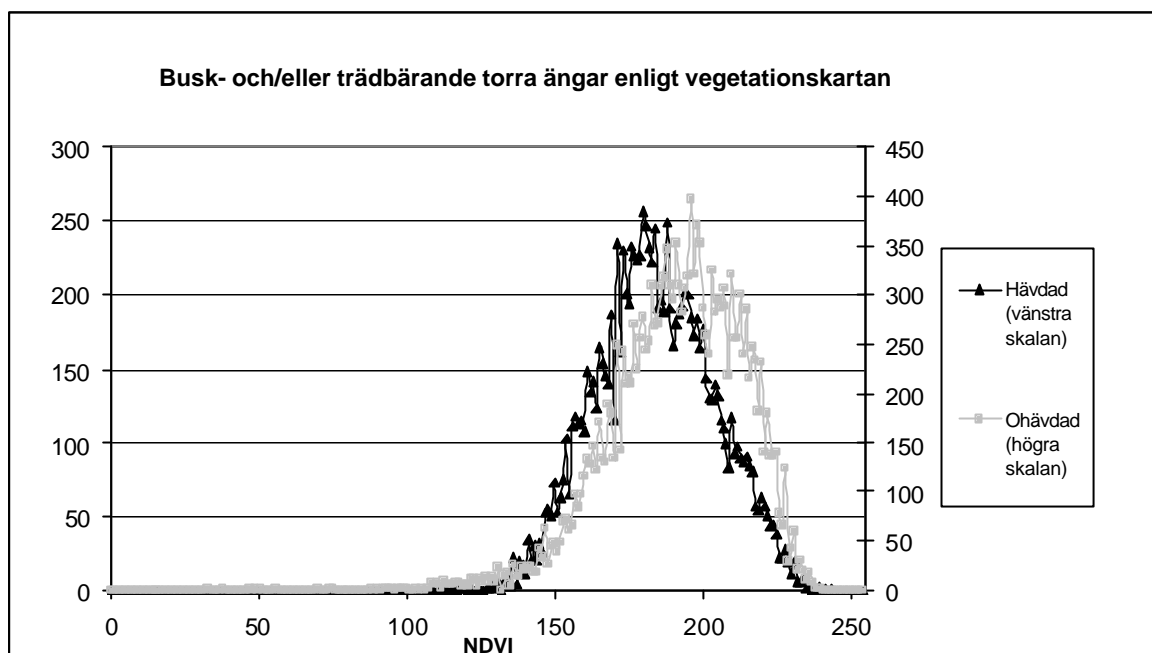
Följande histogram har för tydlighets skull ritats utan att färga in ytan upp till varje mätvärde. Referensdata har täckt olika stora ytor för de olika ängstyperna och hävdade / ohävdade, men histogrammen har ritats upp så att de får ungefär lika stor yta under kurvan dvs som om det funnits lika mycket referensdata från alla ängstyper. Ytterligare beskrivning av hur data kan tolkas anges under respektive diagram. NDVI har beräknats från satellitdata registrerat 25 juli 2001.



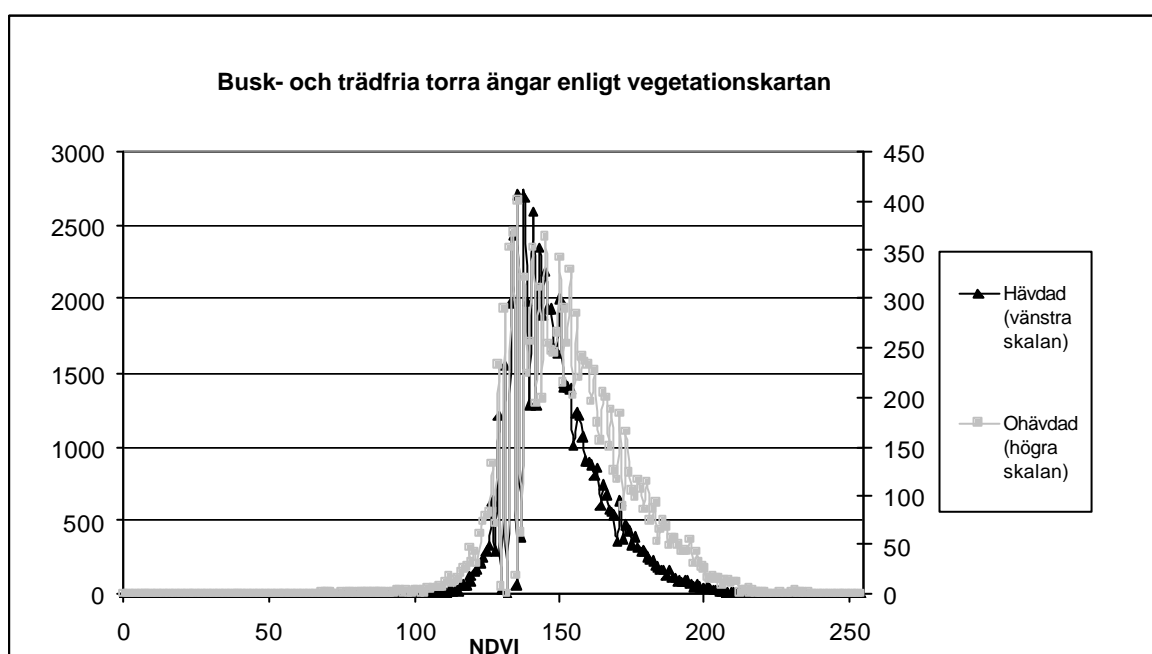
Figur 23 a. Histogram som visar antalet bildpunkter för varje "NDVI-värde" inom de hävdade respektive ohävdade delarna av ängarna. Den ohävdade ytan har generellt högre värden i "NDVI" än den hävdade men det finns ett betydande överlapp. Vilken typ av ängar som a-f visar histogram för anges i rubriken ovan varje histogrampar.



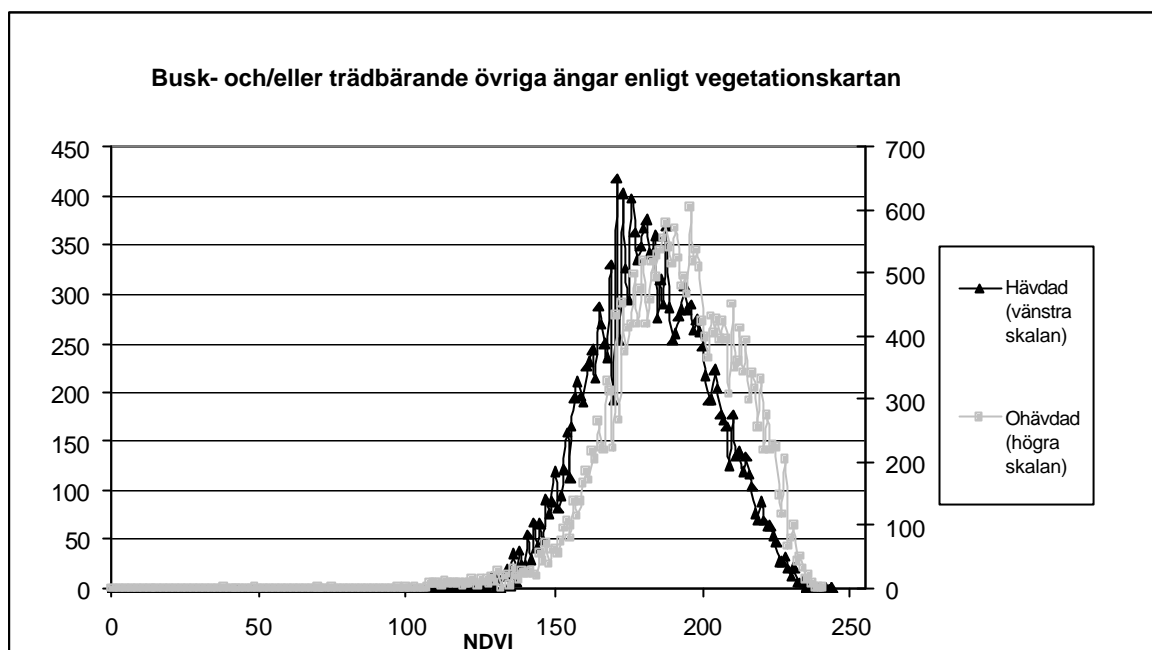
Figur 23 b. För förklaring se figur 23 a.



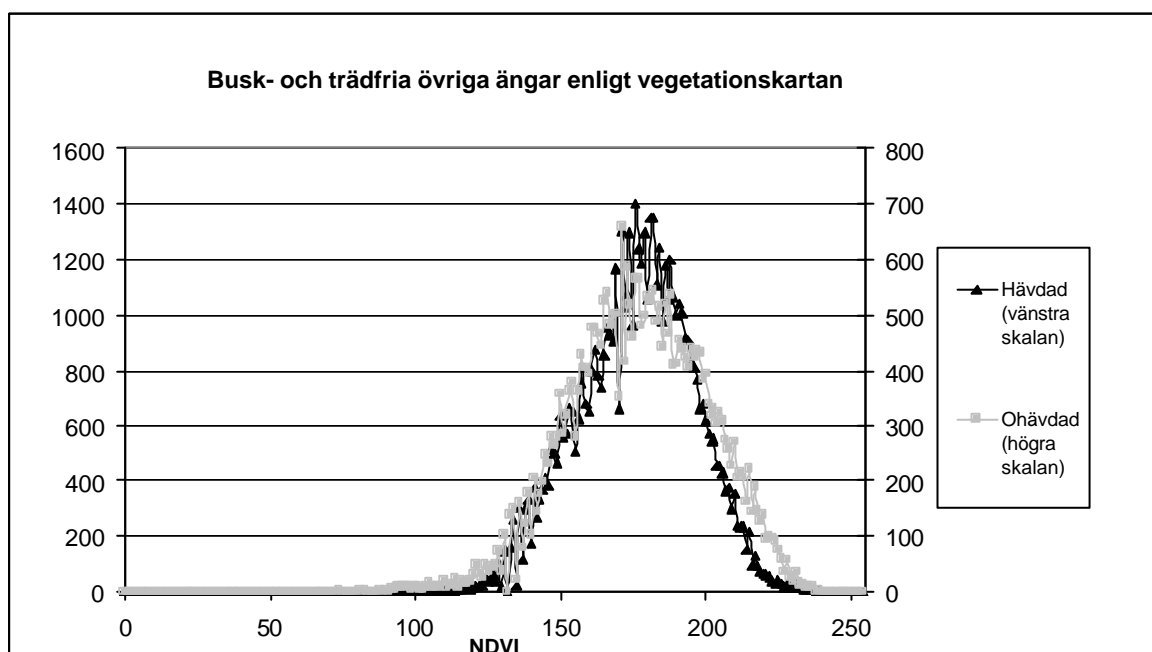
Figur 23 c. För förklaring se figur 23 a.



