



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT
SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE



CoastSat

Fjärranalys med satellitbilder för uppföljning av erosion i kustområden

Bengt Rydell
Oscar Törnqvist
Sara Wiman
Ann-Christine Hågeryd

Varia 616

LINKÖPING 2010



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT
SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE

Varia 616

RYMDSTYRELSEN

CoastSat

**Fjärranalys med satellitbilder för
uppföljning av erosion i kustområden**

Bengt Rydell
Oscar Törnqvist, Metria
Sara Wiman, Metria
Ann-Christine Hågeryd



LINKÖPING 2010

Varia	Statens geotekniska institut (SGI) 581 93 Linköping
Beställning	SGI – Informationstjänsten Tel: 013–20 18 04 Fax: 013–20 19 09 E-post: info@swedgeo.se Internet: www.swedgeo.se
ISSN	1100-6692
ISRN	SGI-VARIA--10/616--SE
Dnr SGI	1-0703-0210
Uppdragsnr SGI	13870
Dnr Rymdstyrelsen	191/08

FÖRORD

Kustområden är attraktiva för både bebyggelse och friluftsliv liksom för olika näringsgrenar, vilket innebär att stora ekonomiska värden och naturvärden finns i många strandnära områden. Samtidigt är ofta sådana områden hotade av naturhändelser som kan leda till olyckor i form av erosion, ras och översvämning. Dessa risker kommer att öka till följd av klimatförändringar, främst stigande havsnivå och ökad nederbörd.

Det finns behov av kunskap om erosion och sedimenttransport både på lokal och regional nivå för att kunna fatta beslut i samband med fysisk planering eller anpassning av befintlig bebyggd miljö som hotas av erosion. Många metoder för undersökning av erosionsprocesser är kostnadskrävande och det finns behov av metoder för att kostnadseffektivt inventera problemområden för att sedan kunna koncentrera mer detaljerade undersökningar till sådana områden.

För att undersöka möjligheterna att översiktligt utvärdera erosionsprocesser har denna studie med fjärranalys med satellitbilder genomförts. Projektet har finansierats av Rymdstyrelsen, Ystads kommun och Statens geotekniska institut (SGI). Utredningen har genomförts med tillämpning i kustområden i Ystads kommun.

Utredningen har genomförts av Bengt Rydell, SGI, (uppdragsledare), Sara Wiman och Oscar Törnqvist, Metria Geoanalys samt Ann-Christine Hågeryd, SGI. Värdefulla synpunkter har lämnats av en referensgrupp bestående av Erling Alm, Ystads kommun, Jon Larsen, Länsstyrelsen i Skåne län, Camilla Witt, Simrishamns kommun och Michael Tulldahl, Totalförsvarets Forskningsinstitut (FOI).

Linköping och Stockholm i november 2010

Författarna

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	5
1 BAKGRUND	6
2 MÅL OCH SYFTE	6
3 ARBETETS OMFATTNING	6
4 BEHOV AV INFORMATION OM FÖRÄNDRINGAR I KUSTOMRÅDEN	7
5 SATELLITBILDER – ÖVERSIKTLIG BESKRIVNING	8
5.1 SATELLITBILDER	8
5.2 SACCESS - SATELLITBILDSDATABASEN	8
6 INSAMLING AV MÄTDATA	9
7 INDIKATORER FÖR FÖRÄNDRINGSANALYS	11
7.1 DYNER	11
Värdering av satellitbilders användbarhet	12
7.2 STRANDVALLAR	13
Kartering med fjärranalys	13
Värdering av satellitbilders användbarhet	13
7.3 DIKEN, VATTENDRAG OCH RAVINER	13
Kartering med fjärranalys	14
Värdering av satellitbilders användbarhet	16
7.4 TOPOGRAFI	16
Kartering med fjärranalys	17
Höjdm modeller från olika källor	17
Kvalitet i höjdm modeller	19
Värdering av satellitbilders användbarhet	19
7.5 VEGETATION - LAND	19
Kartering med fjärranalys	20
Översiktlig värdering av förändring av vegetation	21
Värdering av satellitbilders användbarhet	22
7.6 MARKANVÄNDNING	22
Kartering med fjärranalys	22
Värdering av satellitbilders användbarhet	24
7.7 STRANDLINJE	24
Kartering med fjärranalys	24
Analys av förändringar	27
Kvantifiering av strandlinjens förändring	29
Värdering av satellitbilders användbarhet	30
7.8 EROSION	30
Kartering av erosion med fjärranalys.	31
Erosion som ger strandförändringar kan identifieras på samma sätt som för strandlinjer, se avsnitt 7.7.	31
Pixelbaserad analys av erosion/minskad vegetation	31
Volymberäkning av erosion	31
Värdering av satellitbilders användbarhet	32
7.9 ACKUMULATION	33
7.10 EROSIONSSKYDD	34
Exempel på erosionsskydd är hövder, strandskoningar, sponter och kajliknande konstruktioner, friliggande vågbrytare, strandfodring (artificiell sandtillförsel) och vegetation.	34
Kartering av erosionsskydd med fjärranalys	35
Erosionsskydd vid Ystad Sandskog	35
Värdering av satellitbilders användbarhet	37
7.11 VEGETATION I VATTEN	37

SGI

Analys av vegetation i vatten med fjärranalys	38
Värdering av satellitbrowsers användbarhet	40
7.12 REVLAR OCH BANKAR	40
Kartering med fjärranalys	41
Värdering av satellitbrowsers användbarhet	44
8 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER	44
REFERENSER	46
BILAGA 1 GRUNDLÄGGANDE INFORMATION OM FJÄRRANALYS	47
1.1 ENERGIKÄLLAN	48
1.2 DET ELEKTROMAGNETISKA SPEKTRAT	48
1.3 ATMOSFÄR	48
1.4 MARKTÄCKETS SPEKTRALA EGENSKAPER	48
1.5 SATELLITER	48
1.6 MOTTAGNING AV DATA	52
1.7 ANALYS	52
1.7.1 Bildbehandling	52
1.7.2 Visuell tolkning	55
1.7.3 Digital klassning	55
BILAGA 2 DEFINITIONER AV TERMER VID FJÄRRANALYS	56

CoastSat

Fjärranalys med satellitbilder för uppföljning av erosion i kustområden

SAMMANFATTNING

Kunskap om erosion och sedimenttransport behövs både på lokal och regional nivå för att ha tillgång till ett tillförlitligt planerings- och beslutsunderlag för ny bebyggelse. Det behövs också för att kunna anpassa befintlig bebyggd miljö till risker för naturhändelser som kan leda till olyckor i form av erosion men också ras och översvämningar. Tillförlitliga och kostnadseffektiva yttäckande metoder behövs därför för att ta fram förändringar i kustområden när det gäller erosion och sedimenttransport.

Syftet med projektet CoastSat har varit att utveckla en metod som kan användas för att identifiera och övervaka erosionsprocesser i kustområden med satellitbilder. I projektet har definierats ett antal indikatorer för förändringar i strandnära områden och för dessa redovisas möjligheter och begränsningar i att identifiera erosions- och sedimentationsprocesser i kustområden.

Fjärranalys med satellitbilder har bedömts ha en stor potential för att kostnadseffektivt och snabbt översiktligt kunna studera förändringar och utvecklingstendenser av strandnära områden. Metodiken har tillämpats för ett område på Skånes sydkust och inom Ystads kommun. Möjligheterna till mer detaljerad kartering är emellertid begränsade, då upplösningen i bilderna inte är tillräckligt för att i detalj beskriva kustförändringar. För detaljerade inventeringar och analyser finns möjlighet att komplettera den översiktliga analysen med satellitbilder genom att använda flygbildstolkning och olika fältundersökningar.

Ett översiktligt övervakningssystem baserat på satelliter skulle kunna indikera var områden med kusterosion eller sedimentation pågår. Övervakningen kan göras regelbundet och täcka ett större kustområde. Indikerade områden kan vara relativt grovt avgränsade och användas som ett underlag för att klargöra behov av närmare undersökningar av erosionskänsliga områden i fält.

Det finns anledning att fortsätta utvecklingsarbetet för att se förutsättningar för analys med satellitbilder med hög upplösning. I en sådan mer detaljerad studie kan närmare klargöras med vilken noggrannhet förändringar kan karteras och kvantifieras i jämförelse med befintliga metoder samt hur en sådan metod kan ersätta eller komplettera dessa metoder. Här bör också ingå att värdera och jämföra kostnader och nytta med olika metoder i relation till behov av information i kustområden.

Ett sådant utvecklingsarbete bör bedrivas utifrån ett användarperspektiv och förslagsvis genomföras som praktiska tillämpningar i samarbete med kommuner och länsstyrelser.

1 BAKGRUND

Kustområden är attraktiva för både bebyggelse och friluftsliv liksom för olika näringsgrenar, vilket innebär att stora ekonomiska värden och naturvärden finns i många strandnära områden. Samtidigt är ofta sådana områden hotade av naturhändelser som kan leda till olyckor i form av erosion, ras och översvämning. Dessa risker kommer att öka till följd av klimatförändringar, främst stigande havsnivå och ökad nederbörd. God kunskap om de förändringar som sker i strandnära områden behövs för att kunna ha ett tillförlitligt planerings- och beslutsunderlag för ny bebyggelse och för att kunna anpassa befintlig byggd miljö till risker för naturolyckor. Kommuner som svarar för fysisk planering och länsstyrelser som övervakar utvecklingen regionalt saknar ofta ett sådant kunskapsunderlag.

Kunskap om erosion och sedimenttransport behövs både på lokal och regional nivå eftersom sådana naturliga processer inte känner administrativa gränser utan berör flera kommuner längs en kuststräcka. Metoder att undersöka erosion genom fältundersökningar/mätningar finns men är kostnadskrävande för inventering av större områden. Det är oftast lämpligt att inledningsvis få en överblick av var problemen kan finnas för att sedan kunna koncentrera mer detaljerade undersökningar till sådana problemområden. Tillförlitliga och kostnadseffektiva yttäckande metoder behövs därför för att ta fram förändringar i kustområden när det gäller erosion och sedimenttransport.

2 MÅL OCH SYFTE

Syftet med detta projekt har varit att utveckla en metod som kan användas på nationell, regional och lokal nivå för att identifiera och övervaka erosionsprocesser i kustområden. Avsikten har varit att studera hur satellitbilder kan användas för att klargöra erosion och sedimenttransport genom direkta och indirekta indikatorer av förhållanden i kustområden. I dagsläget saknas sådan kunskap för de flesta kustområdena och fjärranalys med satellitbilder bedöms ha en stor potential för att kostnadseffektivt och snabbt översiktligt kunna studera förändringar och utvecklingstendenser av strandnära områden.

Ett översiktligt övervakningssystem skulle kunna indikera var områden med kusterosion eller sedimentation pågår. Övervakningen kan regelbundet, exempelvis vart annat till vart tredje år, täcka hela den svenska kusten. Indikerade områden kan vara relativt grovt avgränsade och användas som ett underlag för att klargöra behov av närmare undersökningar av erosionskänsliga områden i fält. Övervakningssystemet förväntas även kunna indikera kustavsnitt som förändras av andra anledningar, t.ex. på grund av föroreningar, ändrad markanvändning och förändrad vegetation.

Projektets mål har varit att utveckla och pröva en metodik för översiktlig förändringskartering av erosions- och sedimentationsprocesser i kustområden med stöd av satellitbilder samt redovisa principerna för användning av ett sådant övervakningssystem.

Metodiken har tillämpats för ett område på Skånes sydkust och inom Ystads kommun.

3 ARBETETS OMFATTNING

Arbetet har omfattat följande delar:

- Identifiering av indikatorer för erosion och sedimenttransport

SGI

- Fältbesök på ett tillämpningsområde i Ystad kommun
- Information till och avstämning med användare
- Insamling av data
- Utveckling av metodik för översiktlig kartering av erosions- och sedimentationsprocesser

Ett möte har genomförts med representanter för Ystads kommun, där projektet presenterades. En diskussion hölls om förhållandena i kommunen när det gäller erosion och sedimenttransport. En information gavs om användning av satellitbilder i olika tillämpningar. Diskussioner fördes angående undersökningsområdets omfattning, där kommunen redovisade sin bedömning av vilka områden som kan komma att påverkas av erosionen.

Efter mötet genomfördes ett fältbesök på stränderna i Ystad Sandskog, strax öster om Ystad tätort, och Sandhammaren i den sydöstra delen av Skåne för att få underlag till tolkning av satellitbilder och på plats studera de indikatorer som kommer att användas i projektet.

Arbetsgruppen har redovisat delresultat för en referensgrupp vid ett tillfälle samt inhämtat synpunkter på förslag till slutrapport.



Figur 3-1. Översikt över studieområdet. Rutorna markerar bildutsnitt som presenteras i rapporten.

4 BEHOV AV INFORMATION OM FÖRÄNDRINGAR I KUSTOMRÅDEN

Kommuner och länsstyrelser efterfrågar planerings- och beslutsunderlag för den fysiska samhällsplaneringen för att kunna identifiera eventuella riskområden i enlighet med Plan- och bygglagens regler. Erosion – liksom ras/skred och översvämning - är en sådan riskfaktor, där information med olika detaljeringskrav erfordras i översikts- och detaljplanering. För bebyggd miljö behövs kunskap om vilka hot som finns till följd av erosion som kan skada befintliga byggnader och infrastruktur. Eftersom den byggda miljön normalt förväntas finnas under lång tid kommer klimatförändringarna att ställa ökade krav på kunskap om erosionsförhållanden och sedimenttransport över tiden.

5 SATELLITBILDER – ÖVERSIKTLIG BESKRIVNING

Idag finns en mängd olika typer av satellitdata kommersiellt tillgängligt. När det gäller kartering av erosion längs Sveriges kuster kan det utföras på en översiktlig eller en mer detaljerad nivå, beroende på syfte. För översiktlig kartering finns lämpliga satellitdata att ladda hem från Lantmäteriets hemsida utan kostnad. Data från 1970-talet och framåt lagras i och tillhandahålls via satellitdatabasen Saccess, se avsnitt 5.2. För mer detaljerade karteringar och analyser finns dels möjlighet att beställa äldre arkiverade data, registrerat under 2000-talet, från återförsäljare av satellitdata. Utbudet är begränsat eftersom de satelliter som levererar mycket detaljerade bilder inte täcker in så stora områden. Man kan också beställa registrering från en speciell satellit som gäller för en vald tidsperiod. Det finns då ingen garanti för att man får några bilder eftersom de optiska satelliter det handlar om är beroende av mer eller mindre molnfri väderlek. Inom projektet har både översiktliga och detaljerade satellitbilder analyserats.

En utförligare beskrivning av satellitbilder och grundläggande fjärranalysteknik finns i BILAGA 1.