Figur 23 d. För förklaring se figur 23 a.

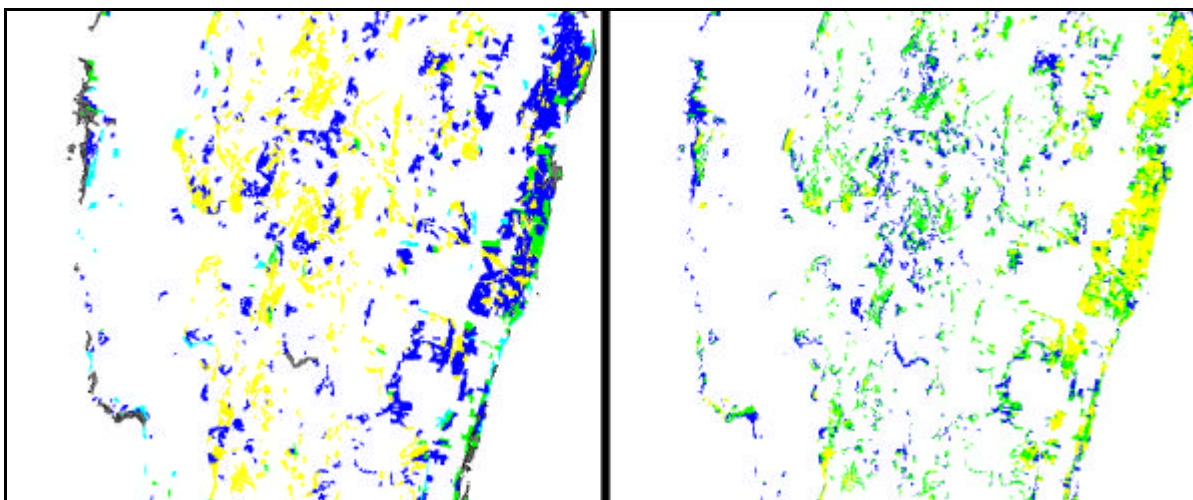


Figur 23 e. För förklaring se figur 23 a.

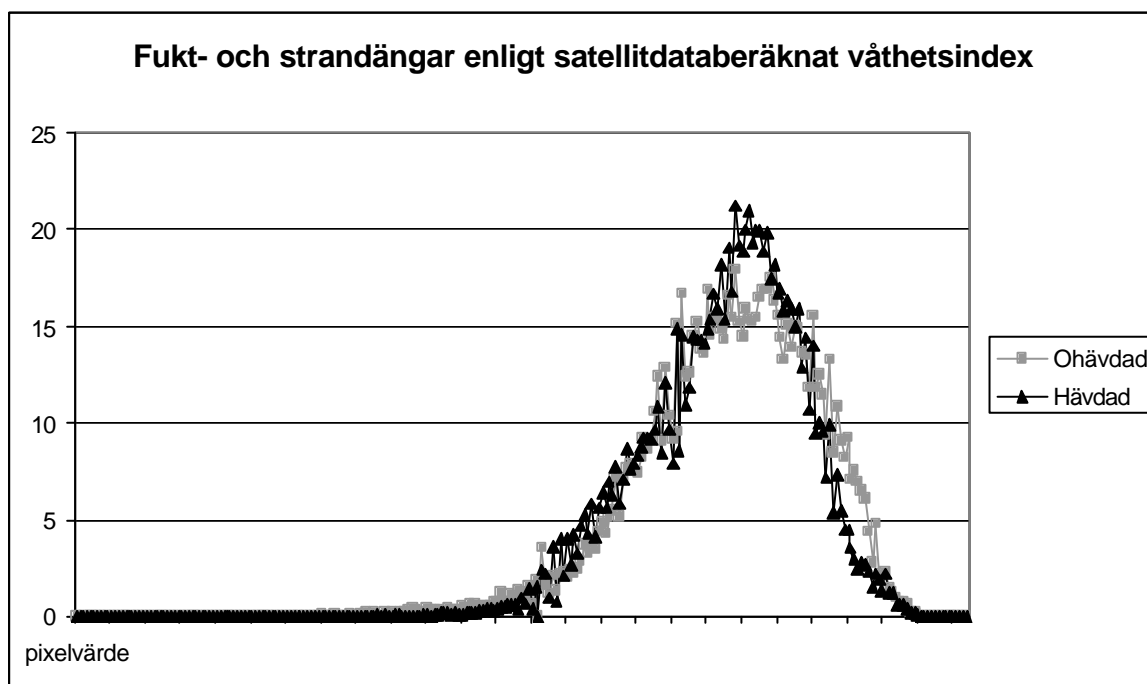


Figur 23 f. För förklaring se figur 23 a.

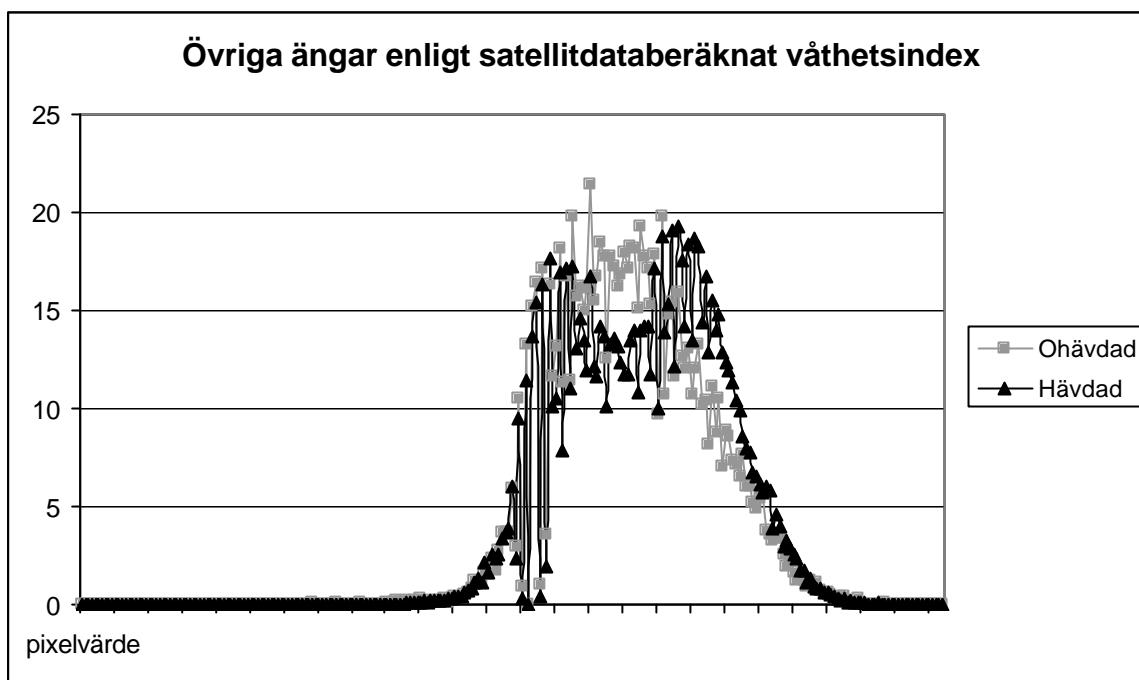
Då satellitdataberäknat wetness index användes i stället för vegetationskartan som indelningsgrund för grupper att tröskla inom blev skillnaderna mellan hävdade och ohävdade ängar avsevärt mindre tydliga. Tydligt är det viktigt med en så homogen grupp ängar som möjligt när NDVI ska användas som indikator på hävd eller ohävd. Har man en dålig grundindelning kan det bli svårt eller omöjligt att detektera upphörd hävd med fjärranalystekniker, tycks det. Se diagram 25-27 nedan. I dessa diagram är det svårt att se någon skillnad i NDVI-histogrammen för hävdade respektive ohävdade ängar. Jämför med diagrammen ovan där vegetationskartan använts som indelningsgrund – där är skillnaderna tydligare.



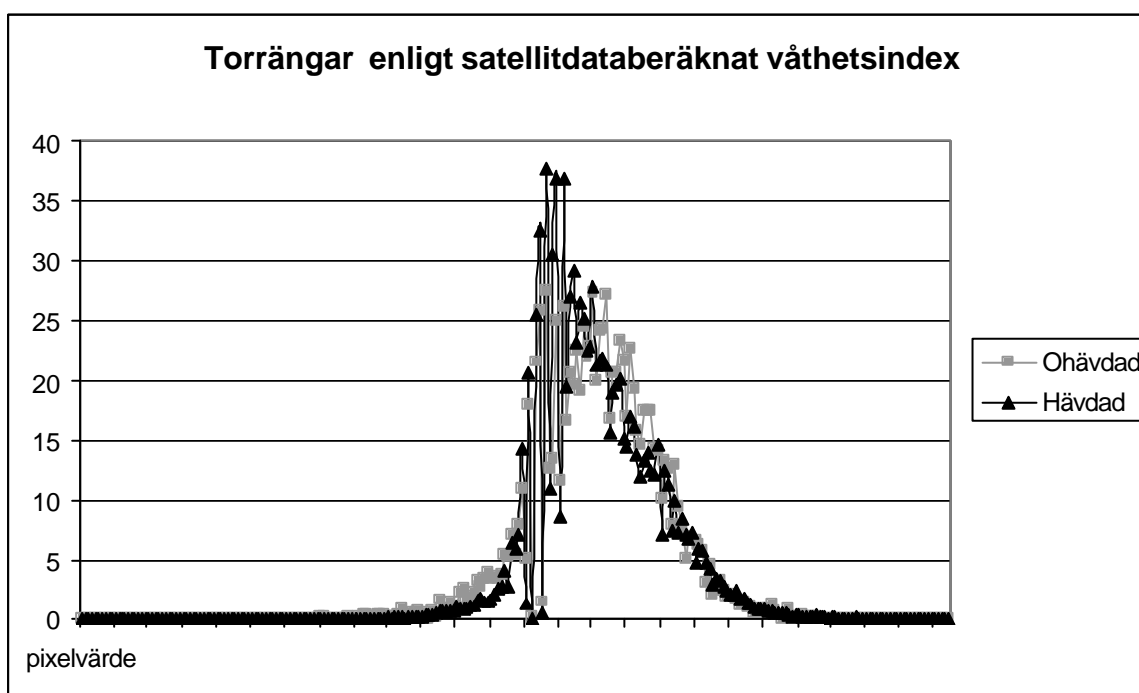
Figur 24. Torra, friska och fuktiga ängar utan buskar på en del av Öland (Mörbylånga i övre vänstra hörnet av bilden). Till vänster enligt vegetationskartans indelning: gult är torräng, grönt friskäng, blått fuktäng, grått övriga ängar utan buskar. Till höger är samma ängsmark indelad efter satellitdataberäknat "våthetsindex". Ölands ängsmark är uppenbarligen inte möjlig att klassificera i dessa typer på ett bra sätt med hjälp av just våthetsindex (förutsatt att vegetationskartan är någorlunda korrekt). Om det är möjligt genom andra analyser av satellitdata är inte utrett inom detta projekt.



Figur 25. Histogram för fukt- och strandängar enligt satellitdataberäknat våthetsindex.



Figur 26. Histogram för övriga ängar enligt satellitdataberäknat våhetsindex.

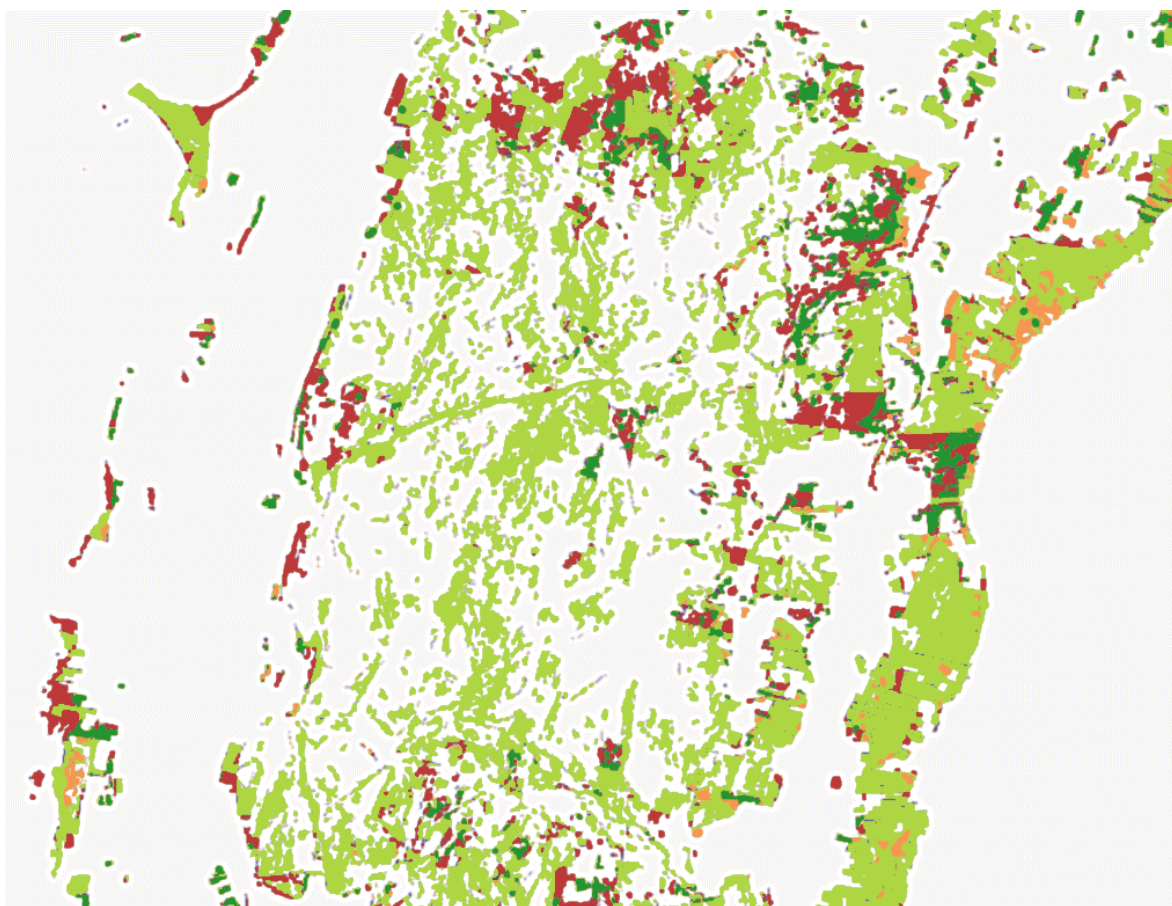


Figur 27. Histogram för torrängar enligt satellitdataberäknat våhetsindex. Det blir mycket liten skillnad i NDVI-histogrammen för hävdade respektive ohävdade ängar när det satellitdataberäknade våhetsindexet använts för att avgränsa ängstypen.

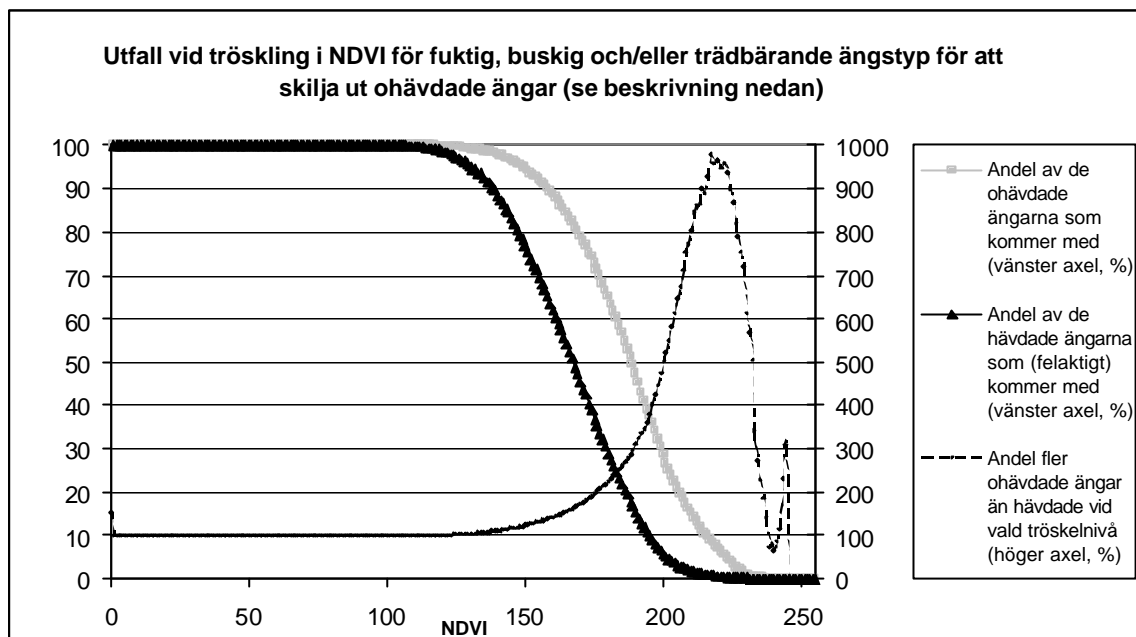
5.3.2 Utfall vid tröskling i NDVI i olika ängstyper, avgränsade med vegetationskarta

För att skilja hävdade från ohävdade ängar testades tröskling i NDVI-indexet. Följande diagram visar utfallet mot "facit" – gisskikt över ängar med stöd för hävd. Generellt kan sägas att man genom en tröskling i NDVI inte med säkerhet i

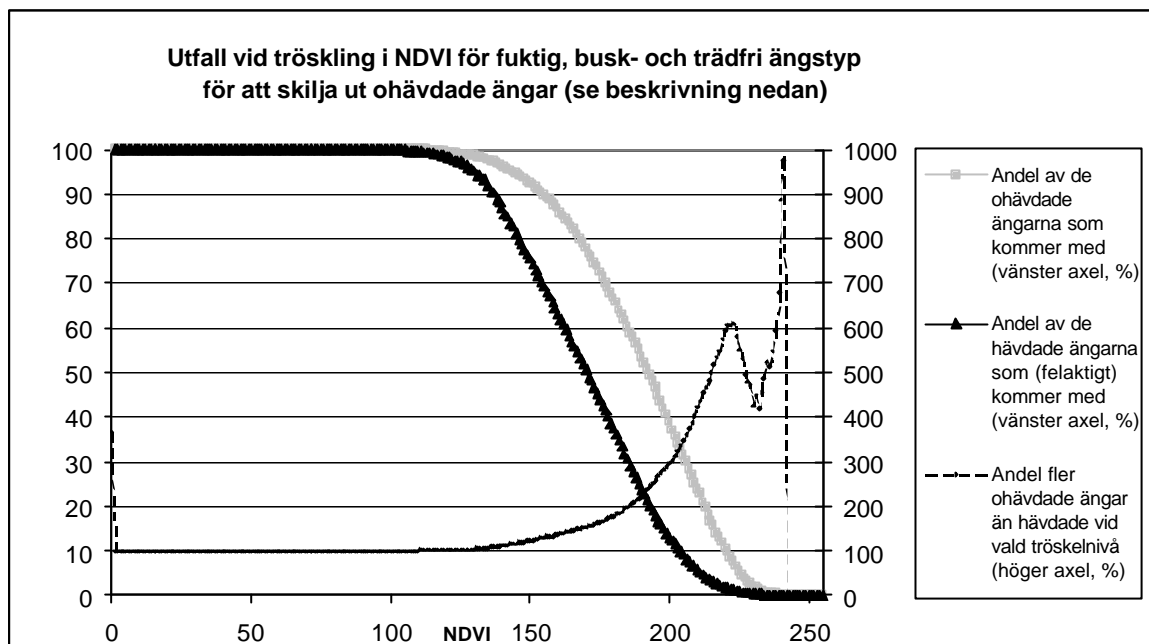
alla lägen kan skilja hävdade från ohävdade ängar, däremot kan man under vissa förutsättningar avgränsa ytor som med *högre sannolikhet* är hävdade respektive ohävdade. Diagrammen anger hur stor andel av de hävdade respektive ohävdade ängarna som "faller ut" vid olika valda tröskelvärden, och hur stor andel av de ängar som "faller ut" som är ohävdade. I samtliga fall har en tröskling gjorts för att erhålla de ohävdade ytorna och värdena speglar detta. En tröskling från motsatt håll för att avgränsa de hävdade ytorna i stället är fullt möjlig om så önskas men diagrammen är inte utformade för att beskriva noggrannheten för den analysen. Önskas en uppfattning om detta hänvisas i stället till tolkning av diagrammen (histogrammen) under föregående rubrik. Det är intressant att det går bättre att förutsäga hävdstatus för *buskiga* och/eller trädbärande friskängar än *icke busk- eller trädbärande* dito. Troligen beror det på ett samband mellan graden av busktäckning (som påverkar NDVI) och sannolikheten för att ytan är hävdad.