5.1 Satellitbilder

Det finns aktiva och icke-aktiva satellitsensorer. De aktiva skickar ut en signal (radar) som reflekteras mot jordytan och registreras i satelliten. Passiva sensorer mäter det solljus som reflekteras mot jorden. De är ofta indelade i olika så kallade spektralband, vilket innebär att en bild skapas från ljuskänslighet inom ett visst våglängdsområde (band) t.ex. nära infrarött och att flera olika sådana känslighetsområden genererar en bild vardera. Dessa olika våglängdsband kan kombineras på olika sätt till en färgbild som förstärker intrycket av det man vill studera. Exempelvis brukar mellaninfrarött, nära infrarött och rött kombineras när det handlar om att särskilja vegetation av olika slag. Antalet olika våglängdsband som ingår i en satellitbild och bandens känslighetsområden brukar benämnas spektral upplösning. Det finns pankromatiska bilder, med bara ett band, multi-spektrala med 4-7 band och hyperspektrala med kanske hundratals smala våglängdsband.

Satellitsensorer registrerar jorden med varierande *geometrisk upplösning*, vilket motsvarar den ungefärliga yta på marken som motsvaras av ett bildelement (pixel) i sensorn eller bilden. Från SPOT-satelliten erhålls bilder med 10 m upplösning, vilket lämpar sig för kartering i skalområdet 1:50 000. De mycket högupplösande (Very High resolution, VHR) satelliterna har en upplösning i det pankromatiska våglängdsbandet på ca 0.5-1 m och lämpar sig för detaljerad kartering, men inte för att skilja mellan många olika vegetationslag.

Den *temporal upplösningen* utgörs av den tid det tar för en satellit att återkomma till och registrera samma område på jorden. Grundregeln är att ju högre geometrisk upplösning desto lägre temporal upplösning, beroende bl.a. på den enorma mängd data som skulle behöva länkas ner till jorden om en VHR-bild skulle täcka samma yta som en SPOT-bild. Ytterligare information finns i BILAGA 1.

5.2 Saccess - satellitbildsdaten

Databasen Saccess innehåller optiska satellitbilder tagna under vegetationsperioden med en upplösning på 10-30 meter från 1970-talet (80 meter upplösning), 1980-talet, Millenniumskiftet och från år 2005. Från 2007 uppdateras Saccess med rikstäckande dataset varje år. Optiska bilder med denna upplösning är den typ av data som har bredast operationell användning i Sverige idag.

SGI

Databasen innehåller satellitdata som är anpassad till olika typer av användare. Det finns system- och ortokorrigerade scener för professionella användare samt mosaiker som även kan vara av intresse för allmänheten som vill se hur landskapet har förändrats under årens lopp. Mosaikerna består av flera bilder som lagts samman för att täcka större områden. Dessa kan levereras både i form av infraröda bilder som visar olika vegetationstyper och bilder med naturliga färger som är lättare att tolka.

Satellitdata kan användas för att följa hur natur, miljö och samhälle påverkas över tiden, inom områden som vädertjänst, jord- och skogsbruk, miljöövervakning och miljö- och klimatforskning. Satellitdata ger möjlighet att objektivt dokumentera och följa upp tillstånd och förändringar över hela landet. Det går att se förändringar över tiden, analysera vilka åtgärder som behövs och vilka effekterna är av insatta åtgärder.

6 INSAMLING AV MÄTDATA

En serie högupplösande satellitbilder, Landsat och SPOT, har valts ut från Saccess-arkivet och från Metrias eget arkiv, se Tabell 6-1. Geometrin är överlag godtagbar, men upplösning och kvalitet på de äldre bilderna, främst Landsat-1 från 1973 med 50x80 m upplösning, är inte tillräckligt bra för kartering av exempelvis strandlinjen. Fakta om de olika typer av satellitdata och flygbilder som använts i projektet framgår av Tabell 6-2.

Tabell 6-1. Sammanställning av de indata som används inom projektet, typ av satellit, vattenstånd vid respektive registrering och ursprung.

Datum	Satellit	Vattenstånd (cm)	Källa
1973-07-03	LANDSAT1_MSS	-3	Saccess
1989-07-07	LANDSAT5_TM	-18	Saccess
1999-07-11	LANDSAT7_ETM	-13	Saccess
2003-06-03	SPOT5	-17	Metria
2005-07-04	SPOT5	N/A	Saccess
2006-05-08	Quickbird	-23	Beställd inom projektet
2006-06-12	SPOT5	-8	Metria
2007-06-12	SPOT5	-36	Saccess
2008-05-11	SPOT5	-32	Saccess
2008-06-05	SPOT5	-52	Saccess
2008-07-09	QuickBird	N/A	Beställd inom projektet
2008-07-26	SPOT5	-17	Metria
2009-09-18	WorldView, något disig	N/A	Beställd inom projektet
1950-xx-xx	Flygbilder/ortofoto		Datum ej känt

Två QuickBird-bilder från 2006 och 2008 har använts. Dessutom beställdes ytterligare en QuickBird-bild under perioden september-oktober 2009, vilken emellertid inte kunde levereras. Detta kan förutom dåligt väder bero på att andra konkurrerande beställningar har prioriterats högre av leverantören. Man hade dock gjort ett par försök, vilka i det här fallet misslyckades på grund av molnigt väder. Som alternativ till denna bild har använts en pankromatisk bild från satelliten WorldView. Registreringsdatum är den 18 september och upplösning motsvarar kraven i detta projekt.

Information om aktuellt vattenstånd vid registrering av de olika bilderna har tillhandahållits av Ystad Hamn Logistik AB. Ett problem vid tolkningen av vattenståndsmätningarna var att datumangivelserna förändrats vid flera tidpunkter och i ett par fall är det inte helt säkert att vi angivit exakt rätt vattenstånd.

SGI

Resultat från lasermätningar för vattenområdet utanför Ystad strandbad har funnits tillgängliga från två tillfällen under 2005 och 2007 (Rydell och Nyberg, 2006 och Rydell, 2009). Dessa mätningar har utnyttjats som referens främst inom avsnitten 7.11 *Vegetation i vatten* och 7.12 *Revlar och bankar*.

Övrigt kartmaterial, som använts inom projektet är bl.a. KNAS – Kontinuerlig Naturtypskartering, en fjärranalysbaserad marktäckekartering, som uppdateras kontinuerligt med främst SPOT5-data.

Tabell 6-2. Fakta om olika typer av satellitdata som används inom projektet

Sensor	Band	Våglängd (µm)	Upplösning (m)
Landsat 5 TM	1 (Blue)	0.450 - 0.515	30
Landsat 7 TM	2 (Green)	0.525 - 0.605	30
	3 (Red)	0.630 - 0.690	30
	4 (Near IR)	0.750 - 0.900	30
	5 (Mid IR)	1.55 - 1.75	30
	6 (Thermal IR)	10.4 - 12.5	120
	7 (Mid IR)	2.09 - 2.35	30
Landsat MSS	1 (Green)	0.5-0.6	57*79
	2 (Red)	0.6-0.7	57*79
	3 (Near IR)	0.7-0.8	57*79
	4 (Near IR)	0.8-1.1	57*79
SPOT-5	Pan	0.49 - 0.69	5
	B1 (Green)	0.50 - 0.59	10
	B2 (Red)	0.61 - 0.68	10
	B3 (Near IR)	0.78 - 0.89	10
	B4 (Mid IR)	1.58 - 1.75	20
IKONOS/Quickbird	Panchromatic	0.45 – 0.90	1.0/0.6 (pan)
	B1: blue	0.45 – 0.52	4/2.4 (färg)
	B2: green	0.52 – 0.60	4/2.4
	B3: red	0.63 – 0.69	4/2.4
	B4: NIR (near-IR)	0.76 – 0.90	4/2.4

7 INDIKATORER FÖR FÖRÄNDRINGSANALYS

I projektet har definierats ett antal indikatorer för förändringar i strandnära områden. Dessa indikatorer ligger till grund för tolkning av de kustprocesser som sker, vilket utgör grund för exempelvis bebyggelseplanering eller anpassning till klimatförändringar. Syftet med detta projekt är att utveckla metoder för att beskriva förändringar av dessa indikatorer utifrån information i satellitbilder.

I detta kapitel beskrivs tolv indikatorer för förändringar i kustområden, vilken typ av förändring som kan förväntas samt möjligheter och begränsningar i att identifiera förändringar i satellitbilder.

7.1 Dyner

Dyner utgörs av sediment som transporterats och avlagrats av vinden. Ursprungsmaterialet till dessa avlagringar utgörs ofta av mellansand och silt från strandavlagringar och isälvsavlagringar. Dynerna är oftast orienterade vinkelrätt mot vindens riktning, transversella dyner. Dyner, som är orienterade i vindriktningen kallas för longitudinella dyner. När vegetationen inte binder sanden kommer dynerna att vandra i vindriktningen. Den hastighet, som en dyn kan vandra kan uppgå till flera meter per år.

Typ av förändring: Dyner bildas av vinden, men påverkas även av vågor, som flyttar sanden ut från land. Vid kraftig vind och höga vattennivåer kan stora delar av dyner påverkas och ras utbildas i slänterna. Detta innebär att dynernas bredd och höjd kan förändras. Vegetation binder sanden och förhindrar erosion, men skadas vegetationen kan erosionsprocessen öka och landskapet förändras. Över längre tid kan studeras hur dynlandskapet förändras.



Figur 7-1. Dynlandskap vid Sandhammaren. Foto: Oscar Törnqvist.

Kartering med fjärranalys

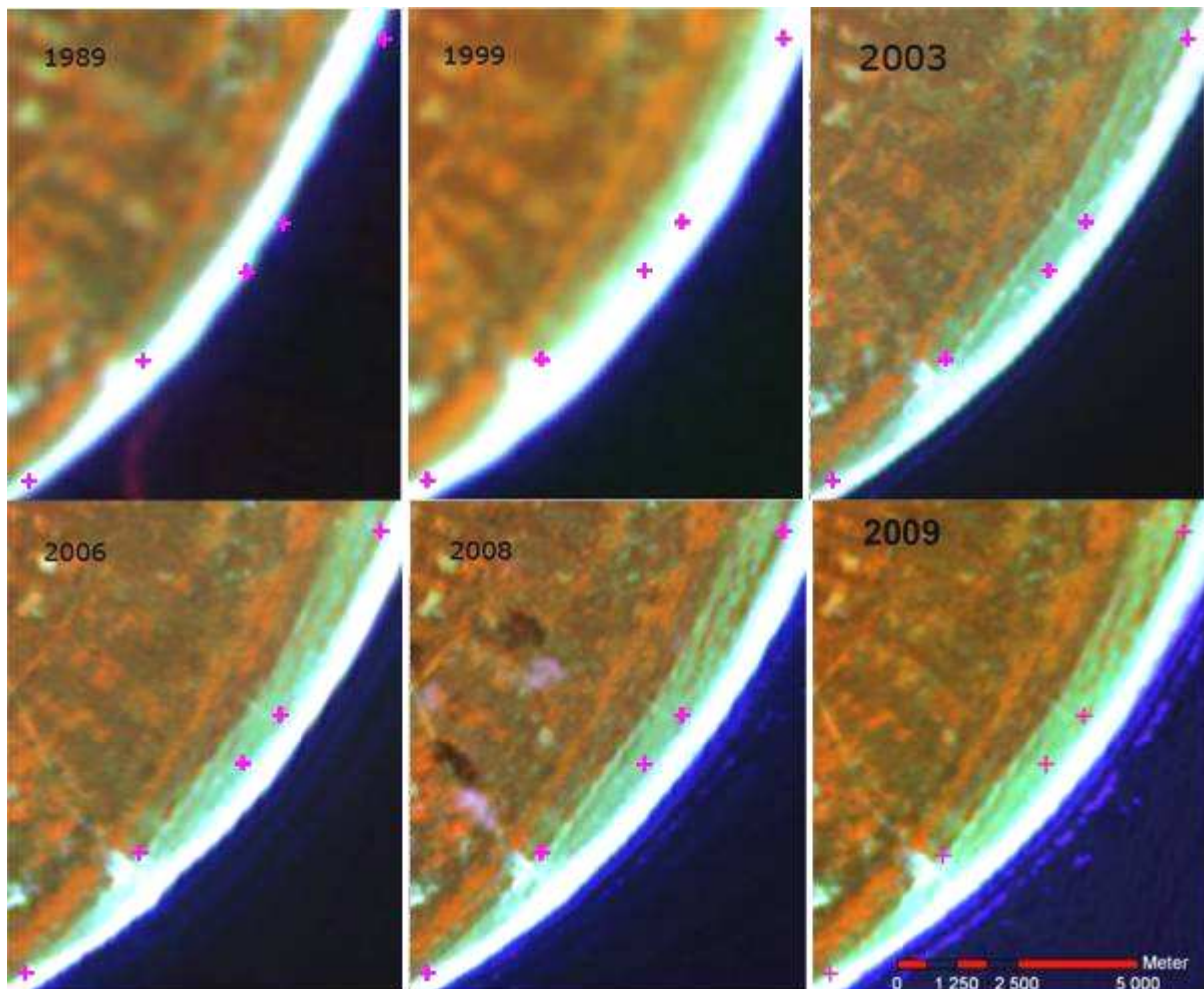
Dyner är i SPOT-data svåra att detektera på grund av kontrasten mot omgivningen är för liten och att topografin inte framgår. Ett sätt att identifiera dyner skulle dock kunna vara att via förändringar mellan olika tidpunkter följa utbredningen av vegetation, som etablerat sig på dyner-

SGI

na. Innan dynerna till slut blir fossila kommer de att genomgå olika faser av förflyttning, beväxning av strandråg och gräs och slutligen kommer buskskikt och träd att etableras.

I Figur 7-2 presenteras en bildserie mellan åren 1989 och 2009. Där framgår både strandlinjens förskjutning på grund av ackumulation och utbredningen av vegetation. Vegetationen syns som brungula nyanser i den kombination av spektralband som använts i bilderna. Ingen förskjutning av gräsbeväxta dyner kan styrkas.

Höjdmodeller med tillräckligt hög detaljeringsgrad kan produceras ur flygbilder eller mycket högupplösta satellitdata (VHR) i stereobearbetning, se avsnitt 7.4. Höjdmodeller från olika tidpunkter skulle kunna användas för att mäta förändringar i höjd för att indikera förflyttning av dyner. Projektet har dock inte haft tillgång till sådana stereodata i Sandhammaren-området.



Figur 7-2. Tidsserie över förändringar vid Sandhammaren. Via de röda referenskryssen (statiska) kan man följa hur ackumulation av sand har flyttat strandlinjen och hur växtligheten successivt etablerat sig på den nybildade stranden. Det yngre dynlandskapet med strandråg har i bilderna en blågrön färg, medan de äldre dynerna som domineras av buskvegetation har en orange- eller brunorange färg. Dynerna kan här inte urskiljas via topografin utan indikeras genom olikheter och förändringar i växtlighet. Bilderna har olika upplösning: 1989 = 30 m, 1999 = 25 m, övriga 10 m.