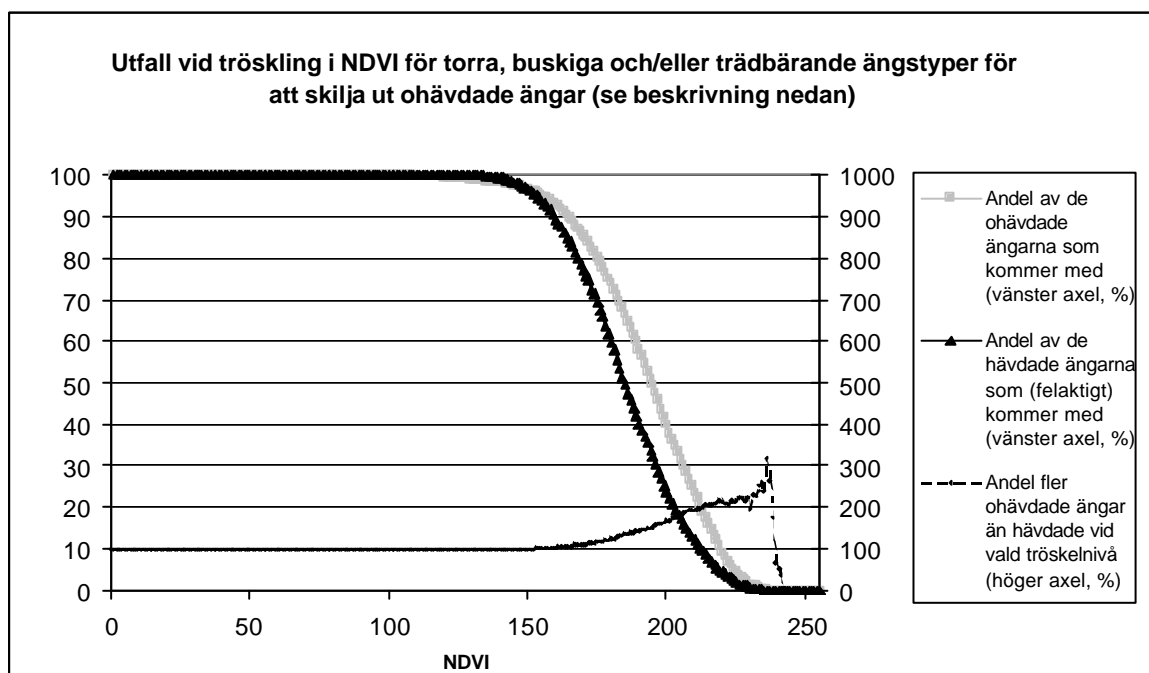
Figur 28. Exempel på tröskling av NDVI för att hitta ohävdade ängar, norra delen av Stora alvaret på Öland. Ljusgrönt och mörkgrönt är korrekt klassat, orange och rött är felaktigt. Mörkgrönt är ängar som saknar stöd för hävd enligt referensdata och är klassade som ohävdade (=korrekt). Ljusgrönt är ängar med ersättning för hävd som klassats som hävdade (=korrekt). Orange är ängar som har ersättning för hävd men är klassade som ohävdade (=felaktigt). Mörkrött är ängar som saknar ersättning för hävd och klassats som hävdade (=felaktigt). Trösklarna är i detta exempel satta på 190 för torrängar, 197 för friskängar, 200 för fuktängar.



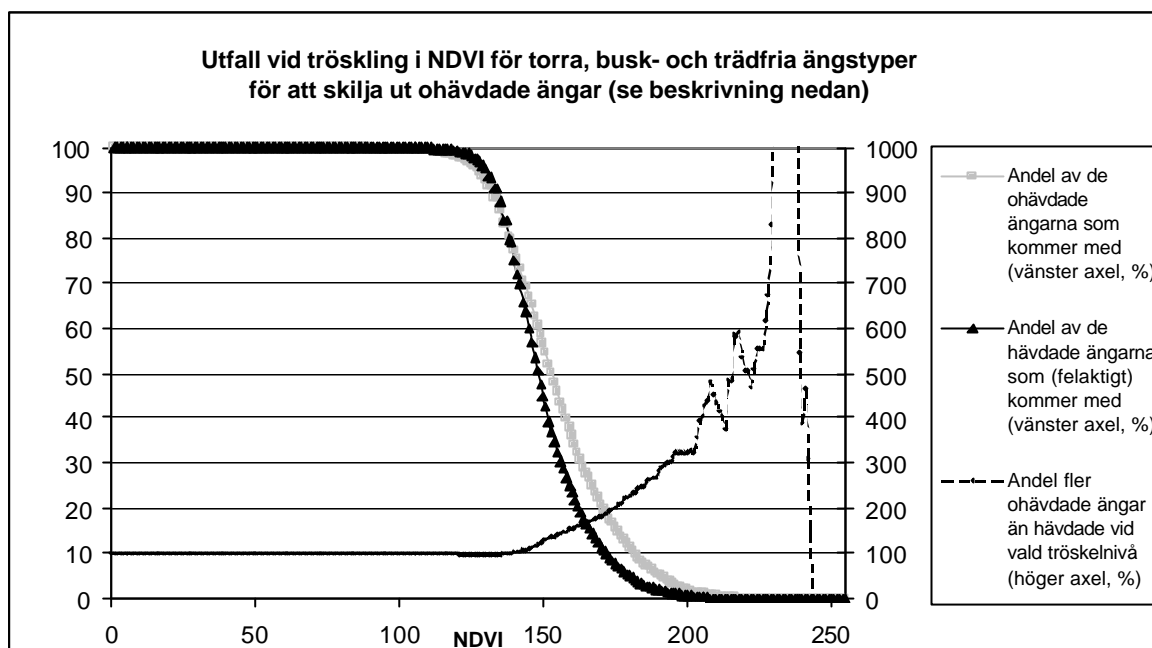
Figur 29 a. Effekterna av olika tröskelvärden på hur mycket av hävdade respektive ohävdade ängar som "faller ut" (erhålls). Denna figur (a) gäller busk- och/eller trädbärande fuktängar. Vid tröskelvärde 245, t.ex., så faller endast ängsytor med NDVI-indexet över 245 ut, vilket är mycket få både av hävdade och ohävdade ytor. Vid tröskelvärde 200 erhålls ca 40% av den ohävdade ytan och 13% av den hävdade ytan (se värdena på vänstra axeln för den tjocka svarta respektive tjocka grå linjen), d.v.s. 3 gånger mer av ohävdad mark än hävdad (300% anges på högra axeln, se värdena för den tunna svarta linjen). Vid tröskelvärde 150 faller i stort sett 100% av den ohävdade ytan ut men samtidigt får man ut hela 80% av den hävdade, d.v.s. många "falsklarm" som måste kontrolleras. Tröskeln kan sättas beroende på hur många falsklarm man kan acceptera och hur mån man är om att hitta alla ohävdade ytor. Tänk på att detta och alla andra diagram i avsnittet utgår ifrån satellitdata från en tidpunkt – 25 juli 2001 – och ett område – Öland – och att felstorlekarna och feltyperna sannolikt är delvis annorlunda i ett annat område eller med data från en annan tidpunkt. Vidare så utgår diagrammet ifrån att hävdade och ohävdade ängar är lika vanliga inom det område man studerar för att de erhållna procentsiffrorna på "erhållna ängar" ska stämma – är det i stället dubbelt så vanligt med hävdade ängar som ohävdade så kommer man få dubbelt så många falsklarm per varje "sant" ohävdad-yta-larm som värdena i diagrammet anger.



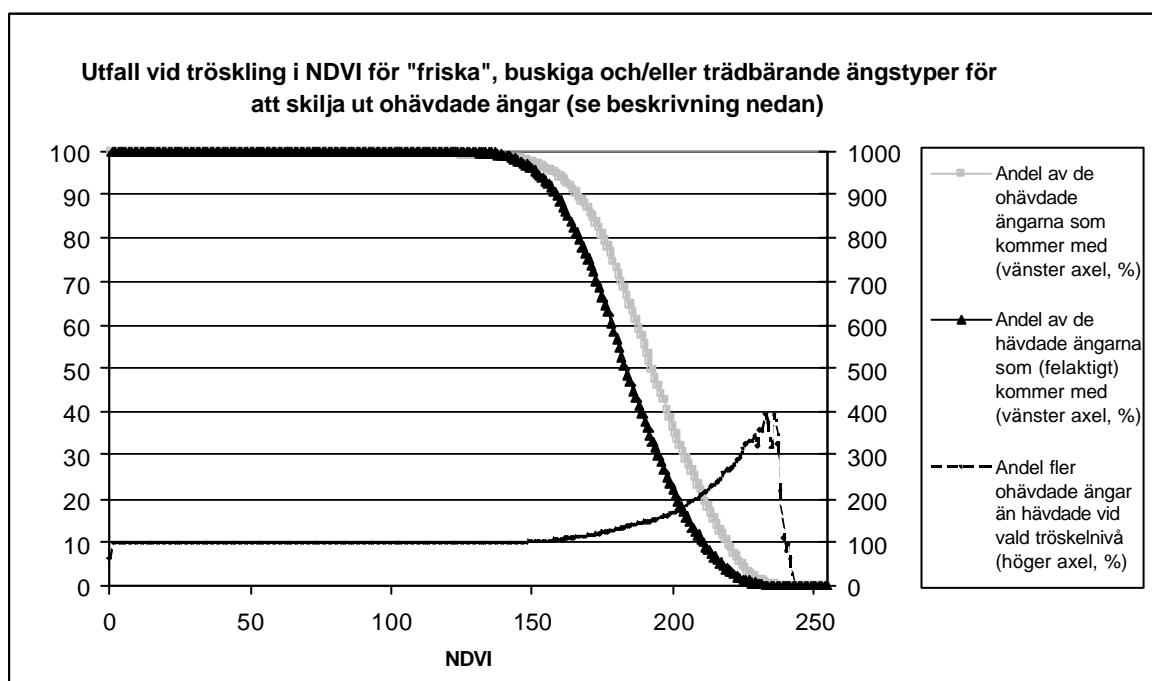
Figur 29 b. För utförlig förklaring se figur 29 a. Denna figur (b) gäller dock fuktängar som är busk- och trädfräa.