Värdering av satellitbilders användbarhet

I bilder med 10 m upplösning kan man identifiera dynbälten via dess vegetation och i bästa fall urskilja enskilda dyner. I bilder med 1 m upplösning framträder enskilda dyner tydligt men det går inte med automatiska metoder att peka ut dem utan avgränsningar och läge måste bestäms

SGI

mas visuellt. Förändringar i topografin har inte utvärderats inom projektet, men kan vara en användbar metod.

7.2 Strandvallar

Strandvallar förekommer som vallformade bildningar bestående av platta stenar, grus och sand, som transporterats upp av vågsvall eller vinteris ovanför och parallellt med strandlinjen. Strandvallar kan variera i storlek från några dm till flera m i höjd. De förekommer ofta i serie över varandra, varvid de ofta vittnar om tidigare vattennivåer.

I samband med landhöjningen omlagrar vinden och strandprocesserna sanden på allt lägre nivåer så att parallella ryggar och strandvallar bildas. Jordmaterialet är naturligt sorterat, kornen mer eller mindre rundade och består vanligen av sand, grus eller sten.

Typ av förändring: Strandvallar påverkas av abrasion från vågor. Det finare materialet följer med vågorna ut och sedimenterar på större djup och det grövre materialet stannar kvar på land. Vid lågvatten kan man se strandvallar med olika åldrar och även ett 100-tal meter upp på land. Detta innebär att vallarnas planläge och utbredning förändras.

Kartering med fjärranalys

Förutsättningen för att kunna urskilja strandvallar i satellitdata är att upplösningen i bilderna, detaljeringsgraden, är tillräckligt hög. Karteringen kan svårigen göras genom att studera den spektrala informationen i strandkanten utan den bäst lämpade metoden är att producera höjdmodeller som i sig anger vallarnas placering och utsträckning. Höjdmodeller med tillräckligt hög detaljeringsgrad kan produceras ur flygbilder eller mycket högupplösta (VHR) satellitdata i stereobearbetning. Detta utförs med automatiska metoder och håller ungefär samma detaljeringsgrad i höjddled som bilderna har i sidled. Detta innebär att i en VHR-bild kan höjder och höjdskillnader som uppgår till ca 1 m identifieras. När höjdmodellen är producerad kan man försöka lokalisera strandvallar med hjälp av GIS-verktyg genom att söka efter branta lutningar angränsande till befintlig strandlinje. Det är dock svårt att avgöra vilken typ av företeelse som påträffas; om branten utgör en strandvall eller någon annan typ av formation. Vegetationen har betydelse för hur höjdmodellerna är genererade. Med lasermätningar kan markytan mätas om vegetationen inte är alltför tät, men med flygbilder eller VHR satellitdata utgör oftast vegetationen ett hinder för att hitta markytan.

Värdering av satellitbilders användbarhet

Det kan vara möjligt att urskilja strandvallar i höjdmodeller genererade från VHR satellitdata, flygbilder eller uppmätta genom laserscanning. Det krävs dock att lutningen är markant och att strandvallarna inte är täckta med alltför hög vegetation, som buskar och högt gräs.

7.3 Diken, vattendrag och raviner

Ett dike är en långsmal grävd eller schaktad fördjupning i jord eller berg, avsedd för bortledning av vatten.

Ett vattendrag definieras som en sötvattenmassa som drivs genom landskapet av gravitationen från högre belägna till lägre områden och mynnar vanligen ut i havet eller i en insjö. Vattendrag kan delas in efter storlek enligt bäck, å, flod eller älv. Det är således huvudsakligen storleken (bredden, djupet, vattenmängden m.m.) som utgör skillnaden mellan de olika vattendragen.

SGI

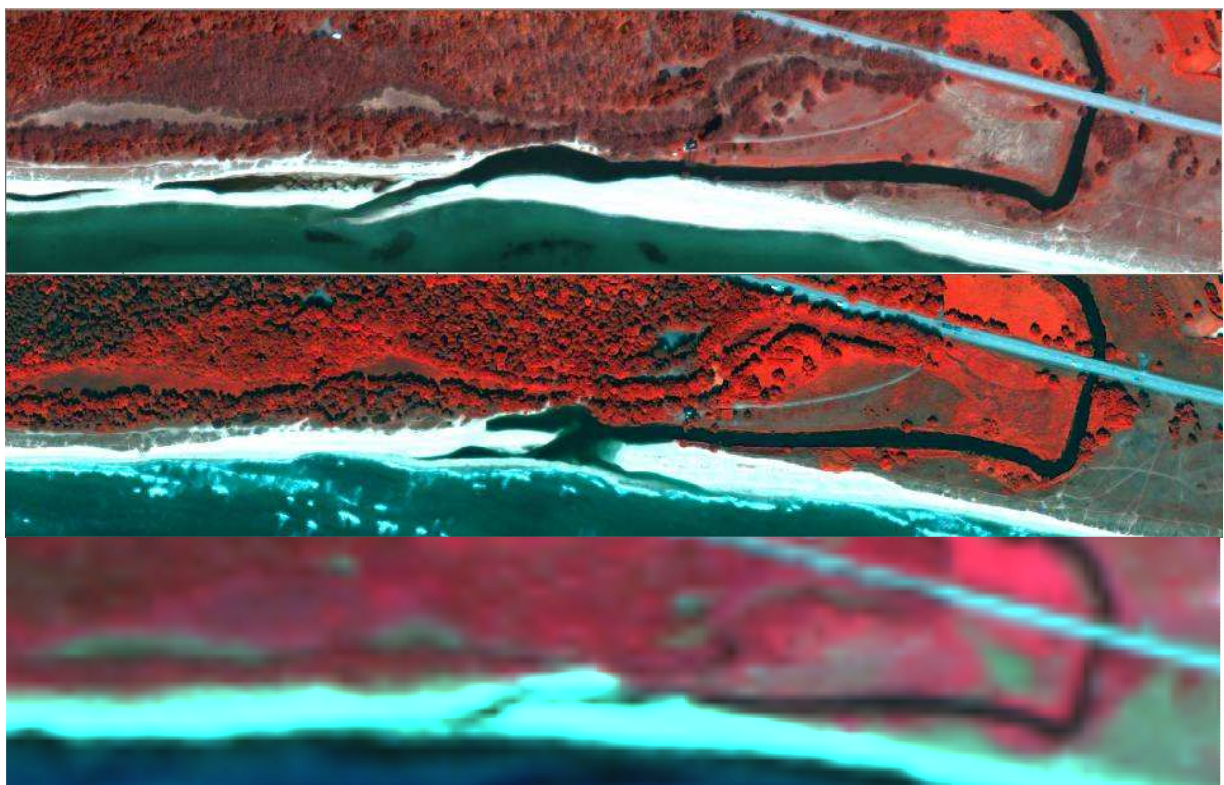
En ravin är en dalgång som har bildats genom att ett vattendrag har eroderat i lösa avlagringar, ofta i finkornigt material, såsom silt eller sand. Ravinen skiljer sig emellertid från dalar och är vanligen en relativt brant landformation (ofta mellan 20-70 % lutning på slänterna). Raviner kan vara torra eller genomflutna av det vattendrag som en gång skapade dem. I lättroderade jordar kan också vattendraget meandra, dvs. bilda en slingrande form i landskapet.

Typ av förändring: Bildning av erosionsärr, blottade ytor i slänter orsakade av strömmande vatten eller genom ytavrinning från t.ex. snösmältning eller intensiva regn är exempel på förändringar. Även mänsklig påverkan genom borttagning av vegetationstäckets eller avverkning av träd kan påverka erosionen i slänterna. Vinden kan påverka genom att träd stormfälls och det bildas gropar med bar jord i slänterna.

Kartering med fjärranalys

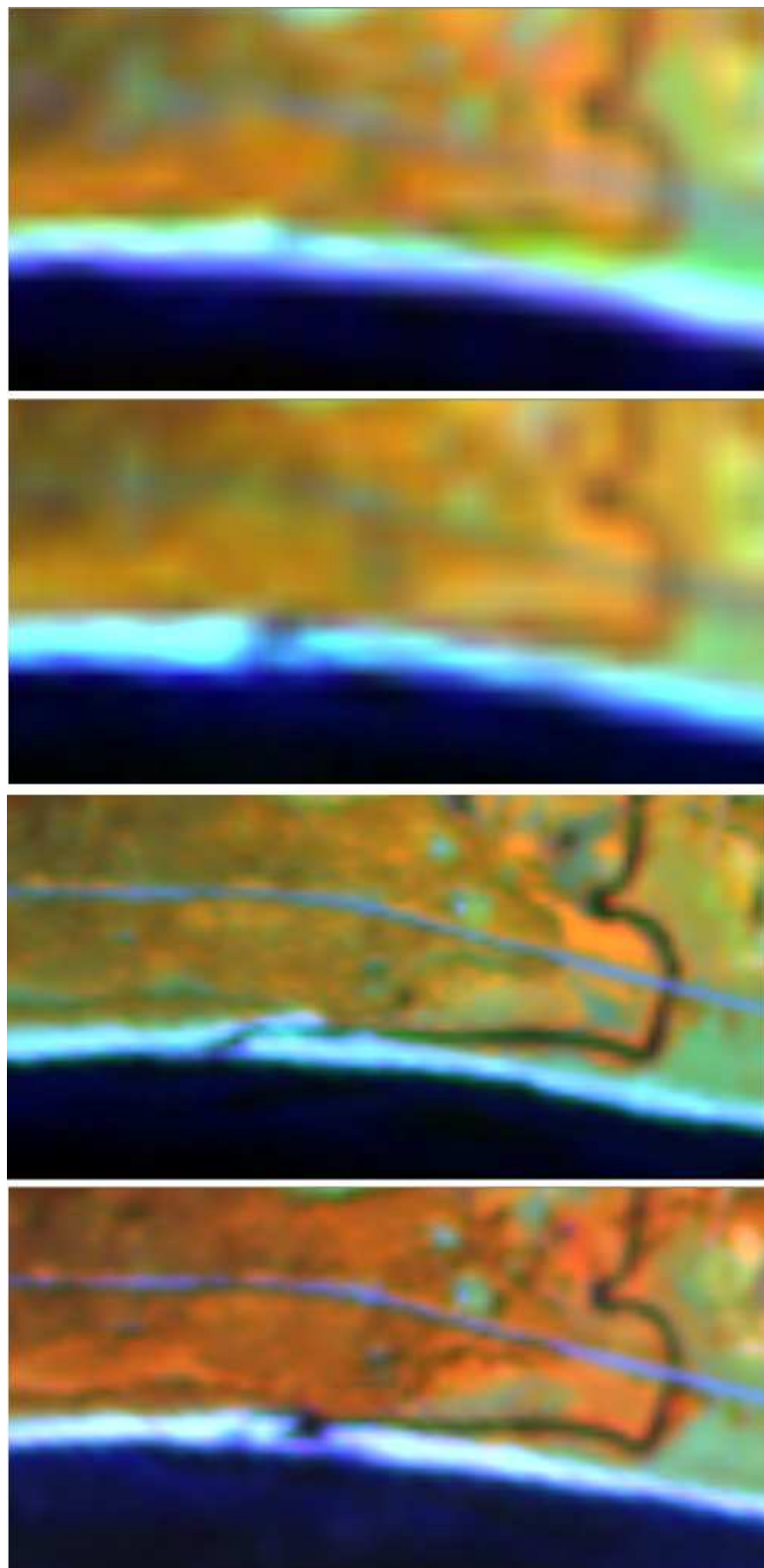
Förändring av ett vattendrags läge som beror på förändringar i eroderad blottlagd jord t.ex. i en ravin har metodmässigt mycket gemensamt med karteringen av erosion som finns beskrivet i kapitel 7.8. Liksom för det vidare erosionsbegreppet kan förändringar i ytor som är större än ett par pixlar i fjärranalysunderlaget karteras, oavsett om det är ett ändrat flöde i ett vattendrag eller en rasbrant med ökad areal av blottlagd mark. Raviners form kan karteras med samma metoder som finns beskrivna i sektionen strandvallar ovan.

Bildserien i Figur 7-3 och Figur 7-4 visar hur Nybroåns utlopp utanför Ystad (vattendrag och deltabildning) framträder i olika fjärranalysunderlag och hur förändringar syns i VHR-underlag där förändringarna mellan 2003 och 2008 kan karteras med 10 m upplösning i bilderna.



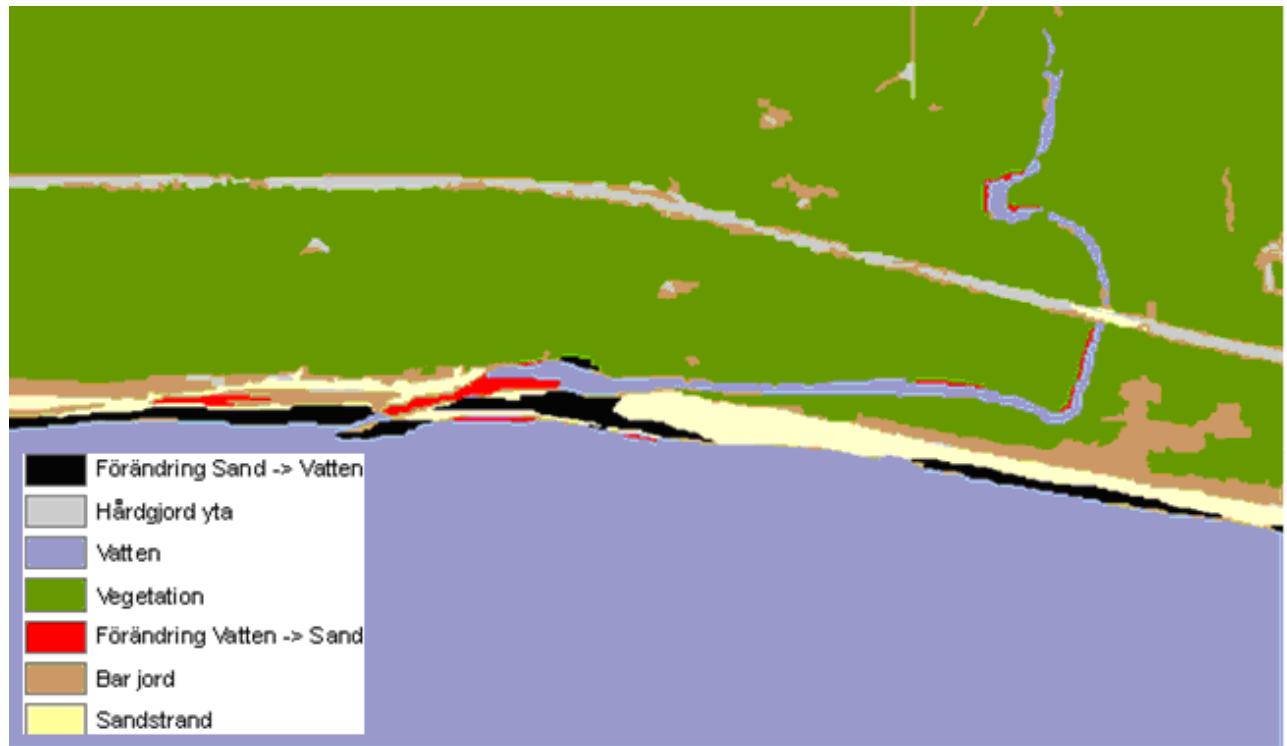
Figur 7-3. Nybroåns utlopp karterat med olika fjärranalysunderlag. Bilderna visar hur erosionen påverkat åmynningen vid utloppet. Överst s.k. PAN-skärpt VHR (1m upplösning) från maj 2006, i mitten från juli 2008, båda dessa från satelliten QuickBird. Längst ner en HR-bild (SPOT) med 10 m upplösning från juni 2003.

SGI



Figur 7-4. Nybroån vid fyra olika tillfällen. De övre satellitbilderna är äldst och kommer från Landsat 1989 och 1999 med 25 m upplösning. Nederst SPOT-bilder från 2003 och 2008 med 10 m upplösning. Vägen som går genom bilderna i öst-västlig riktning är bara 12-13 m bred, men syns ändå tydligt i SPOT-bilderna, trots att varje pixel är 10 m. Vägen kan även anas i Landsat-bilderna med 25 m upplösning. Detta beror på att vägobjektet är långsträckt och har hög kontrast mot den omgivande skogen. Samma sak gäller för ån, som är ca 15 m bred.

Figur 7-5 visas hur en förändring mellan år 2006 och 2008 kan karteras med hjälp av VHR-data. Förändringskarteringen baseras på automatisk mätning av storleken på förändringar i närheten av vatten. Vegetation, hårdgjorda ytor och sandstrand särskiljs.



Figur 7-5. Förändringsanalys av Nybroåns delta mellan åren 2006 och 2008 utifrån VHR-data (Quickbird, 2 m upplösning). Svart anger erosion eller bortförda sandmassor, rött anger nybildade sanddyner där det tidigare förekommit vatten.

Värdering av satellitbilders användbarhet

I VHR satellitdata kan mindre vattendrag detekteras och förändringar registreras. I sämre upplösning som SPOT 10 m-data krävs att vattendragen är tillräckligt breda för att urskiljas och att kontrasten mot omgivningen är tillräckligt hög. Det är svårt att tolka exakta lägen i sådana bilder.

7.4 Topografi

Topografi beskriver en terrängs fysiska form och en topografisk karta beskriver höjdskillnader hos terrängen med hjälp av nivåkurvor på en yta. Terrängens utseende bestäms i princip av geologi, topografi, vegetation och årstid.

Förhållanden som underlättar tolkningen är exempelvis distinkta topografiska brytningar, brant topografi och ett begränsat antal ytformer. Detta innebär att motsatta förhållanden försvårar tolkningen, dvs. diffusa topografiska förändringar, flack topografi och många olika ytformer.

Typ av förändring: Nivåförändringar i landskapet uppkommer genom erosion av vind, vatten och is. Ett ungt landskap med brant topografi mognar med åren och får naturligt ett mer utjämnat och flackt utseende genom jordrörelser som ras, skred och erosion.

SGI

Kartering med fjärranalys

Nivåförändringar i landskapet mäts genom att analysera höjdmodeller från olika tidpunkter. Höjdmodeller genereras med automatiska metoder från olika indatakällor som t.ex. laserdata, flygbilder eller VHR satellitdata. Nedan redovisas några exempel på höjdmodeller från olika källor.

Det förekommer ett antal olika begrepp som beskriver höjddata och dess kvalitet.

Digital höjdmodell (DEM) är en digital beskrivning av markytan. De höjddata som Lantmäteriet för närvarande förvaltar kan hänföras till beskrivningen för en digital höjdmodell, lagrad som ett regelbundet rutnät.

Digital ytmodell (DSM) är oftast resultatet av flygburen mätning, flygfotografering eller laser-skanning. Ytan representerar i detta fall resultatet av bildmatchning eller ”obearbetade” laserdata. Byggnader, vegetation och andra objekt som står ovanpå markytan finns således inkluderade i dessa data. Lantmäteriets gamla 50 m höjdmodell framställdes genom fotogrammetrisk mätning i stereoflygbilder.

Höjdmodeller från olika källor

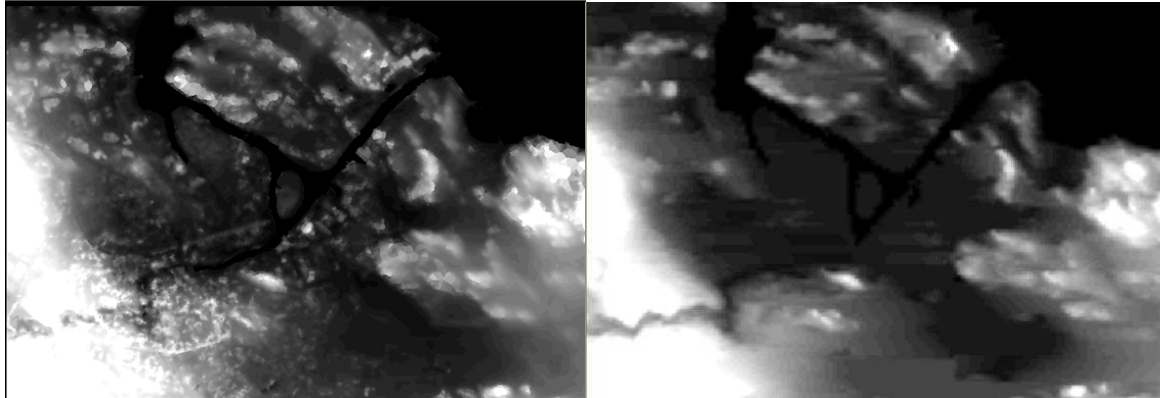
Höjddata kan produceras från flera olika indatakällor. Mest aktuellt för mätning över större områden är satellitbilder, flygbilder eller lasermätningar. Nedan presenteras några exempel på olika höjdmodeller från olika källor. När det gäller flyg- eller satellitbilder som indata framställs normalt höjdmodellerna automatiskt genom bildmatchning i stereobilder, men kan också mätas manuellt i fotogrammetriskt stereoinstrument.

Lantmäteriets befintliga DEM är ett 50 meters grid med en noggrannhet på ca ± 2 m. Den höjdmodellen är framställd med ett antal skilda metoder bl.a. fotogrammetrisk mätning i stereomodell, digitalisering av höjdkurvor och profilmätningar lagrade på glasskivor. Den används främst för att ortorektifiera flygbilder, dvs. att skapa ortofoton ur flygbilder.

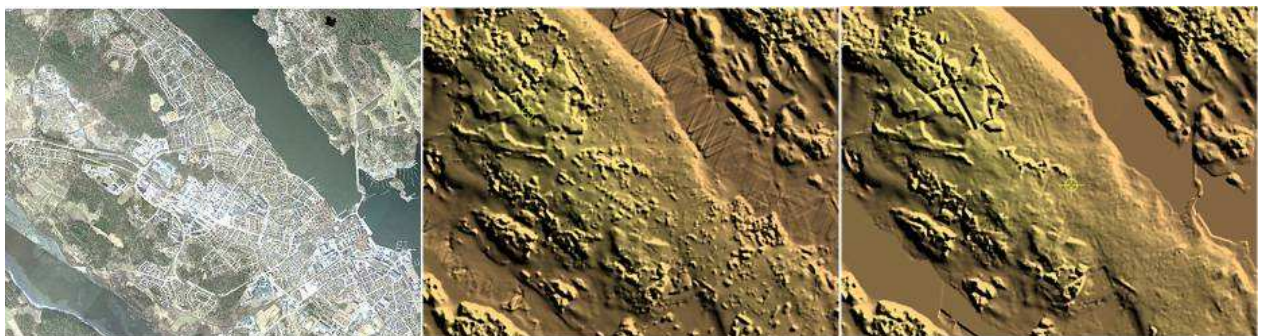
Idag pågår en omfattande laserskanning av hela Sverige, som ska ligga till grund för en Ny Nationell Höjdmodell (NNH). NNH beräknas vara helt färdig ca år 2017. Kvaliteten och upplösningen i produkter från laserskanningen kommer att hålla betydligt högre kvalitet och upplösning än dagens 50 m-grid. Dels kommer man erbjuda punktmolnet (alla mätpunkter), dels ett grid med 2 m upplösning (GSD-Höjddata, grid 2+). Beräknat medelfel i GSD-Höjddata, grid 2+ är bättre än 0,5 m och för laserdata ca 0,1 m på plana hårdgjorda ytor.

Ur databaserna kan genereras höjdkurvor som exempelvis kan användas för att ta fram digitala terrängmodeller som avbildar landskapet i tre dimensioner. Informationen i databaserna används även för översiktliga beräkningar och analyser, vid presentationer av höjdsnitt och terrängskuggning i kartor, tyngdkraftsbestämningar samt till geometriskt korrigerade satellitbilder.

SGI

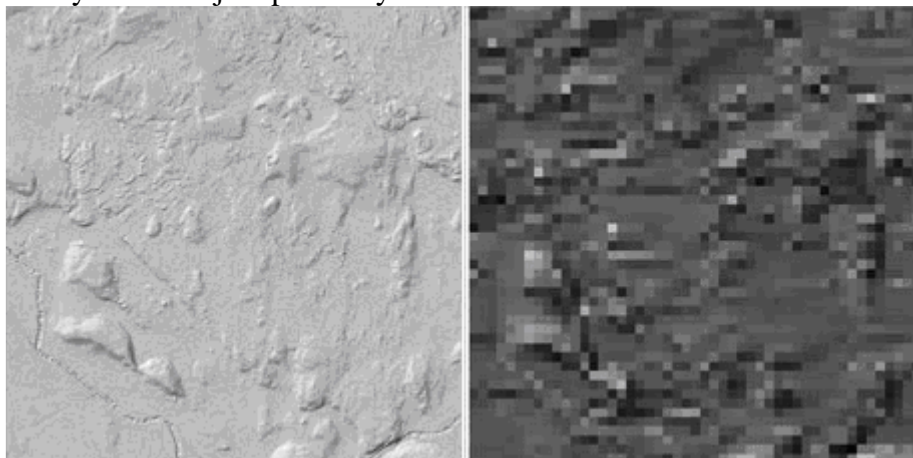


Figur 7-6. DSM över Norrköping producerad ur IKONOS stereobilder, 1m upplösning, respektive DEM GSD Höjddata 50 m.



Figur 7-7. DSM över Västervik. Denna "top-of-the-world"-modell är resultatet av stereobearbetning av flygbilder med automatisk bildmatchning. Till höger är samma DSM som i mitten, men manuellt editerad för att få bort felmatchningar, exempelvis i vattnet.

Lasermätningar genererar ett punktmoln med xyz-koordinater. Mätningen utförs från helikopter eller flygplan där en laserstråle sänds ut mot marken och reflekteras när den träffar markytan eller objekt på den. Ibland får man flera träffar på samma plankoordinat, exempelvis när ett uppstickande objekt som träd eller byggnad reflekterar lasersignalen på flera olika höjder. Detta innebär att laserdata måste klassificeras med avseende på vad punkterna representerar – markyta eller objekt på markytan.



Figur 7-8. Ny Nationell Höjddata, terrängskuggning ur 2 m grid med höjdnoggrannhet bättre än $\pm 0,5$ m till vänster - jämfört med motsvarande terrängskuggning från befintlig höjddata ur 50 m grid med höjdnoggrannhet ± 2 m.

Kvalitet i höjdmodeller

Kvaliteten i höjdmodeller beror på indata och produktionsmetoder. I Tabell 7-1 redovisas medelfelet i höjd för några olika höjdprodukter. VHR stereo avser utvärdering av DSM genererad ur t.ex. IKONOS stereobilder. Noggrannheten i dessa data är låg jämfört med Lantmäteriets 50 m-grid. Anledningen är främst att VHR stereo är automatiskt genererat och inte har editerats på något sätt. Det är en ytmodell (DSM) och om resultatet utvärderats på samma sätt som 50 m-gridet, dvs. enbart på stora öppna hårdgjorda ytor, skulle ett annat resultat erhållits. De är alltså inte jämförbara. Man kan inse det genom att föreställa sig de höjdvariationer som kan finnas inom en 50 m-ruta, som är upplösningen i den befintliga höjddatabasen vid Lantmäteriet.

Tabell 7-1. Medelfel och upplösning för några olika höjdprodukter.

Produkt	Medelfel (m)	Upplösning (m)
VHR stereo	2.9	1 m (rekommenderas >2-3m)
LM:s 50 m-grid	2	50
NNH: 2 m-grid	0.5	2
NNH: punktmoln	0.1	

Ett antal tumregler för produktion av DSM redovisas av (Baltasvias, 2005):

- Automatiska matchningsfunktioner fungerar bättre när dolda områden (t.ex. bakom en byggnad i en snedbild) sammanfaller med skuggan.
- Upplösningen i höjdmodellen bör väljas till ca 2-3 gånger bildernas upplösning.
- Mätnoggrannhet för bildmatchning är (i bästa fall) 0.5 - 1.5 pixlar.
- Höjdnoggrannheten kan förväntas vara 1-2 pixlar eller i bästa fall mindre än 1m, förutom i svåra fall som skog eller urbana områden.

Värdering av satellitbilders användbarhet

Det finns ett antal aktuella källor till mätning av topografi; laserdata, flygbilder eller VHR-satellitdata i stereo. Satellitbilder är emellertid inte det bäst lämpade underlaget för topografiska uppskattningar av mindre erosionsförändringar. Laser eller flygbilder kan däremot ge höjdinformation med en noggrannhet bättre än ca 0.5 m, vilket skulle kunna vara tillräckligt bra för kartering av små erosionsförändringar. Ny nationell höjdmodell (NNH) kommer att ge bra utgångsvärden för den tidpunkt vid vilken karteringen utförts, dvs. mellan 2009 och ca 2013.

7.5 Vegetation - land

Vegetationen, dess sammansättning och utformning beror på ett flertal faktorer, t.ex. klimat och kulturpåverkan. Betydelsen av markfaktorer, jordens vattenhalt, struktur och mineralsammansättning varierar. Vissa samband mellan vegetation och jordart finns dock, vilket gör att vegetationen i många fall är till hjälp vid tolkningen av flygbilder.

Vegetationen kan delas in i olika vegetationstyper: träd-, busk-, fält- och bottenskikt.

Typ av förändring: Då betingelserna förändras, ändras också typen av vegetation och utseendet på vegetationen. De faktorer, som påverkar vegetationen är bl.a. jordart, fuktighet, klimat och omgivande vegetation, de så kallade ståndortsfaktorerna.