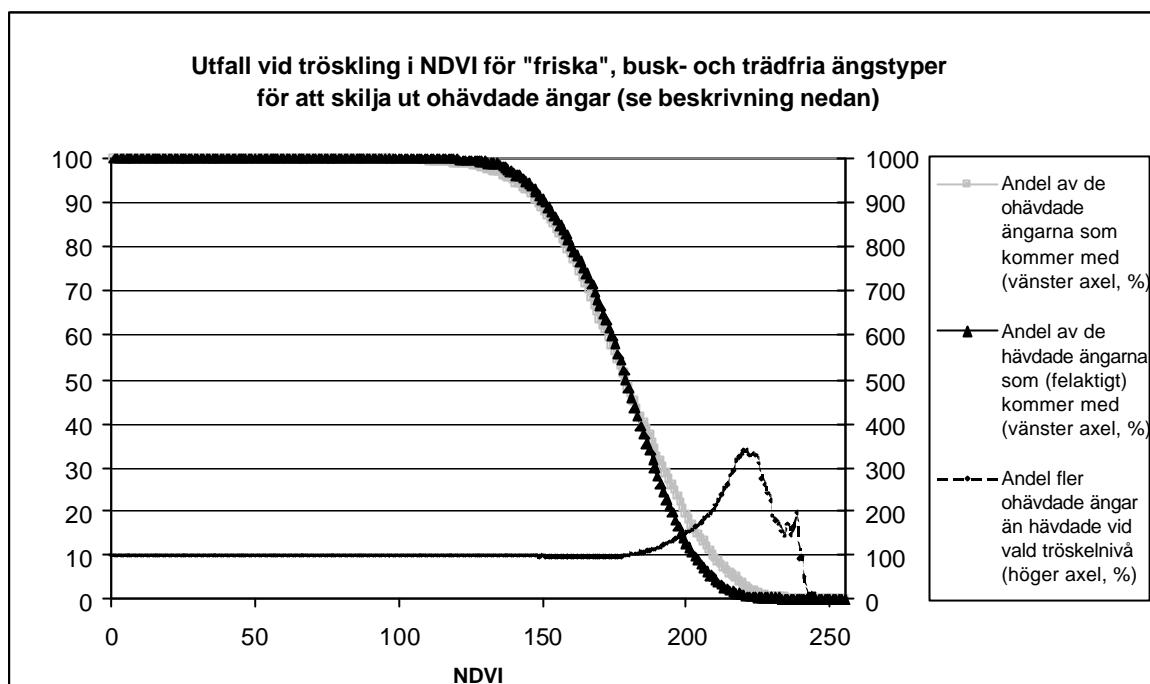
Figur 29 c. För utförlig förklaring se figur 29 a. Denna figur (c) gäller dock buskiga och/eller trädbärande torra ängar.



Figur 29 d. För utförlig förklaring se figur 29 a. Denna figur (d) gäller dock busk- och trädfria torra ängar. Att värdena för "andel fler ohävdade ängar än hävdade vid vald tröskelnivå" är extremt höga kring tröskelvärdena 220-230 beror på att det bara finns någon enstaka pixel hävdad yta med så höga värden samtidigt som det finns kanske 20 pixlar med samma värden eller högre som är ohävdad. Detta betyder i så fall att det finns 20 gånger mer obetad yta, d.v.s. 2000% mer. Den högra skalan slutar vid 1000%. Eftersom det endast fanns någon enstaka pixel av hävdad yta med så höga värden är det dock högst osäkert om den beräknade kvoten skulle bli densamma med ett större datamaterial.



Figur 29 e. För utförlig förklaring se figur 29 a. Denna figur (e) gäller dock buskiga och/eller trädbärande friskängar. Det är anmärkningsvärt att det går bättre att skilja buskiga och/eller trädbärande friskängar än icke busk- eller trädbärande dito. Kanske beror den större skillnaden på ett samband mellan graden av busktäckning (som påverkar NDVI) och sannolikheten för att ytan är hävdad.



Figur 29 f. För utförlig förklaring se figur 29 a. Denna figur (f) gäller dock "övriga ('friska') busk- och trädfrä ängar" enligt vegetationskartan.

5.3.3 Fältkontroll

En fältkontroll gjordes i efterhand, av Thomas Johansson på länsstyrelsen i Kalmar län, för att se hur pass hög kvalitet referensdata hade. 14 punkter kontrollerades, fördelade på olika typer av ängar enligt referensdata, kring norra delen av alvaret. Referensdata (kartdata) stämde helt för 6 ytor. Fel i ett av attributen för referensdata fanns för 6 ytor (antingen i hävdstatusen eller i fuktighetsklassen för ängen eller i busktäckningen). Fel i två eller tre av attributen fanns för 2 ytor.

Tabell 12. Resultat från fältkontroll 18 juni 2003. Färgerna anger hur korrekt data är, enligt fältkontrollen. Tre egenskaper bedömdes i fält: hävdstatus, ängstyp och busktäckning. För kartdata betyder grönt helt korrekt, gult fel för en egenskap, orange fel för mer än en egenskap. För kolumnen "Klassad" (från satellitdata) betyder grönt korrekt, orange fel, gul att det i klassningen ej kunde föras till endera klassen hävdad eller ohävdad, grått att ytan p.g.a. moln ej klassades.

AUTO ID	Ostkoor	Nordkoor	Klassad	Kartdata	Fältkontroll hävd	Fältkontroll ängstyp	Fältkontroll busktäckn	Fältkommentar
2	1549978	6273708	ohävdad	hävdad fuktäng buskfri	Hävdad	Fuktäng	0%	Har en struktur och utseende som ger antydning om slätteräng.
6	1539956	6271262	hävdad	hävdad ovr.äng	Hävdad	Torräng	< 10 %	Röjd för något år sedan
8	1546619	6265865	hävdad	hävdad torräng buskfri	Hävdad	Friskäng	10%	slån finns utmed mur och stängsel som löper gnm objektet. Kanske kan ses som linjer mha satellit.
9	1541032	6273299	Ej klassad pga moln	hävdad torräng buskfri	Hävdad	Torräng	< 10 %	
10	1548324	6282405	ohävdad	hävdad torräng buskiq	Hävdad	Friskäng	"Rätt hög täckningsgrad"	Uppskattning gjord en bit ifrån
11	1548627	6282709	ohävdad	hävdad torräng buskiq	Hävdad	Friskäng	1/2 ytan 0%, 1/2 ytan ca 40%	Slätteräng!
12	1539951	6271220	hävdad	hävdad torräng buskiq	Hävdad	Torräng	< 10 %	Röjd för något år sedan
13	1540611	6272851	hävdad	hävdad torräng buskiq	Hävdad	Torräng	20%	
14	1540524	6272789	ej spec	hävdad torräng buskiq	Osäkert	Torräng	30%	Ej betad än i år. Men har betats de senaste åren. Bete kan ev. påbörjas även i år.
18	1552381	6273261	ohävdad	ohävdad fuktäng buskfri	Ohävdad	Fuktäng	< 10 %	Hundkex. ålqgräs
21	1550546	6275226	ohävdad	ohävdad ovr.äng buskfri	Hävdad	Friskäng	< 1 %	Inga djur, rätt hög vegetation = ej betad än i år. Men har betats de senaste åren. Bete kan ev. påbörjas även i år.
23	1540886	6273422	Ej klassad pga moln	ohävdad ovr.äng buskfri	Hävdad	Torräng	20%	
26	1539703	6270273	hävdad	ohävdad torräng buskfri	Ohävdad	Torräng/Alvarmar	10%	
32	1539301	6268627	hävdad	ohävdad torräng buskiq	Ohävdad	Torräng	20-30 %	

5.4 Igenväxning av våtmark och vatten

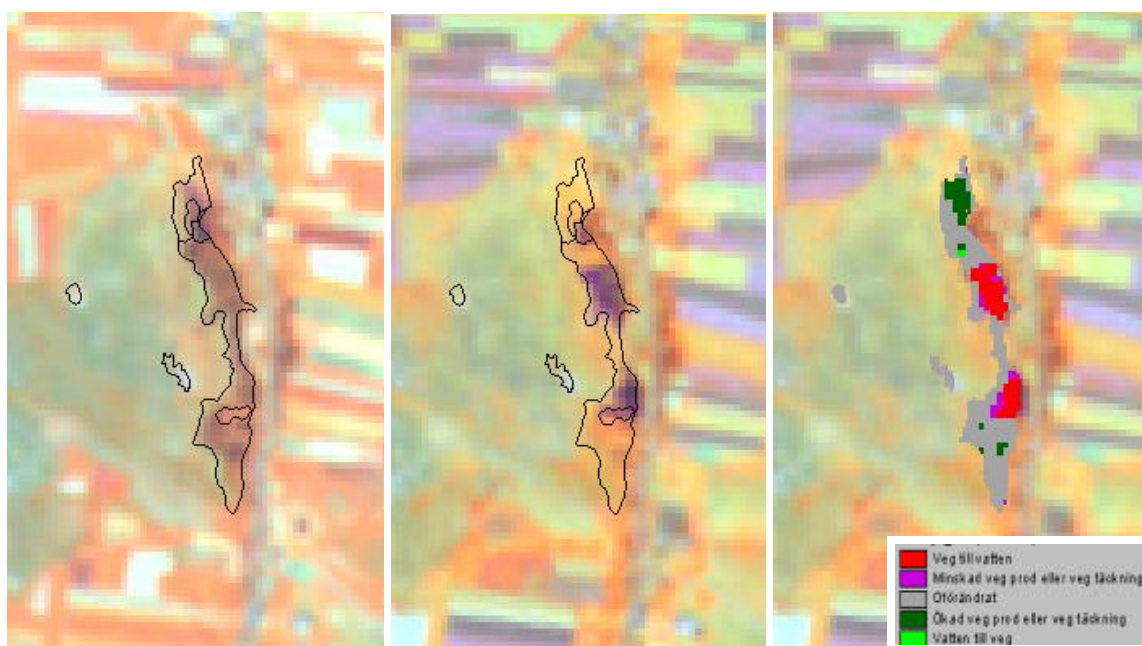
Resultatet utgörs av förändringskartering av vegetation/vatten mellan Landsat TM data från 1994 och 2001 under vegetationskartan klasser sötvatten, vät och myr/kärr.

Bildexempel av resultatet visas i Figur 30.

Klassbeskrivning är:

- Vegetation till vatten.
Stor sannolikhet att vegetation har röjts bort från våtmark eller vatten.
- Minskad produktivitet i vegetation eller minskad vegetationstäckning.
Motsvarar huvudsakligen minskad produktivitet i vegetation vilket i några fall kan vara relaterat till förändring av vegetationstyp. I några få fall kan denna klass indikera en minskad täckning av vegetation (dvs eventuellt röjning).
- Oförändrat.
Ingen större förändring från vatten till vegetation och vice versa eller förändrad produktivitet i vegetation mellan 1994 och 2001. En förändring från vatten till ej klorofyllrikt material (t.ex. jord) och vice versa kan dock ha skett mellan 1994 och 2001.

- Ökad produktivitet i vegetation eller ökad vegetationstäckning.
Motsvarar huvudsakligen minskad produktivitet i vegetation vilket i några fall kan vara relaterat till förändring av vegetationstyp. I några fall kan denna klass indikera en förändring från ett tätare blött skikt av mossa (typ mjukmatta) till torrare vegetation med t.ex. gräs och buskar (dvs risk för förbuskning). I några få fall kan denna klass även indikera en ökad täckning av vegetation (dvs igenväxning).
- Vatten till vegetation.
Stor sannolikhet att en vattenyta har växt igen med vegetation.