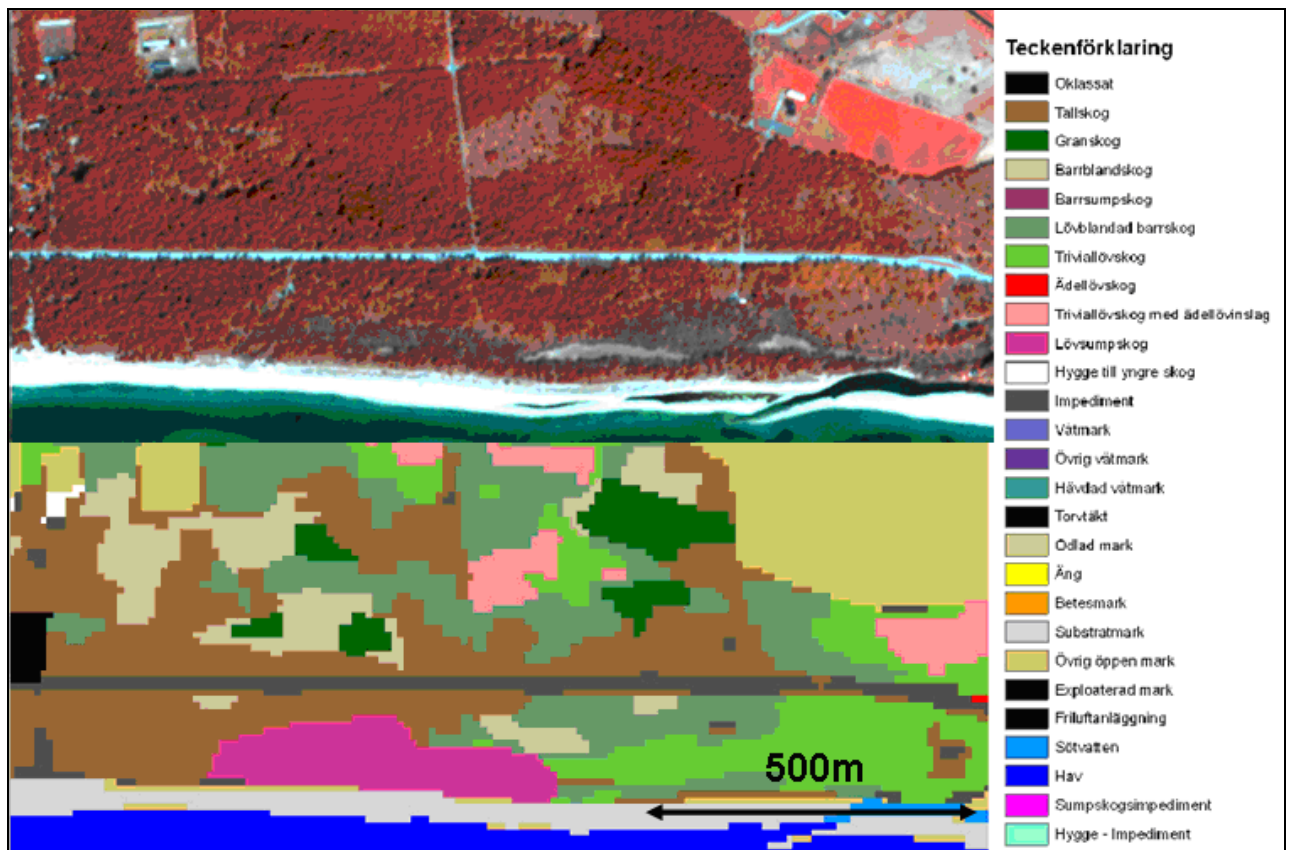
SGI

Kartering med fjärranalys

Vegetationstyper kan karteras med både HR och VHR-data. Genom olika standardmetoder inom fjärranalys kan de generella vegetationstyperna inom ett område bestämmas med relativt god precision. Det bästa exemplet på en generell kartering av mark- och vegetationstyper som omfattar stora arealer med fjärranalys är den så kallade KNAS-karteringen (Metria GeoAnalys 2009), vilken är en nationellt täckande produkt som kontinuerligt underhålls sedan början av 2000-talet. Genom att jämföra karteringar med olika datum kan förändringar i vegetation och markanvändning identifieras.

Kontinuerlig naturtypskartering av skyddade områden (KNAS) har utvecklats för att beskriva Sveriges skyddade natur på ett enhetligt sätt. Karteringen startade 2002 och omfattar idag alla naturreservat, nationalparker, naturvårdsområden och Natura 2000-områden. Nedanför den fjällnära gränsen baseras karteringen i huvudsak på klassning av satellitdata, men även annat underlag används, t.ex. Ängs- och betesinventeringen, se exempel i Figur 7-9.

Karteringen lagras som raster med 10 x 10 meters upplösning. Tidigare karterades KNAS i 25m upplösning eftersom äldre satellitdata från omkring år 2000 lagras i 20 m för SPOT och 25 m för Landsat. Minsta karteringsenhet nedanför fjällerna är 0,06-5 ha.



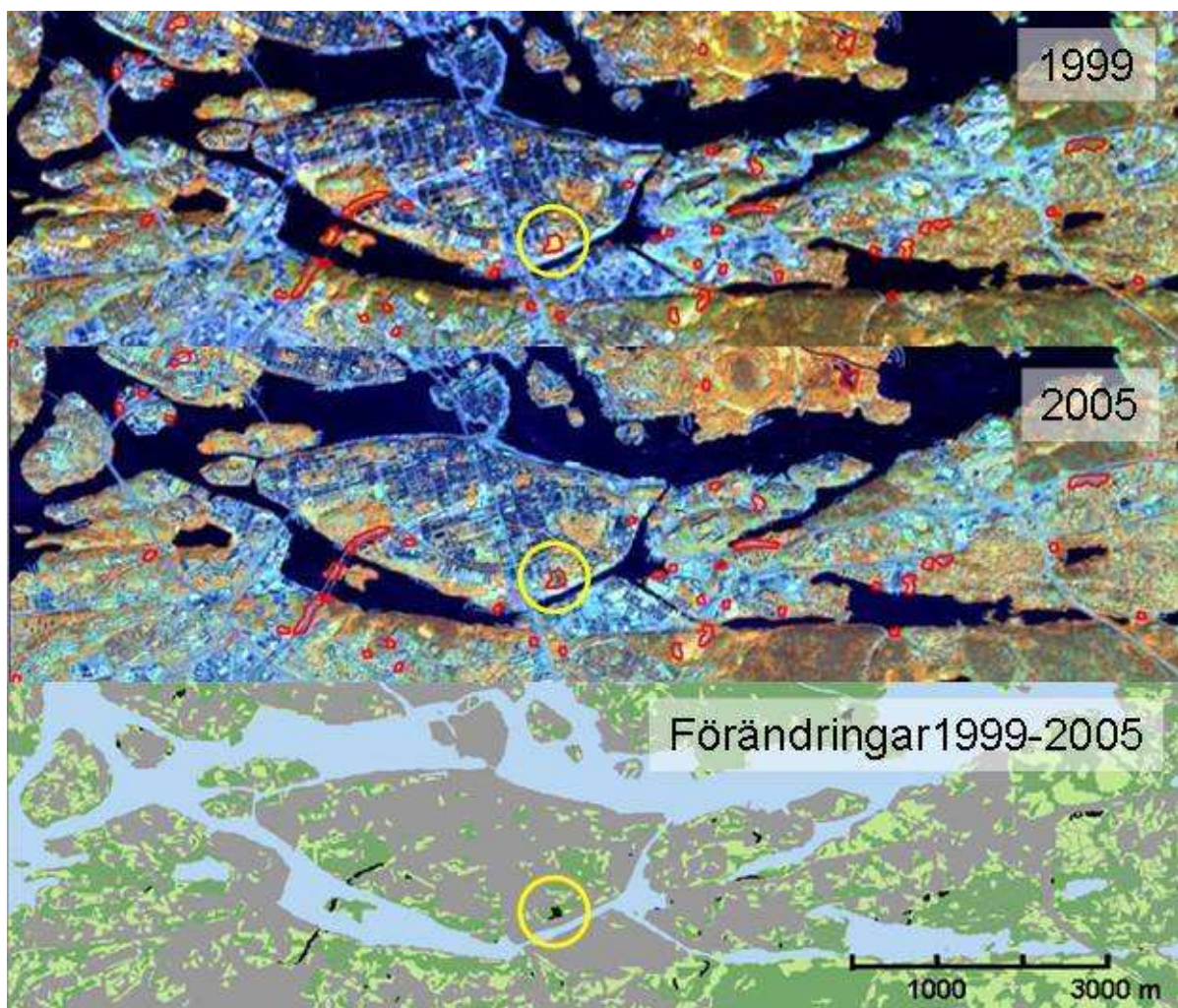
Figur 7-9. Exempel på KNAS-karteringen baserad på 10 m SPOT-data (understa bilden). Den övre bilden är en IR-färgbild från QuickBird-satelliten.

SGI

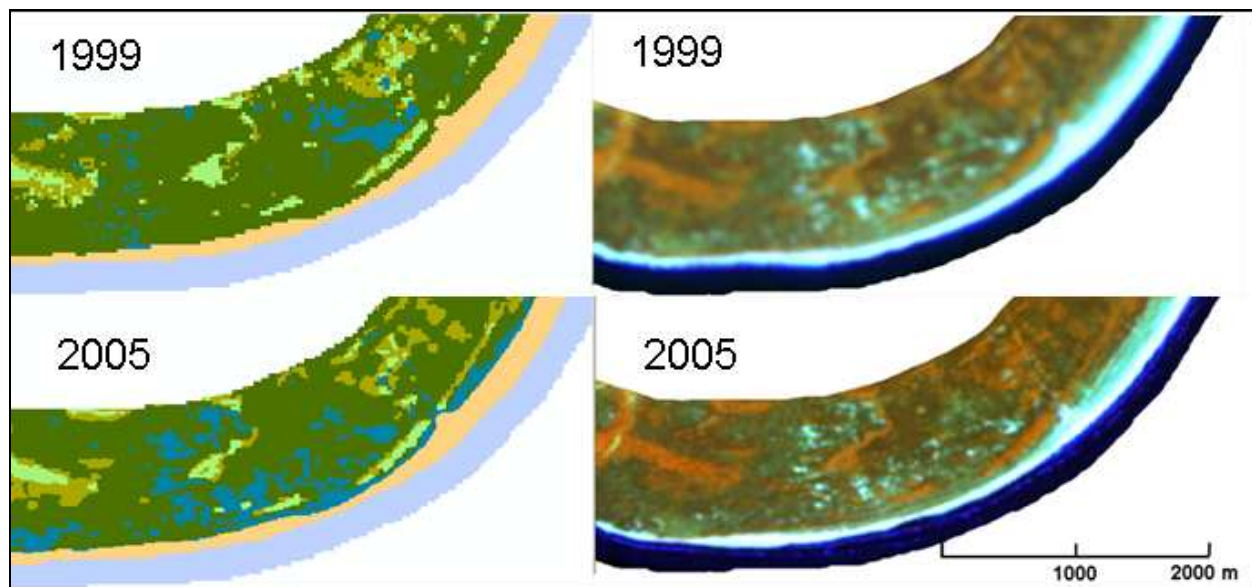
Översiktlig värdering av förändring av vegetation

Förändring av vegetation mellan två tidpunkter kan mätas på flera olika sätt, beroende på vilka data som finns tillgängliga och vilket resultat som eftersträvas.

- Mätning av förändringar i originaldata: Förändring mäts i differensbild genererad ur två eller fler satellit- eller flygbilder från olika tidpunkter. Därefter klassificeras förändringarnas art – vad fanns det innan och vad har hänt? Figur 7-10 visar exempel på hur denna metod kan användas för att registrera förändring av grönytor mellan två tidpunkter.
- Mätning av förändringar i klassificerade data: Förändring mäts i en differensbild mellan två karteringar. I detta fall får man direkt svar på vilken typ av förändring det rör sig om med den stora nackdelen att de skillnader i produktionsteknik och generalisering, som alltid skiljer sig något mellan två olika karteringar påverkar resultatet. I Figur 7-11 syns tydliga skillnader mellan de två KNAS-klassningarna, vilka främst beror på förbättrad produktionsteknik.



Figur 7-10. Exempel på förändringar av grönytor kring centrala Stockholm. I de två SPOT-bilderna från 1999 (överst) och 2005 (i mitten) finns några områden inringade med rött. Dessa har exploaterats mellan bildernas tillkomstdatum vilket påvisas genom att de är gula/bruna i den övre bilden och blå i den mellersta. Förändringar karteras med automatiska metoder och markeras som svarta i den undre bilden. Det mest tydliga exemplet finns i området inom gul ring. Den undre bilden visar alltså i svart vegetationsklädda områden som har hårdgjorts mellan år 1999 och 2005 via bebyggelse, asfjallläggning eller liknande.



Figur 7-11. En jämförelse av vegetationsklassning inom KNAS (bilderna till vänster) för Sandhammaren under två skilda perioder (1999 respektive 2005) med två olika underlag; överst till höger Landsat från 1999 med 25 m upplösning, underst SPOT från 2005 med 10 m upplösning. I satellitbilderna syns inga stora förändringar medan klassningarna för vissa ytor visar tallskog i den övre bilden till vänster (mörkgrönt, Landsat 1999) men impediment i den andra (blått, SPOT 2005).

Värdering av satellitbilders användbarhet

Analys av vegetationsförändringar är traditionellt fjärranalysens styrka, men på senare tid har förändringsanalysen även inriktats på andra typer av förändringar, som exempelvis exploatering, översvämningar eller bränder. Vilka satellitdata som lämpar sig bäst för en viss tillämpning beror dels på den geografiska storleken på förändrade objekt, dels på hur de förändrats. SPOT-bilder lämpar sig för översiktlig analys över stora områden.

7.6 Markanvändning

Markens användning förändras främst genom människans utnyttjande av jordens yta för olika ändamål (t.ex. åkermark, vägar, bebyggelse, flygplatser etc.) I gleset bebodda områden brukar man också räkna in den naturliga eller kulturpåverkade vegetationen. Begreppet är vanligt inom den fysiska, strategiska planeringen där mark avsätts för olika ändamål i en markanvändningsplan.

Typ av förändring: Då markanvändningen ändras, t.ex. vid exploatering (hårdgjorda ytor, dränering m.m.) eller om den orsakats av klimatförändring (torrare eller fuktigare förhållanden) ändras också markytans utseende.

Kartering med fjärranalys

Förändring av vegetation beskrivs i kapitel 7.5. Hårdgjorda ytor (byggnader, vägar osv.) kan karteras i både översiktliga och detaljerade satellitdata (Wiman, 2009). Det finns flera varianter av metodiken, som skiljer sig åt beroende på hur detaljerade indata är. Hårdgjorda ytor i hela landet har karterats baserat på i huvudsak SPOT-data.

Exemplen från centrala Göteborg i Figur 7-12 och Figur 7-13 visar hur klassning av hårdgjorda ytor ter sig med olika underlag som indata. Detta är kartering av exploaterade, hårdgjorda ytor vid endast en tidpunkt. För att mäta förändringar skapas automatiskt en skillnadsbild mellan två

SGI

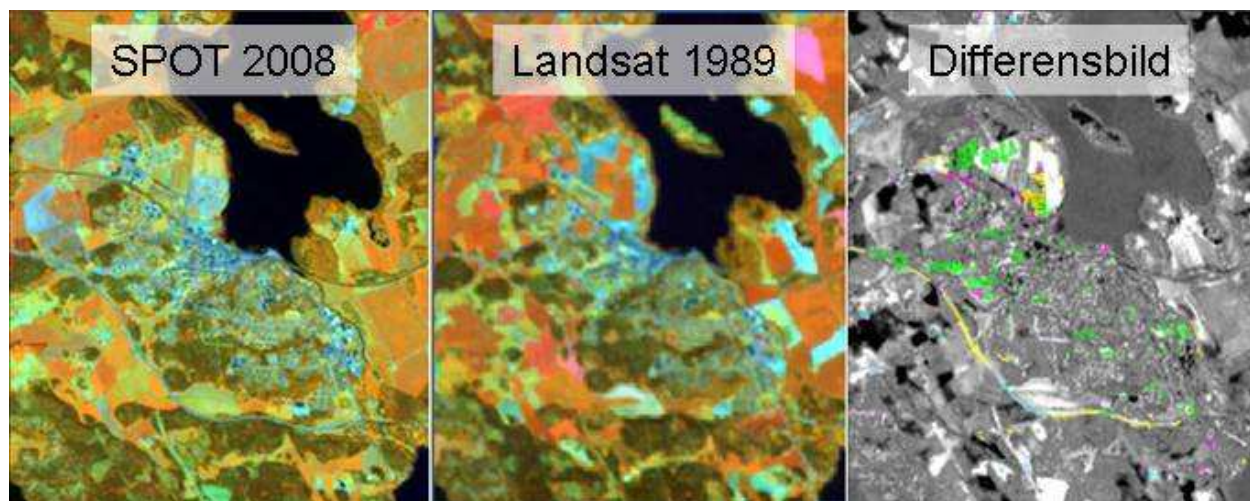
tidpunkter, se Figur 7-14. I exemplet visar vit färg minskad vegetation (markanvändningen har ändrats från vegetation till exploaterad eller bar mark), grått oförändrat medan svart visar ökad vegetationstäckning. Storleken på en viss skillnad mäts och potentiella exploaterade ytor extraheras till ett nytt informationslager. Detta kan kombineras med villkor hämtade från befintligt kartmaterial, som t.ex. att förändringen inte ska ha skett på åkermark eller att den ska finnas inom ett visst avstånd från tidigare exploaterad mark.



Figur 7-12. Bildexempel från centrala Göteborg från vänster till höger: SPOT5 10 m upplösning, VHR (Kompsat) 1m, ortofoto 20 cm.



Figur 7-13. Markanvändning genom kartering av hårdgjorda ytor. Vid upprepade karteringar kan man med denna metod följa byggnation, asfalterad mark osv. och dess utsträckning och förändring. Exemplet visar kartering av hårdgjorda ytor baserat på SPOT5, VHR (Kompsat) respektive ortofoto.



Figur 7-14. Från vänster till höger: SPOT5 2008, Landsat 1989 samt förändringsbild mellan dessa. Nya exploaterade ytor har hittats vid automatisk förändringskartering i Landsat-data från 1989 och SPOT5 från 2008. I förändringsbilden till höger visas förändrade ytor som ligger utanför åkermark i gult, grönt och rosa.

Värdering av satellitbilders användbarhet

Satellitbilder lämpar sig för kartering av exploaterade ytor och förändringar mellan olika år. Med VHR kan små förändringar på $< 5\text{-}10\text{ m}^2$ karteras, medan något större områden krävs för att säkerställa förändringar med hjälp av SPOT-data.

7.7 Strandlinje

Strandlinjen utgör gränsen mellan land och hav eller mellan land och sjö, i naturvetenskapliga sammanhang vanligtvis en antagen nivå som sammanfaller med medelvattenytan. Något ovanför strandlinjen kan olika strandmärken bildas, t.ex. strandhak och strandvallar. Vid extrema vädersituationer och högvatten kan strandmärken bildas på ännu högre nivåer. Dessa markerar då en stormstrandlinje.

Typ av förändring: Strandlinjen varierar med vattenståndet i havet eller i en sjö, högvatten-normal- eller lågvattenyta, den morfologiska utformningen av kusten och jordens egenskaper. Kustens morfologi förändras genom erosion, ackumulation samt byggnationer (t.ex. erosionsförebyggande åtgärder).

Kartering med fjärranalys

Det finns flera metoder för att kartera strandlinjen:

- Manuellt, via visuell tolkning. Digitalisering med fjärranalysunderlag som bakgrund. Indata prepareras, t.ex. genom kontrastförstärkning (histogramsträckning), och genom att välja MIR-bandet som skiljer sig kraftigt på land och i vatten.
- Manuellt med stöd av digital bildanalys.
- Automatiskt, genom att bestämma vid vilken förändring (*absolut*, mätt i digitalnivåer, eller *relativ*, som en skillnad mot omgivande pixlar) av t.ex. NIR-bandet som avgränsar land och vatten.
- Objektsbaserad automatisk klassning.

SGI

Manuell kartering av strandlinjen

Strandlinjens form och läge karteras med fördel genom fjärranalys. Strandlinjen är emellertid en diffus företeelse, särskilt i långgrunda områden, vilket utgör en osäkerhetsfaktor vid karteringen. Vattenståndet varierar också mellan olika tidpunkter. Även om vattenståndet finns tillgängligt vid varje bilds registreringstillfälle behövs uppgifter om markens och bottenens topografi. Man kan inte avgöra hur många meters skillnad i plan en ändring i vattenstånd medför eftersom lutningen varierar och dessutom är plastisk just i erosions- och ackumulationsområden. Denna plasticitet kan grovt uppskattas via kartering av revlar, dynor, sandbankar m.m. Man kan dock minska felet genom att arbeta med underlag med mindre variation av vattenståndet (0-30 cm) i mån av tillgänglighet.

Noggrannheten i linjdragningen varierar, men i snitt har den uppskattas till ca ½ pixel, dvs. ca 1-10 m beroende på bildunderlag.

Det är dessutom svårt att avgöra den exakta gränsdragningen mellan land och vatten när det finns vågor, bl.a. om det är vågornas maxima eller minima som observerats. Karteringsnoggrannheten minskar lokalt med ca ½ pixel, alltså ca ½ - 1 m (VHR) till ca 5 m (SPOT, SACCESS) men över en längre sträcka eller för en handfull transekter (se nedan) så bedöms en halv pixel som bra riktvärde då felet som introduceras från vågverkan elimineras statistiskt.

Vid digitaliseringen har sträckningen av bilderna gjorts lokalt över enskilda delområden för att få så hög kontrast som möjligt mellan land och vatten. Det mellaninfraröda bandet (MIR) i SPOT bedöms ge den bästa gränsen, men under digitalisering växlar man mellan de visuella våglängdbanden och MIR.

Manuell kartering med stöd av bildanalys

Karteringen kan också stödjas genom digital bildanalys. Inom lokala områden längs strandlinjen beräknas den maximala differensen mellan ljust och mörkt i det mellaninfraröda MIR-bandet. Vatten är helt svart i infraröda våglängder eftersom i princip inget ljus alls reflekteras medan sand och jord reflekterar en stor del av det infallande ljuset. Detta resulterar i stora skillnader just i gränsen mellan land och vatten.

Byggnation kan i strandkanten med viss framgång analyseras med hjälp av NDVI (se kartering av erosionsskydd).

Automatisk kartering av strandlinjen

Bildanalys kan även användas för att automatiskt bestämma en avgränsning mellan land och vatten. MIR-bandet i SPOT är en lämplig utgångspunkt eftersom skillnaden mellan reflektansen i vatten och på land är störst i detta frekvensband. Avgränsningen mellan land och vatten kan antingen baseras på ett absolut värde (tröskel) eller ett relativt förhållande (området där skillnaden är som störst inom en liten radie pekar ut strandlinjen).

- Absolut värde kallas tröskling och ger en distinkt avgränsning.
- Relativa värden kan bestämmas med t.ex. funktionen Neighbourhood statistics, där man för varje pixel räknar ut variansen/dynamiken (range) i den omedelbara omgivningen. Variansen/dynamiken är som allra störst just i brytningen mellan land (höga digitalnivåer) och vatten (låga digitalnivåer).

Det kan vara svårt att avgöra tröskelvärdet för en absolut gränsdragning när kännedom om fält-situationer saknas (lokalkännedom). Metoden kräver i princip några referenspunkter för att ur dessa extrahera t.ex. NIR-värden (det bör då vara långgrunda områden så att grunda sandbottnar inte tolkas som land). Den relativa analysen är också svår att få mer exakt och företeelser

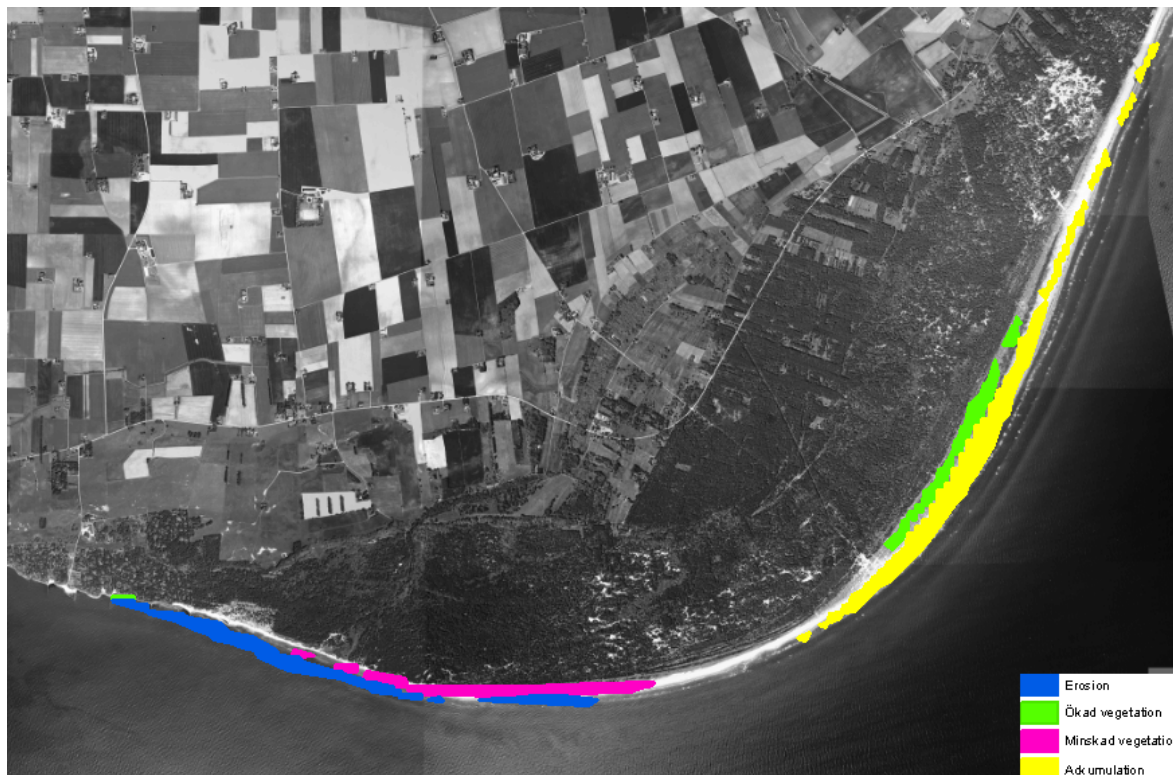
SGI

på land kan ge liknande variansmått som strandlinjen. En kombination av absoluta värden (MIN inom en sökradie anger närhet till vatten, VARIANS anger precis vilka pixlar inom strandområdet som pekar ut strandlinjen).

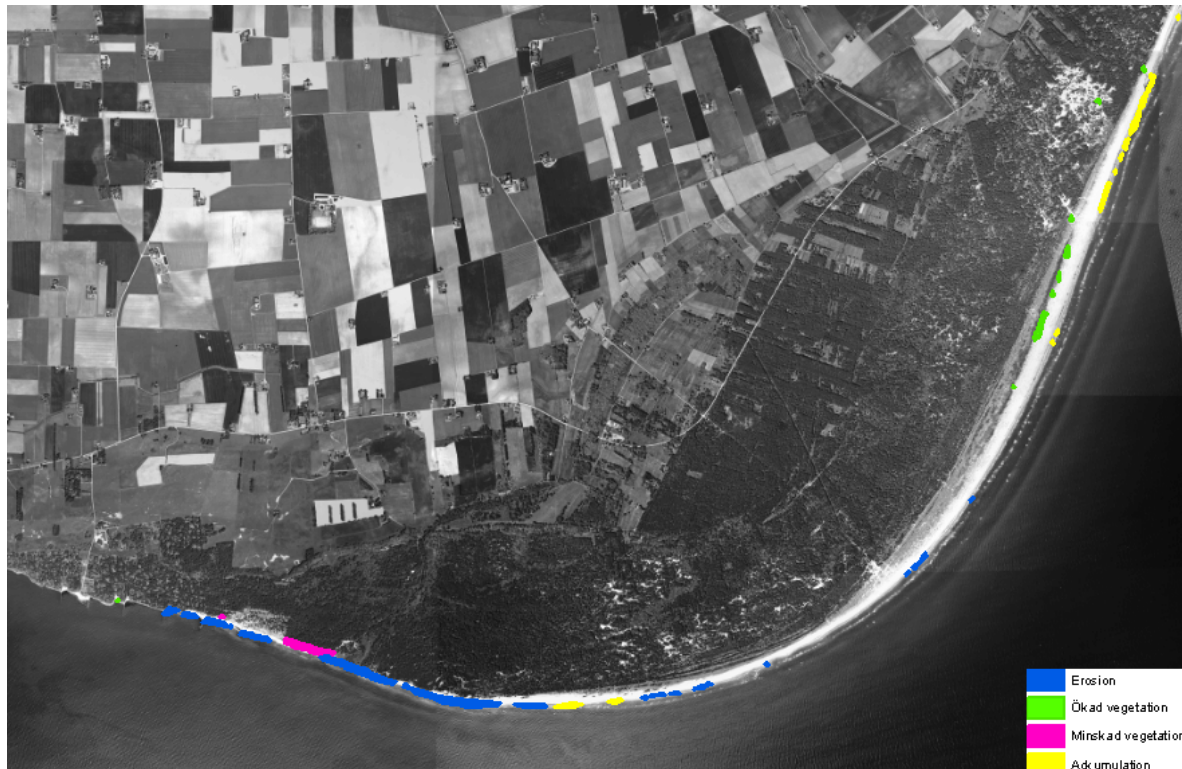
Inom projektet har dock en manuell tolkning av underlagen för förändringsanalysen och variansbilderna bedömts ge högre tillförlitlighet än de automatiskt framtrösklade. Vid analys av större områden där en manuell tolkning inte är möjlig så skulle dock automatiska metoder vara att föredra.