Figur 30. Förändringsanalys av vegetationstäckning inom sötvatten, våtar och myr/kärr mellan Landsat TM data 1994-07-05 och 2001-07-25. A) Landsat TM data 1994-07-05, B) Landsat TM data 2001-07-25, C) resultat. Området utgörs av Triberga och Alby mosse. Området i x-led är drygt 1,5 km.

Resultatet bör beaktas med hänsyn till att satellitdata 2001 är registrerat 20 dagar efter satellitdata 1999 under vegetationssäsongen (25 juli mot 5 juli). Detta innebär att vegetationen troligen har utvecklats mer i 2001 data.

Ingen objektiv utvärdering av resultat har utförts utan subjektivt valda ytor identifierades för fältbesök eller kontroll mot existerande information om röjningar eller igenväxning. Resultat av fältkontroll redovisas i Tabell 13.

Utvärderingsmaterialet är mycket begränsat men de ytor som bedömdes stämde eller "kan stämma". En kompletterande utvärdering bör göras. En tillkommande yta där Länsstyrelsen i Kalmar vet att det sannolikt har skett en generell igenväxning i våtmark är Kvarnkärret. I förändringskarteringen blir denna yta "ökad produktivitet i vegetation eller ökad vegetationstäckning".

En bedömning baserad på visuell kontroll av förändringskarteringen och ingående satellitdata samt vegetationskarta är att resultatet stämmer för klasserna vatten till vegetation samt vice versa. Resultatet anger inte om vegetationen är flytbladsvegetation eller rotad vattenvegetation såsom vass. Det vore intressant att testa hur väl denna uppdelning kan karteras med satellitdata. Det vore även intressant att

fastställa innehållet i klasserna förändrad produktivitet i vegetation eller förändrad vegetationstäckning. Detta med avseende på att vissa områden inom dessa klasser troligen indikerar förbuskningsrisk, t.ex. från mossor till gräs/buskar.

Tabell 13. Sammanställning av resultat från fältkontroll i några ytor.

ID	Förändring (satellitdata 1994 och 2001)	Vegetationkarta	Fältobservation
1 x:1547331 y:6261215	Vegetation till vatten	Vät, bunkestarrtyp	Vattenspegel. Restaureringsarbeten nyligen genomförda. Vattenytorna skapade.
2 x:1547409 y:6260786	Vegetation till vatten	Vät, bunkestarrtyp	Vattenspegel. Restaureringsarbeten nyligen genomförda. Vattenytorna skapade.
3 x:1547205 y:6261587	Ökad prod i veg eller ökad vegtäckning	Fastmattekärr	Fuktäng. Bara gräsvegetation inget vatten. Vid högt vattenstånd är det tänkbart att denna del blir översvämmad. Säkert korrekt klassad till "ökad vegetation".
5 x:1550179 y:6280909	Vatten till vegetation	Vät, bunkestarrtyp	Ej fältbesökt, djupt vatten. Relativt mycket vegetation i våtmarken, klassningen "vatten till vegetation" kan stämma.
6 x:1550243 y:6280791	Vatten till vegetation	Vät, bunkestarrtyp	Ej fältbesökt, djupt vatten. Relativt mycket vegetation i våtmarken, klassningen "vatten till vegetation" kan stämma.

6 SLUTSATSER

Aktuell busk- och trädäckning

Styrd klassning av satellitdata för att erhålla täckningsgrad av buskar och träd är att föredra framför ostyrd klassning både med avseende på resultat, noggrannhet och metodik.

En styrd klassningen av täckningsgrad från Landsat TM data ger bra noggrannhet som medelvärde över större arealer. I testade områden från 60 ha stora skiljer medeltäckningen i satellitklassningen bara några procent från flygbildstolkad täckningsgrad (sammanlagt 39 % mot 41 %). Klassning av Landsat TM data kan dock inte användas för att i detalj avgränsa täckningsgradsklasser i mindre objekt eller ytor. Var arealgränsen går för när en bra noggrannhet kan erhållas är inte testat.

Förändring av busk- och trädäckning

En förändringskartering baserad på satellitdata från två tidpunkter och med stöd av basinventering är att föredra framför en metod som baseras på förändringsanalys mellan basinventering och satellitdata. Anledningen är produktionstid och kvalitet.

Resultatet tycks ge bra resultat vid en minskad täckning. Två fältkontrollerade ytor karterad till ökad täckningsgrad var fel. Detta indikerar att karteringen ger en del falsklarm om att täckningsgraden av buskar/träd har ökat. Utvärderingsmaterialet är dock för litet (21 ytor) för att kunna ge några hållbara slutsatser.

Upphörd hävd

Övervakning av hävdstatus för att skilja hävdade från ohävdade ängar är inte någon lätt uppgift med fjärranalys. En detaljerad baskartering, som delar upp ängsmarken i torr, frisk och fuktig typ, verkar vara en förutsättning. Vår studie här är dock relativt liten (endast Öland, endast två olika satellitscener), så det är inte möjligt att hävda några nationellt säkra slutsatser. Om en sådan detaljerad baskartering finns tycks det i alla fall över Öland gå att erhålla indikationer på var hävden upphört.

Potentialen tycks störst i de fuktigare markerna med de satellitdata som använts i detta projekt. Det är dock möjligt att det för andra områden, eller med satellitdata från andra tidpunkter, visar sig vara andra förhållanden – exempelvis att det går att detektera ohävd med större säkerhet i torrare miljöer (kanske om man har satellitdata från en annan tidpunkt). Det som kan erhållas med vald fjärranalysmetod är ytor där det är *sannolikt* att hävden upphört, så att fältkontroller kan göras först på de platser där man har starkare skäl att misstänka upphörd hävd. Detta är inte perfekt, men kanske kan ha en roll i ett system för uppföljning, tillsyn etc.

Igenväxning av våtmark och vatten

Förändringar mellan vatten till vegetation samt vice versa går bra att kartera med satellitdata. En förutsättning är en basinventering som avgränsar vatten och våtmark. Nytt vatten utanför kartans avgränsningar för vatten och våtmark går även att kartera med satellitdata men detta ingick inte i studien. Nytt vatten karteras inom Svenska Marktäckedata (SMD).

Utvärderingsmaterialet är mycket begränsat men de ytor (5 st) som bedömdes stämde eller "kan stämma". En bedömning baserad på visuell kontroll av förändringskarteringen och ingående satellitdata samt vegetationskarta är att resultatet stämmer för klasserna vatten till vegetation samt vice versa. En utökad utvärdering bör göras. Innehållet i de klasser som anger förändrad produktivitet eller vegetationstäckning bör närmare fastställas med avseende på att vissa områden sannolikt är relaterade till en faktisk förbuskning.

7 REKOMMENDATIONER OCH ANVÄNDBARHET

7.1 En operativ metod och tekniska rekommendationer

Aktuell busk- och trädtäckning

En operativ metod baserad på tillämpad metodik förutsätter ett relativt stort antal representativa referensytor för kalibrering av satellitdata mot känd täckningsgrad. När dessa referensytor finns för en speciell tidpunkt kommer det sannolikt att räcka med ett begränsat antal referensytor när en kartering skall göras över samma område vid en senare tidpunkt.

En komplettering av referensytor för kalibrering kan vara nödvändigt om karteringen skall göras över en hel satellitscen. T.ex. så var det nödvändigt att komplettera med referensytor för vatten i denna studie. Ett alternativ är att begränsa karteringen till utvalda klasser t.ex. annan öppen mark i topografiska kartan.

Referensytor krävs också om en noggrannhetsutvärdering av karteringen skall göras.

Metoden baseras på M-L klassning av satellitdata vilket finns i de flesta bildbehandlingsprogram.

Satellitdata (molnfri eller relativt molnfri över studieområdet) måste vara registrerat inom en lämplig tidpunkt på vegetationssäsongen. Lövbuskar/-träd måste vara lövbärande. Fältytor bör helst vara insamlat under samma vegetationssäsong som satellitdata är registrerad.

Indata utgjordes av Landsat-7 TM data med en upplösning på 30 meter. En bättre kartering på objektnivå kan eventuellt erhållas med motsvarande data från SPOT-5 (10 m) eller Quick-Bird (2,8 m). Kostnaden blir dock högre med högre geometrisk upplösning.

Innan ett steg tas mot en mer operativ fas rekommenderas att en kompletterande utvärdering utförs i andra vegetationstyper än vad som ingick i nuvarande utvärdering samt att en utvärdering även utförs på fastlandet som också blev karterat. Vid en utvärderingen på fastlandet kan eventuellt ängs- och betesmarksinventeringen vara användbart.

Metoden kan relativt enkelt inkluderas i operativt produktionsflöde. En pilotproduktion i ett annat område rekommenderas. Vidare rekommenderas en test av antal nödvändiga referensytor vid tidpunkt 1 och tidpunkt 2 över samma område.

Förändring av busk- och trädtäckning

En förändringskartering av busk- och trädtäckning i hävdberoende marker bör baseras på förändringsanalys mellan satellitdata från 2 tidpunkter med stöd av en baskartering från en tidpunkt. Ingående satellitdata måste vara registrerad på ungefär samma tidpunkt i vegetationssäsongen (juli-augusti).

En operativ metod baserad på tillämpad metodik förutsätter en baskarteringen som anger vegetationstyp (t.ex. torr äng och fuktig/våt äng, lövbärande respektive barrbärande buskmark) och helst ett mått på täckningsgrad av buskar/träd (t.ex. 0-10, 10-70 och >70).

Tillämpad metod kommer under 2003-4 att implementeras i ett användarvänligt verktyg "Enforma Natur" som kan kopplas ihop med ArcView.

En rekommendation är att en kompletterande utvärdering främst sker i områden som karteras till ökad/kraftigt ökad täckning. Detta för att få ett bättre underlag för att bedöma om felaktigt karterade områden är relaterat till en justering av gränsvärde i analysen eller om metoden kan förväntas ge flera falsklarm.

Upphörd hävd

Innan man tillämpar ett system av denna typ för att detektera upphörd hävd över större områden eller andra delar av landet är det lämpligt att prova det ytterligare, kanske även med satellitdata från andra tidpunkter, för att avgöra hur robust metoden är och hur nationellt tillämpbar den är. Troligen behövs en detaljerad baskartering av ängstyperna som grund, men i ett område med mer likartade ängstyper än Öland kanske det kan gå bra ändå. Ytterligare tester är motiverade men det kanske går att genomföra dessa genom att köra metoden i applikationen Enforma Natur på några utvalda länsstyrelser?

Igenväxning av våtmark och vatten

En operativ metod baseras på förändringsanalys mellan satellitdata med stöd av kartdata som anger avgränsning för våtmarker och vatten. En liknande metod för våtmarker kommer att implementeras i "Enforma Natur" under 2003-4.

En rekommendation är att en utökad utvärdering sker främst till de områden som karterats till förändrad produktivitet eller vegetationstäckning. Detta för att erhålla ett bättre underlag för att bedöma andelen områden som är i riskzon för förbuskning.

7.2 Tillämpbarhet

Aktuell busk- och trädtäckning

Metoden är tillämpbar för att erhålla medeltäckningsgrad av buskar och träd med bra resultat över större områden (det minsta området testat i studien var 59 ha). För enskilda objekt/små områden ger metoden inte bra resultat, i varje fall inte med Landsat TM data som indata. Metoden bör vara tillämpbar över andra områden än över Öland men detta bör testas.

Förändring av busk- och trädtäckning

Metoden baserad på förändringsanalys mellan satellitdata (Landsat TM) med stöd av en baskartering (vegetationstyp och täckningsgrad) bedöms vara tillämpbar för att erhålla röjda områden med bra säkerhet. Kartering av ökad täckning av buskar/träd ger en del falsklarm och det är okänt om några områden som har haft en ökad täckning blir karterat till oförändrat. Metoden är testad på Öland och

tillämpbarheten för övriga landet är beroende på om tillräckligt detaljerad baskartering i vegetationstyp finns. Ängs- och hagmarks eller betesinventeringen kanske är användbar och den framtida baskinventeringen i Natura2000-områden. Metodens tillämpbarhet i helt andra naturtyper är inte testat men en bedömning är att jämförbart resultat bör erhållas.

Upphörd hävd

Metoden är tillämpbar för att erhålla indikationer på upphörd hävd i ängsmarker på Öland, om vegetationskartan används för att dela in ängsmarken i olika grupper. Det är dock viktigt att vara medveten om att metoden ger ganska hög andel falsklarm.

Igenväxning av våtmark och vatten

Metoden baserad på förändringsanalys mellan satellitdata (Landsat TM) med stöd av en baskartering (avgränsning av våtmark och vatten) bedöms vara tillämpbar för hela Sverige. Det går med nuvarande metod inte att skilja mellan en igenväxning av en vattenyta med flytbladsvegetation eller t.ex. vass. Det är okänt hur stor andel av områden karterade till ökad vegetationsproduktivitet/-täckning som är relaterat till en faktisk förbuskning.

7.3 Användbarhet och användarnas rekommendationer

Aktuell busk- och trädtäckning (Länsstyrelsen i Kalmar)

Pilotstudien utfördes inom fyra områden på Stora alvaret och ett kustnära område på mellersta Öland. Stora alvaret är starkt mosaikartat med många olika vegetationstyper på små ytor och beroende på nederbörden kan dessa växla från torrmarker till små vätar. Alvarmarken är alltså mycket heterogen och förmodligen en av de svårare markerna att få en bra kalibrering av referensytorna och därmed en bra mätning av täckningsgraden. Av den anledningen borde pilotstudien kompletteras med områden från andra håll i Sverige.

Karteringen av marker med låg respektive hög täckningsgrad visade sig ge en hög användartillförlitlighet däremot gav klasserna inom intervallet 10–70 % en låg noggrannhet. Om endast tre klasser skulle användas 0–9, 10–69 och 70–100 % skulle noggrannheten bli acceptabel. Fler klasser är att föredra och bara en ytterligare klass skulle tillföra mycket. De tre klasserna i sig är dock så intressanta att de skulle kunna, i brist på annat, användas som regionala mått på igenväxningen. De karterade ytorna var små, endast 50 x 50 meter och det kan vara en orsak till den sämre noggrannheten. När de stora ytorna med en areal mellan 59 och 113 ha karterades erhöles en mycket bra noggrannhet. Det skulle därför vara intressant att försöka hitta den nedre gränsen för ett områdes storlek som är lämplig att kartera med bibehållen noggrannhet.

För mindre ytor skulle den flygbildsbaserade metodik som användes för att ta fram facit kunna användas. Där flygbildsfotograferades områden från 400 meters höjd i färg varefter bilderna digitaliserades med en noggrannhet av 10 meter. Busk- och trädkiktets täckningsgrad digitaliserades med god upplösning i Arcview. Den manuella digitalisering tar tid och är därför kostsam.

Återupprepade flygfoton över samma områden skulle ge mycket detaljerad information. Detta är möjligt för mycket värdefulla områden på begränsade ytor. För yttäckande miljöövervakning på länsnivå blir denna metodik för kostsam och orealistisk.

Aktuell busk- och trädtäckning (Naturvårdsverket)

Styrd klassning av satellitdata kan tillämpas för att beskriva miljötillståndet vad gäller träd- och buskförekomst i odlingslandskapet, vilket är viktig för landskapsanalys och -planering, samt eventuellt för miljömålsuppföljning. Även om precisionen inte tillåter säker värdering av enskilda objekt, så bör den kunna ha signalkaraktär och hjälpa till att peka ut områden som bör fältbesökas eller bli föremål flygbildstolkning (eller kartering med högupplösande satelliter, om och när deras data blir prisvärda). En variant av styrd klassning är kNN-skattning baserad på RIS-data. Denna har hittills endast prövats inom Lantmäteriets skogsmask, men den bör testas om den fungerar även i naturbetesmarker och andra potentiellt träd- och buskbärande terrestra ytor.

Förändring av busk- och trädtäckning (Länsstyrelsen i Kalmar)

Utvärderingen grundar sig endast på 21 ytor med ett blandat resultat. Ytor med minskad täckning av buskar blev rätt klassade men ett par ytor blev felaktigt klassade till ökad täckning av buskar träd. Många gånger är det just den gradvis ökade täckningen som igenväxningen medför det som vi vill registrera. Detta för att ha möjlighet att sätta in lämpliga åtgärder. Att mäta en minskad täckningsgrad är också intressant för att se var och i vilken omfattning röjningar skett. Eftersom antalet rutor var så få behövs pilotstudien kompletteras innan den kan föreslås som miljöövervakningsmetod.

Förändring av busk- och trädtäckning (Naturvårdsverket)

Metodiken baserad på förändringsdata mellan två satellitbilder (med stöd av baskartering) är lovande. Ytterligare utvecklingsarbete för att validera och finslipa metoden för olika miljöer bör ske.

Upphörd hävd (Länsstyrelsen i Kalmar)

Det visade sig vara svårt att se skillnaden mellan hävdade och ohävdade betesmarker. Antalet falsklarm var så stort att metoden inte kan anses som tillämpbar inom miljöövervakningen idag. Ett bättre resultat hade kanske erhållits om satellitbilder från sent på hösten använts. Skillnaden i färgåtergivning torde då vara som störst då de välhävdade områdena har ett kortbetat grönt gräs medan de ohävdade områdena har ett högvuxet gräs som gulnat. Satellitbilderna i detta pilotprojektet var tagna 2001-07-25 och i torrare marker torde gräset ha gulnat men det beror på hur mycket nederbörd som fallit. Ett torrår är har gräset säkert gulnat medan det fortfarande kan var grönt ett år med mycket nederbörd. Det är värt en mindre pilotstudie för att se om ett bättre resultat kan fås om satellitbilderna är tagna på hösten till exempel i första halvan november. Metoden bör då även testas i andra delar av Sverige.

Upphörd hävd (Naturvårdsverket)

Trots problemen är resultaten från studien om upphörd hävd intressanta, och borde redan nu kunna tillämpas som signalsystem för att prioritera fältbesök. Fortsatt utvecklingsarbete är önskvärt.

Igenväxning av våtmark och vatten (Länsstyrelsen i Kalmar)

Skillnaden i reflektionen mellan öppen vattenspegel och vegetation torde vara så stor att det tämligen lätt går att se med hjälp av satelliter. Ett positivt resultat erhöles också i de få stickprov som gjordes.

En större pilotstudie följd av en noggrann utvärdering krävs dock innan metoden kan föreslås i miljöövervakningssyfte. I en del områden och en del våtmarkstyper kan en stor mängd nederbörd eller torra kraftigt påverka utbredningen av vattenspegeln. Detta måste beaktas i samband med utvärderingarna.

Igenväxning av våtmark och vatten (Naturvårdsverket)

Metoden är mogen för implementering i Enforma Natur. Förutom som indikator på dikning och andra hydrologiska förändringar av småvatten och våtmarker borde metoden kunna överföras till att indikera eutrofieringseffekter längs stränder av större sjöar och vattendrag, samt även längs skyddade marina kuststräckor.

REFERENSER

- Ahlcrona, E., Willén, E., och Pålsson, S., 2000a: *Satellitdatabaserad övervakning av värdefulla naturområden*. Satellus. G-PUBL-5.
- Ahlcrona, E., Willén, E., Forslund, S., Forslund, M. och Johansson, T., 2000b: *Satellitdatabaserad förändringsanalys av buskskikt och skog på Öland. Användarutvärdering och rekommendationer*. Satellus. G-PUBL-9.
- Ahlcrona, E., Johansson, T., 2003: *Ädellövskogskartering med satellitdata. Test av operativ metod*. Metria Miljöanalys. M2001/00655.12.
- Congalton, R.G. and Green, K., 1999: *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*. Lewis Publishers.
- Couto, P., 2003: Assessing the accuracy of spatioal simulation models. *Ecological Modelling 167: 181-198*.
- Huang, C., Wylie, B., Yang, L., Homer, C. & Zylstra, G., 2001 (?): *Derivation of a tasseled cap transformation based on Landsat 7 at-satellite reflectance*. Raytheon ITSS, USGS EROS Data Center. Sioux Falls, SD 57198, USA. Tillgänglig via internet på <http://landcover.usgs.gov/pdf/tasseled.pdf>
- Lillesand, T., and Kiefer, K., 1987: *Remote sensing and image interpretation*. University of Wisconsin-Madison. USA.
- Lundén och Wester, 1988. Survey mapping of bedrock outcrops. A comparative study using data from Landsat TM and Spot. *Geografiska Annaler 70 A:125-133*.
- Swain, P., and Davis, S., 1978: *Remote Sensing: The quantitative approach*. Purdue University, USA.