Objektbaserad förändringsanalys

Analys av förändringar i strandzonen kan också mätas upp arealmässigt genom objektbaserad förändringsklassning. I projektet har använts bilder från åren 1989-1999 (Landsat) och 2003-2008 (SPOT). Med objektbaserad klassning menas att satellitbilden indelas i mindre, homogena områden – segment eller objekt. Varje sådant objekt hanteras sedan separat och olika klasser analyseras genom att kombinera olika villkor. Ett exempel är stranderosion där villkoret för förändring mellan två år är att ett område ska förändras från ljusa till mörka pixlar vid den senare tidpunkten ger ett förändringsresultat. Motsatsen gäller för ackumulation då förändringen går åt andra hållet och pixlarna är mörka vid första och ljusare vid den senare tidpunkten. Eftersom segmenten som jämförs kan innehålla bar mark, olika typer av vegetation, vatten osv. så karteras strandlinjens förändring och strandzonens innehåll med samma metod och moment.



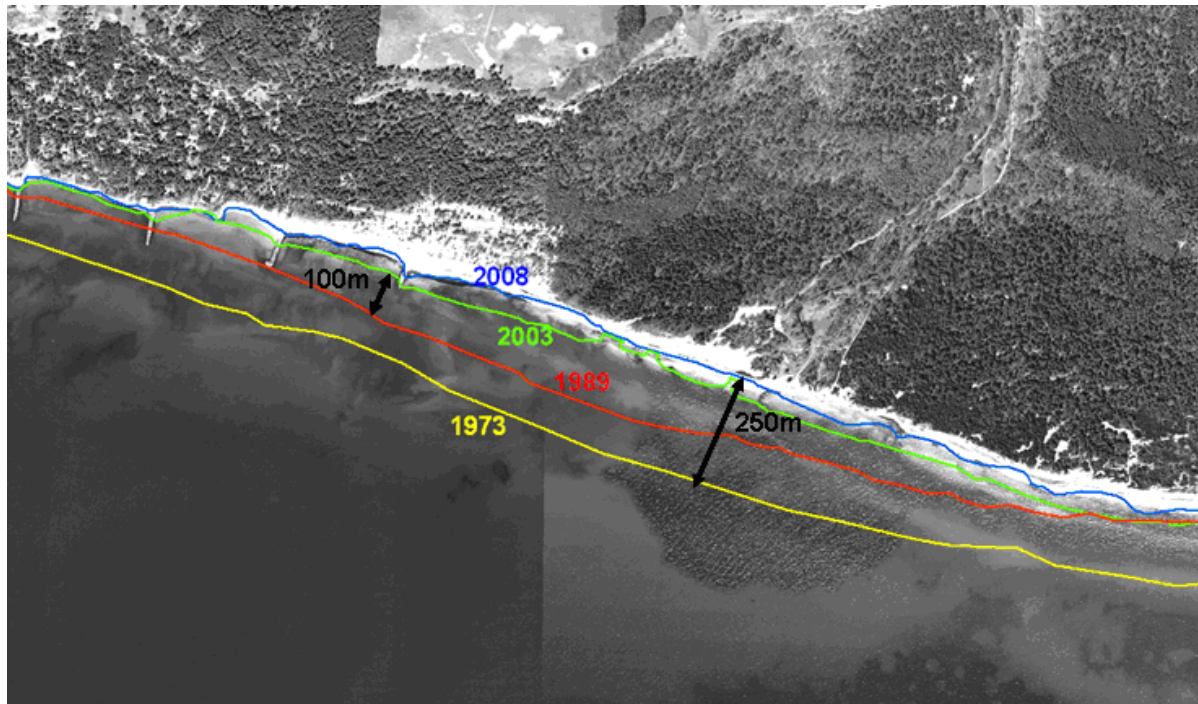
Figur 7-15. Förändringar av kusten vid Löderup-Sandhammaren mellan 1989 och 1999 genom objektbaserad förändringsanalys i Landsatdata. Förändringar har indelats i fyra klasser: erosion, ackumulation, ökad respektive minskad vegetation. Bilden visar både stor erosion med stora strandlinjeförändringar och med utrasad sand vid Löderup samt både ackumulation av sand och en ökad vegetation på sanddyner vid Sandhammaren.



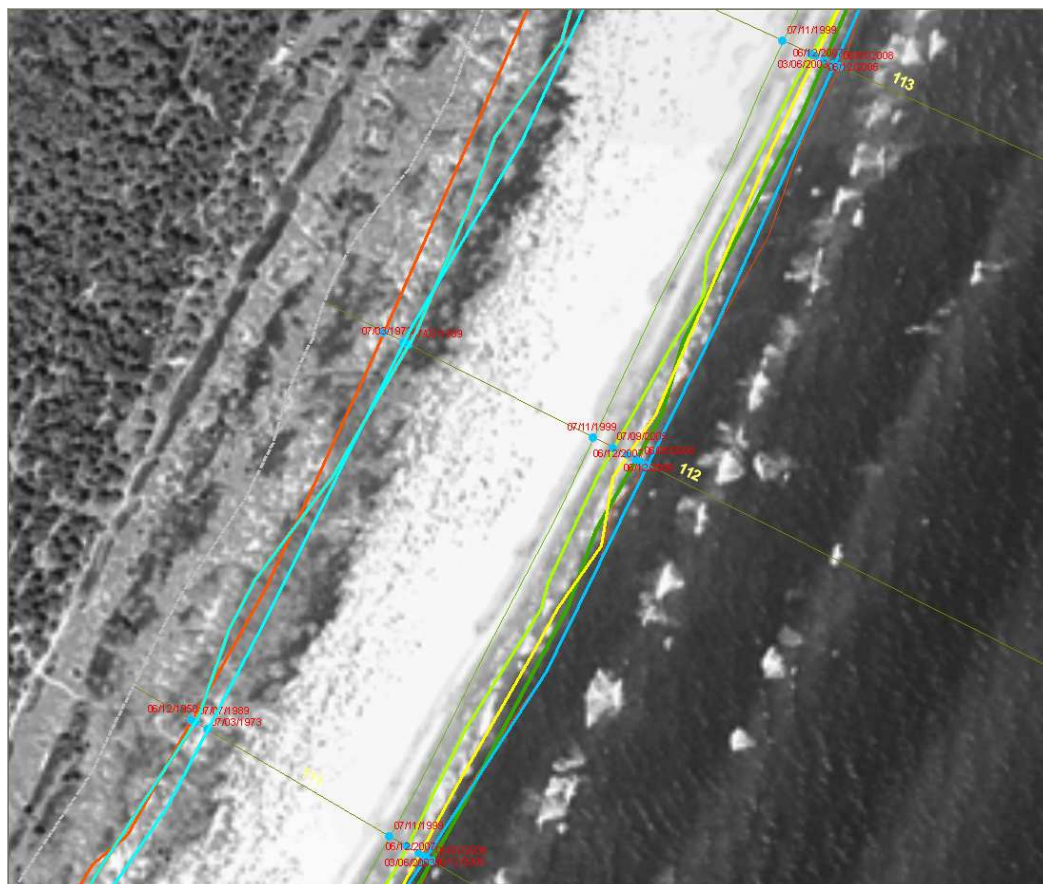
Figur 7-16. Förändringar av kusten vid Löderup-Sandhammaren mellan 2003 och 2006 genom objektbaserad förändringsanalys i SPOT-data. Förändringar indelats i fyra klasser: erosion, ackumulatjon, ökad respektive minskad vegetation. Bilden visar stor erosion vid Löderup och även en del blottlagd sand (utrasade klitter).

Analys av förändringar

För att detaljstudera ett kustavsnitt har transekter automatiskt placerats ut längs sträckan Ystad Sandskog-Sandhammaren. Figur 7-17 visar förändringstakten per år sedan 1950-talet medan Figur 7-18 visar det absoluta avståndet från strandlinjen vid olika tidpunkter till en noll-linje. Noll-linjen utgörs i exemplen av en ren parallellförflyttning av 2008 års strandlinje ca 250 m upp på land. I transekterna kan trenderna för olika kuststräckor följas över tiden. Eventuellt kan man använda trenden för att förutsäga framtida förändringar.



Figur 7-17. Manuell tolkning av strandlinje utifrån LANDSAT, SPOT och flygbilder 1950-2008.



Figur 7-18. Transektindelning med analys av förändringar för respektive transekt och datumintervall. I korsningspunkterna mellan transekter och tolkade strandlinjer skapas punkter (ljusblå i bilden) för statistisk behandling för att förstå förändringar i enskilda transekter, enskilda tidshorisonter (strandlinjer) eller längs en sträckning av stranden

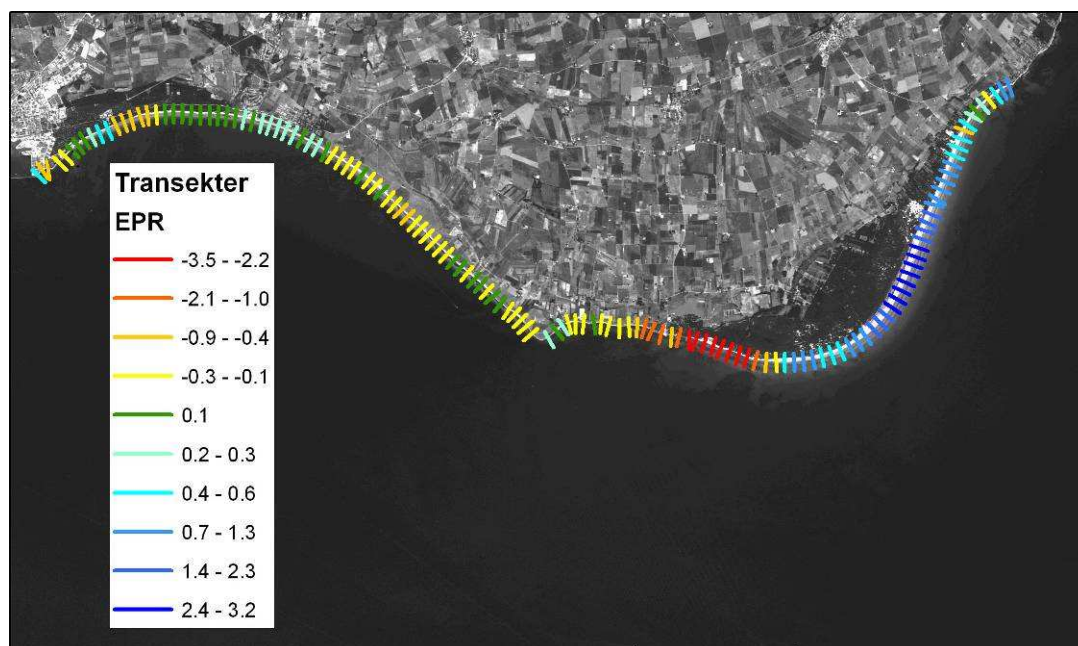
Kvantifiering av strandlinjens förändring

För att göra den morfologiska analysen meningsfull kan olika metoder användas med vilka främst plan- och ytförändring kan studeras. Volymförändring kräver ytterligare underlag eller förändringsanalys av mycket god kvalitet (se avsnittet om topografi ovan).

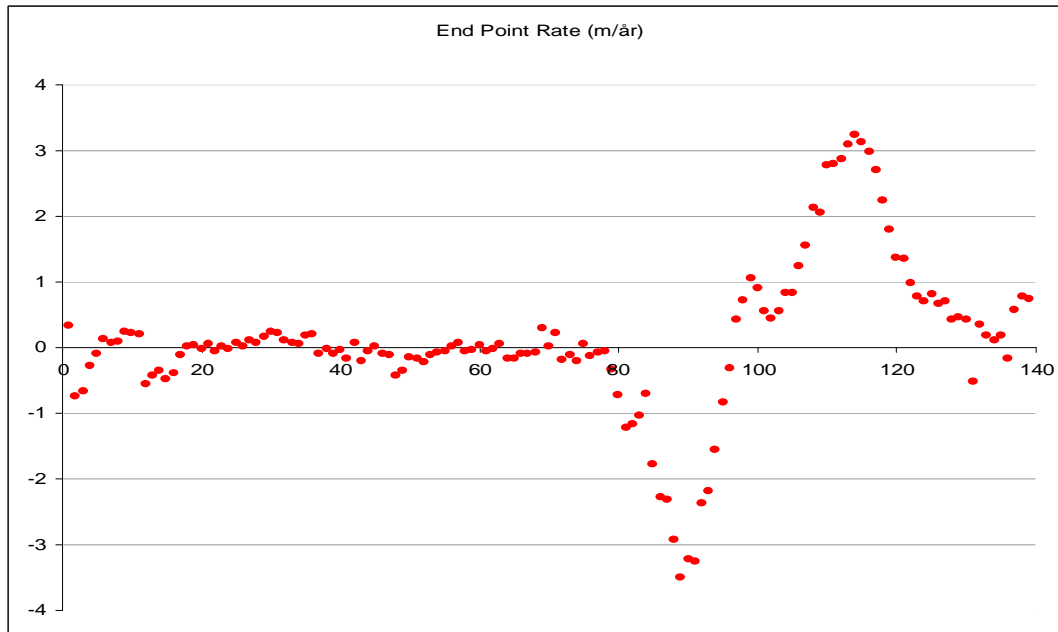
En lämplig metod är att med något verktyg, t.ex. *Digital Shoreline Analysis System (DSAS)*, skapa transekter utefter strandlinjen. Där dessa transekter skär de tolkade strandlinjerna vid olika tidpunkter skapas beräkningsunderlag för areella och linjära förändringar, totalt eller per tidsintervall (år). Förändringar mäts som avståndet från strandlinjen vid olika tidpunkter till en noll-linje. Noll-linjen utgörs av en ren parallellförflyttning av strandlinje för ett referensår ett antal meter upp på land. I transekterna kan trenderna för olika kuststräckor följas över tiden. Med denna metod så kan man med försiktighet använda trenden för att förutsäga framtida förändringar, speciellt om man tar statistiska egenskaper som varians med i kalkylen.

Förändringarna som karteras på detta sätt knyts till respektive transekt och det skapas ett underlag som ger stor relevans åt t.ex. arbete med erosionskydd, eftersom man kan peka ut inom vilket kustavsnitt som dynamiken (erosionen/ackumulationen) i plan är som störst.