BILAGA 1. FÄLTKONTROLL

Fälttytor besökta 6 juni 2003. Fälttytor var utvalda för kontroll av "förändringskartering av busk- och trädäckning (vegkarta 1994 och satellitdata 2001)".					
Lokal	Förändring (satellitdata 1994 och 2001)	Förändring (vegkarta och "satellitdata 2001")	Kartering av busk/trädäckn	Veg.karta	Fältobservation
Beijershamn x:1537194 y:6274664	(utanför karterat område)	Kr ökat - äng utan buskar/träd (<10%) till >70% täckning av buskar/träd eller till vass/säv	90-100%	Havstrandäng, variant säv/fråken	Fågelskyddsområde ca 100 meter in från fotopunkt. Blött parti med vass och säv nu uttorkat bild 15 och 16.
Södra Sandby x:1549822 y:6271592	Kraftigt minskad täckning eller produktivitet	Minskat - äng med busk (10-70%) till <10% eller fuktighetsförändring	0%	Torräng på alvarmark, 10-70% enbuskar	Bild tagen från vägen och visare ett område som helt saknar buskar bild 014. Sannolikt en korrekt beskrivning mha satelliten "minskat". Röjning har säkert gjorts här.
Omr S om Bårby Fornborg x:1538403 y:6263102	Oförändrad	Kraftigt minskat (barrbusk till <10%)	0%	Entokbuskmarker	Mycket hög täckning av slån och en. Fårbetat område. Bild 06. Hög täckning och ingen tecken på röjning.
Omr S om Bårby Fornborg x:1538348 y:6262791	Oförändrad	Minskat - äng med busk (10-70%) till <10% eller fuktighetsförändring	40-49%	Fuktäng var kalktyp/älväxing/krypven, 10-70% en- och tokbuskar	Måttlig hög täckning av slån och en, delar består av uttorkad vät. Bild 07 och 08. Inga tecken på röjning.
Gösslunda S om vägen x:1544444 y:6262229	Kraftigt minskad täckning	Kraftigt minskat (barrbusk till <10%)	Gräns mellan 70-79 och 0-9%	Enbuskmark	Röjt för uppskattningsvis 3 år sedan fårbeta. Bild 01 och 02. Mycket tokbuskar men små sådana, säkert korrekt tolkning av via satellitbild "kraftigt minskat".
Gösslunda S om vägen x:1544216 y:6262485	Oförändrad	1 pixel: Kraftigt minskat (barrbusk till <10%) men omgivande pixlar oförändrat	0%	Alvarkalkjord ospec (<10% buskar) och enbuskmark	Strax utanför tätt snår. Koordinat fel? Området kan mycket väl stämma med satellitanalys "kraftigt minskad täckning". Bild 03.
Gösslunda N om vägen x:1544491 y:6263101	Ökad täckning	Ökat - äng med busk (10-70%) till >70%	90-100%	Torr/fuktig äng på alvarmark, 10-70% enbuskar	100% täckning av tok, en, tall etc. Bild 05. Kan säkert stämma med satellitanalysen "ökad täckning".
Gösslunda nära vägen. x:1544393 y:6262670	Oförändrad	Minskat - äng med busk (10-70%) till <10% eller fuktighetsförändring	Gräns mellan 0-9% och 40-49%	Torräng på alvarmark, 10-70% enbuskar	Tämligen nyröjt troligen senaste året, liggande enbuskar kvarlämnade. Bild 04.

Fälttytor besökta 6 juni 2003. Fälttytor var utvalda för kontroll av avvikelser i "Kartering av busk/trädäckning, 2001"						
Lokal	Förändring (satellitdata 1994 och 2001)	Förändring (vegkarta och "satellitdata 2001")	Kartering av busk/trädäckn	Veg.karta	Fältobservation	Flygbildstolkning 2003
Ekelunda område 5 x:1548945 y:6272191 Ruta: 617	Oförändrad	Oförändrad	60-69%	Fuktäng var kalktyp/älväxing/krypven, 10-70% en- och tokbuskar	Mycket låga tok buskar i tuvig, frisk-fuktig mark. I första anblicken tycks inte område ha några buskar alls men vid närmre titt finns buskar spridda över hela området. Bild 09 och 10.	2 % täckning
Ekelunda område 5 x:1549007 y:6272161 Ruta 619	Oförändrad	Oförändrad	60-69%	Våtäng var sötvattensmad	Samma som ovan (ruta 617). Bild 11 och 12. men delar av området saknar tokbuskar och är blötare Bild 13.	0 % täckning
Ruta 565	Oförändrat	Oförändrat	80-90%	Enbuskmark	Röjningar gjorda förra vintern/våren. Bild 22 mot E	1 % täckning

Fälttytor besökta 18 juni 2003. Fälttytor var utvalda för kontroll av "förändringskartering av busk- och trädäckning (satellitdata 1994 och 2001)".					
Lokal	Förändring (satellitdata 1994 och 2001)	Förändring (vegkarta och "satellitdata 2001")	Kartering av busk/trädäckn	Veg.karta	Fältobservation
1 x:1550404 y:6269409	Kraftigt minskad täckning	Minskat (äng med busk till >10% eller fuktighetsförändring)	Mix (medel 20-29%)	Torräng med enbuskar	Friskäng. 10% busktäckning. Spår av kraftig röjning av enbuskar, endast lite tokbuskar kvar.
6 x:1550666 y:6273959	Ökad täckning eller produktivitet	Oförändrat	Mix (mest 0-9%)	Torr-frisk äng	Torräng. 0% busktäckning. Ingen ökad täckning.
11 x:1540188 y:6271780	Kraftigt minskad täckning	Kraftigt minskat (barrbusk till <10%)	0-9%	Enbuskmark	Torräng. <10% busktäckning. Kraftig röjning gjord tidigare.
12 x:1548982 y:6282428	Kraftigt ökad täckning	Oförändrat	0-9%	Torr-frisk äng	Friskäng. 0%.
15 x:1549084 y:6264120	Kraftigt minskad täckning	Kraftigt minskat (lövbush till <10%)	Mix (mest 20-29%)	Tokbuskmark	Friskäng. 0%. Kraftigt störd mark, jordhögar med nässlor. Inga tecken på röjning. (dock buskmark 1994)
16 x:1549158 y:6264046	Kraftigt ökad täckning eller produktivitet	Oförändrat	0-9%	Fuktäng med tokbuskar	Fuktig. 30% busktäckning. Tokbuskar finns, klassningen "ökad täckning" kan vara korrekt.
17 x:1544961 y:6266338	Kraftigt minskad täckning	Minskat (alvar med busk till >10%)	10-19%	Alvarkalkjord, typ fårsvingelhed, med enbuskar	Torr alvarmark. < 10% busktäckning.. Spår av röjning finns i form av stubbar av enbuskar.
18 x:1536195 y:6263237	Kraftigt ökad täckning	Ökat (äng utan busk till >10%) och oförändrat	80-90%	Torr-frisk äng	Torräng. 0% busktäckning. Ingen ökad täckning.

Fälttor besökta 18 juni 2003. Fälttor var utvalda för kontroll av "förändringskartering av vatten/vegetation i våtmarker (satellitdata 1994 och 2001)".					
ID	Förändring (satellitdata 1994 och 2001)	Förändring (veggkarta och "satellitdata 2001")	Kartering av busk/trädäckn	Vegetationkarta	Fältobservation
1 x:1547331 y:6261215	Vegetation till vatten		0-9%	Vät, bunkestarrtyp	Vattenspegel. 0% busktäckning. Restaureringsarbeten nyligen genomförda. Vattenytor skapade.
2 x:1547409 y:6260786	Vegetation till vatten		0-9%	Vät, bunkestarrtyp	Vattenspegel. 0% busktäckning. Restaureringsarbeten nyligen genomförda. Vattenytor skapade.
3 x:1547205 y:6261587	Ökad prod i veg eller ökad vegettäckning		0-9%	Fastmattekärr	Fuktäng. 0% busktäckning. Bara gräsvegetation inget vatten. Vid högt vattenstånd är det tänkbart att denna del blir översvämmad. Säkert korrekt klassad till "ökad vegetation".
4 x:1545932 y:6274553	Vatten till vegetation		0-9%	Vät, knappsäv	
5 x:1550179 y:6280909	Vatten till vegetation		90-100%	Vät, bunkestarrtyp	Ej fältbesökt, djupt vatten. Relativt mycket vegetation i våtmarken, klassningen "vatten till vegetation" kan stämma.
6 x:1550243 y:6280791	Vatten till vegetation		0-9%	Vät, bunkestarrtyp	Ej fältbesökt, djupt vatten. Relativt mycket vegetation i våtmarken, klassningen "vatten till vegetation" kan stämma.
7 x:1546703 y:6264899	Vatten till vegetation		0-9%	Sötvatten	

Fälttor besökta 18 juni 2003. Fälttor var utvalda för kontroll av "upphörd hävd".					
Lokal	Förändring (satellitdata 1994 och 2001)	Förändring (veggkarta och "satellitdata 2001")	Kartering av busk/trädäckn	Veg.karta	Fältobservation
2 x:1549978 y:6273708	Oförändrat	Oförändrat	Mix 0-9% och 90-100%	Fuktäng	Hävdad. 0% busktäckning. Har en struktur och utseende som ger antydning om slätteräng.
6 x:1539956 y:6271262	Minskad täckning	Oförändrat	0%	Torr-frisk äng med en- och rosbuskar	Hävdad. <10 % busktäckning. Röjd för något år sedan
8 x:1546619 y:6265865	Oförändrat	Oförändrat	Mix 0-9% och 90-100%	Torräng	Hävdad. 10% busktäckning. Slån finns utmed mur och stängsel som löper gnm objektet. Kanske kan ses som linjer mha satellit
10 x:1548324 y:6282405	Oförändrat	Ökat (äng med busk till >70%)	80-89%	Torr-frisk äng	Hävdad. "Rätt hög täckningsgrad". Uppskattning gjord en bit ifrån.
11 x:1548627 y:6282709	Oförändrat	Ökat (äng med busk till >70%)	90-100%	Torr-frisk äng med lövträd	Hävdad. 1/2 ytan 0 %, 1/2 ytan ca 40 %. Slätteräng!
12 x:1539951 y:6271220	Minskad täckning eller produktivitet	Minskat (äng med busk till >10% eller fuktighetsförändring)	0%	Torr-frisk äng med en- och rosbuskar	Hävdad. <10%. Röjd för något år sedan.
13 x:1540611 y:6272851	Oförändrat och Minskad täckning eller produktivitet	Minskat (äng med busk till >10% eller fuktighetsförändring)	10-19%	Torr-frisk äng med enbuskar	Hävdad. 20% busktäckning.
14 x:1540524 y:6272789	Kraftigt minskad täckning eller produktivitet	Minskat (äng med busk till >10% eller fuktighetsförändring)	Klassat som moln (fel)	Torr-frisk äng med enbuskar	Osäkert betr hävd. 30% busktäckning. Ej betad än i år. Men har betats de senaste åren.
18 x:1552381 y:6273261	Oförändrat	Oförändrat	Mix 0-9% och 90-100%	Vätäng	Ohävdad. <10 % busktäckning. Hundkex, älggräs.
21 x:1550546 y:6275226	Oförändrat	Oförändrat	0-9%	Torr-frisk äng	Hävdad. <1 % busktäckning. Inga djur, rätt hög vegetation = ej betad än i år.
26 x:1539703 y:6270273	Oförändrat	Oförändrat	0-9%	Torräng	Ohävdad. 10 % busktäckning.
32 x:1539301 y:6268627	Oförändrat	Oförändrat	Mix 0-9 och 20-29%	Torr-frisk äng med lövträd	Ohävdad. 20-30 % busktäckning.