Om man istället (eventuellt som komplement) karterar förändringen av stranden med pixel- eller objektbaserade metoder så blir varje förändring ett objekt som har hög korrekthet med avseende på yta och generellt läge. Detta innebär att ytförändringar mellan olika år kan beräknas, men trender längs strandlinjen är svårare att utläsa med denna metod.



Figur 7-19. Analys av förändring per år (End Point Rate) för de olika transekterna jämfört med en tänkt noll-linje (placerad uppe på land i detta exempel) indikerar områden med erosion (negativa värden, rött-orange i bilden) respektive ackumulation (positiva värden, blått-ljusblått i bilden) medan gult-grönt visar relativt oförändrade områden.



Figur 7-20. Strandlinjeförändring uttryckt i meter per år för de i analysområdet ingående transekterna (numrerade 1-139) visar på stora skillnader längs stranden med en markerad erosion mellan transekt 80-95 och en markerad ackumulation mellan transekt 98-120. Transekterna är belägna mellan Ystad Sandskog och Sandhammaren, jfr. Figur 7-19.

Värdering av satellitbilders användbarhet

Förändring av strandlinjen karteras effektivt både med HR och VHR. Precisionen uppgår till ungefär en halv bildpunkt men försvåras av skillnader i vattenstånd och problem med att faktiskt avgränsa strandlinjen, speciellt i långgrunda områden. Förändringar kan kvantifieras antingen till yta och läge eller med transektanalys där förändringar vid vissa positioner eller längs vissa sträckor kan spåras med t.ex. förändringar uttryckt i m/år. Vid kartering av förändringar i strandzonen är strandlinjens läge och förändring intimt förknippad med markslag i strandkanalen.

7.8 Erosion

Erosion är den nednötning och transport av jord och berg som orsakas av vind, rinnande vatten, vågor, glaciärer och gravitationsrörelser. Vågerosion, abrasion, sker vid öppna stränder, särskilt vid extrema stormar och högt vattenstånd. Vågorna kan då skära ut strandhak i strandbrinken.

Typ av förändring: Erosionsaktiviteten kan variera och man kan dela in den i 4 olika grader:

- Stor aktivitet (stora vegetationsfria områden; många starkt lutande eller nedfallna träd; grumling av vattnet utanför, skada kan förekomma).
- Måttlig aktivitet (små vegetationsfria områden; lutande träd kan förekomma).
- Ringa aktivitet (få vegetationsfria ytor; lutande träd kan ha uppåtväxande topp).
- Lågt skada

Sand är lättroderad och erosion förekommer på olika sätt. Vid erosion i en sandslänts nedre del rasar sanden i släntens övre del ner. Sandslänters lutning motsvarar den s.k. rasvinkeln.

Silt är också lättroderad, men genom kapillärkrafter, s.k. falsk kohesion, kan siltslänter ofta stå med brantare lutning än sandslänter.

SGI

Lera eroderas inte partikel för partikel utan genom att klumpar eller ytskikt bryts loss, främst i vattenlinjen.

Kartering av erosion med fjärranalys.

Erosion som ger strandförändringar kan identifieras på samma sätt som för strandlinjer, se avsnitt 7.7.

Övrig erosion med stor aktivitet och där marken förändras (t.ex. vegetation faller ut i havet, sand blottläggs osv.) kan karteras med fjärranalys som differens på pixel- eller objektsnivå. Minsta karterade yta varierar med upplösningen på underlagen och tillgång på kännedom om lokala förhållanden. Lokalkännedom om mark- och vegetationsförhållandena är nödvändiga för att skilja faktiska förändringar från de som beror av markfukt, växtsäsong osv.

Ett exempel visas i Figur 7-16 och fältet ”minskad vegetation”, vilken visar områden där strandvegetation har fallit ut i havet och blottlagt underliggande sand och grus.

Pixelbaserad analys av erosion/minskad vegetation

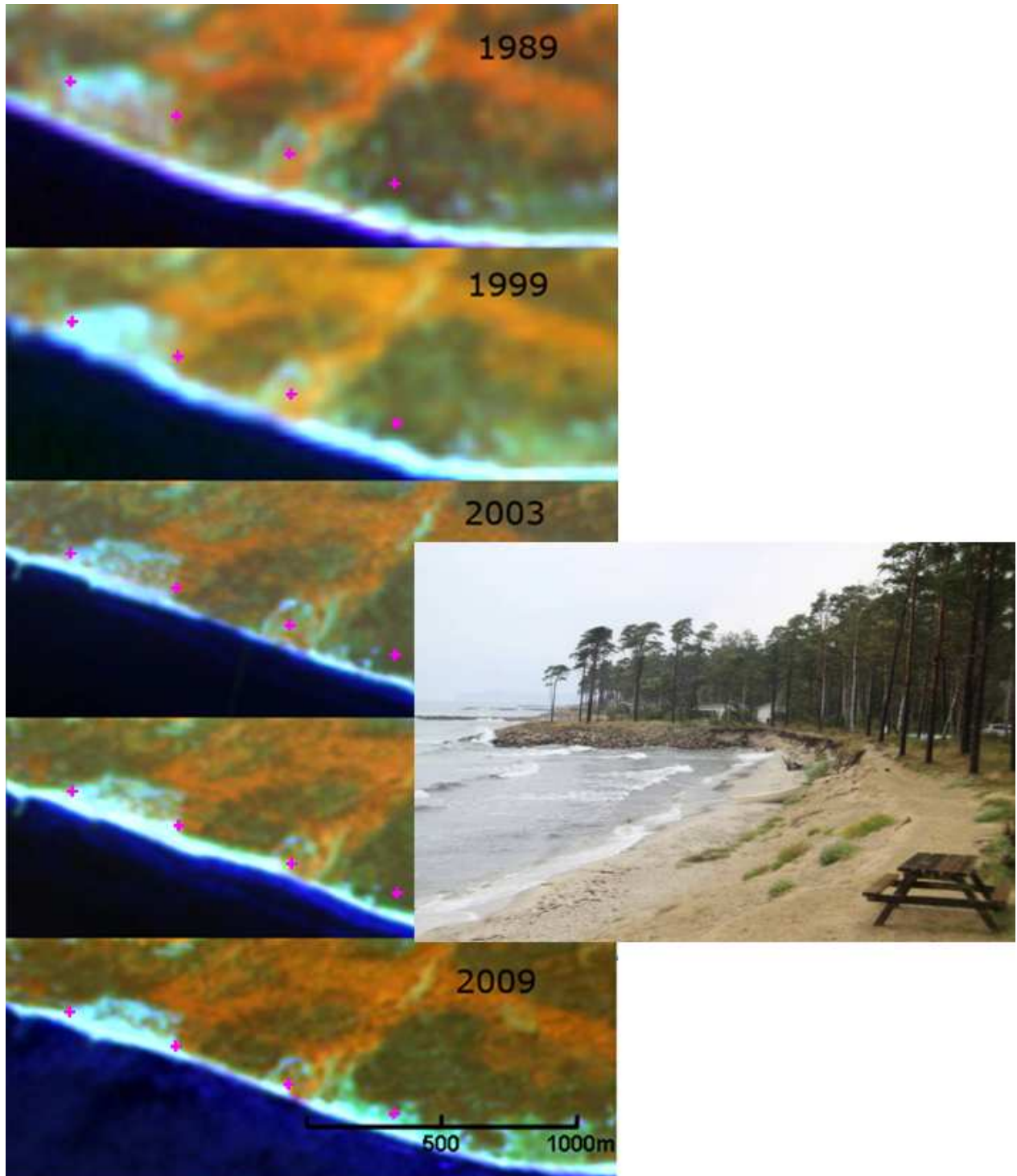
En pixelbaserad metod som kan användas för att analysera blottläggning av mark är metoden för att analysera hårdgjorda ytor. Metoden bygger på kvoten mellan reflektans i rött och nära infrarött (NIR) ljus och ger stort utslag för ytor som är ljusa och inte innehåller klorofyll. Störst utslag ges för hårdgjorda ytor, t.ex. asfalt, byggnader och blottlagd sand. Algoritmen kallas NDVI (Normalized Differential Vegetation Index) och finns beskriven i det europeiska projektet Soil Sealing (InfoTerra 2006). Genom att jämföra underlag från två tidsperioder framträder ökad utbredning av blottlagd mark tillsammans med ökad bebyggelse och hårdgjorda ytor. Metoden har sina begränsningar om t.ex. en ”före-bild” har torrt gräs och ”efterbilden” är eroderad; då har redan före-bilden lågt NDVI och skillnaderna mellan den uttorkade grässlätten och den färska rasbranten är minimal i fjärranalys.

Volymberäkning av erosion

Mycket stora förändringar genom erosion (av storleksordningen 1 m eller mer i höjd) kan utföras med satellitdata eller flygbilder i stereo. Mindre förändringar kräver andra underlag än fjärranalysdata, t.ex. LIDAR.

Stranderosion via suspenderat material kan analyseras genom att i vattenkvalitetsanalys i satellitdata ta fram avrinningsplymer och (re)suspension från finsediment (jordmaterial med kornstorlek mindre än sand) i rörelse. Mest påtagligt är detta vid vattendrag och t.ex. muddringsåtgärder, men det finns även möjligheter att grovt uppskatta sedimentrörelser längs kusten inom vissa kustavsnitt via fjärranalys.

Bildserien i Figur 7-21 visar hur erosion påverkar strandlinje och vegetation vid Löderup mellan åren 1989 och 2009.



Figur 7-21. Erosion vid Löderup. Bilderna visar en tidsserie från 1989 till 2009. De två översta bilderna kommer från Landsat med 25 m upplösning medan de övriga är SPOT-5 med 10 m upplösning. De rosa kryssen har lagts till för orientering och markerar samma koordinat i de olika bilderna. Foto: SGI.

Värdering av satellitbilders användbarhet

Erosion som ger upphov till förändring av strandlinje redovisas i kapitel 7.7. För uppskattning av erosion som ger volymförändring i rasbranter och liknande gäller att man vid tillgängliga

SGI

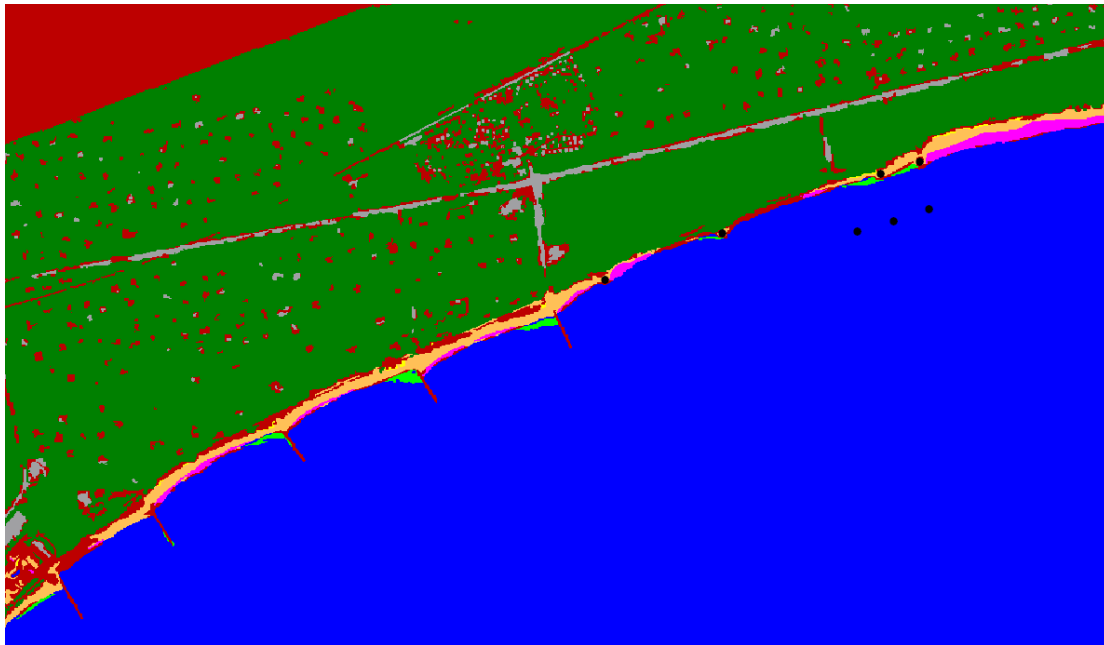
VHR-underlag i stereo kan etablera höjdm modeller och beräkna volym där precisionen ligger kring ± 1 m. Tillgången till högupplösande bilder i stereo från två tillfällen är dock ofta bristfällig och innebär även höga kostnader.

7.9 Ackumulation

Akkumulation innebär avsättning av material genom olika sedimentationsprocesser. Ackumulation avser såväl avlagringsprocessen som den uppkomna avlagringen.

Typ av förändring: Material (silt, sand och grus) avlagras och nya landområden, näs och uddar kan utbildas. Under vattenytan kan material avlagras som revlar och bankar.

- Ackumulation som ger förändring av strandlinje beskrivs i avsnitt 7.7.
- Ackumulation som ger förändring av revlar och bankar redovisas i avsnitt 7.12.



Figur 7-22. Kartering av förändringar vid Ystad strandbad. Ackumulation är markerat med grön och erosion med rosa färg.. Sand ackumuleras intill hövder på den dominerande uppströmssidan. Erosion fortgår på längre öppna strandremsor. Innanför de nyligen anlagda vågbrytarna (de tre svarta prickarna till höger i bilden) har det ackumulerats sand men nedströms (öster) om dessa har erosionen accelererat.

7.10 Erosionsskydd



Figur 7-23. *Vy från Ystad strandbad med stora och små hövder. Foto Oscar Törnqvist.*

Syftet med erosionsskydd är att begränsa och förhindra erosionsangrepp på stränderna genom att:

- utgöra en barriär mellan vattnet och det erosionsbenägna strandmaterialet;
- dämpa energin i vågor och strömmar innan de når stränderna;
- styra dels vattenströmmar, dels sedimentationsströmmar på ett sådant sätt att en önskvärd och förutsägbar transport och sedimentation sker av materialet.

Exempel på erosionsskydd är hövder, strandskoningar, sponter och kajliknande konstruktioner, friliggande vågbrytare, strandfodring (artificiell sandtillförsel) och vegetation.

Typ av förändring: Nya erosionsskydd kan tillkomma och tidigare skydd försvinna.



Figur 7-24. Hövd med brygga vid Löderup och tre vågbrytare öster om Ystad Sandskog. Foto: Oscar Törnqvist.

Kartering av erosionsskydd med fjärranalys

De olika skydden kan karteras visuellt/manuellt i VHR om de är tillräckligt stora (ett par pixlar i bredd och längd). Teoretiskt skulle Soil-sealingmetoden fungera för automatisk klassning av erosionsskydd som hårdgjord yta men det är ofta svårt att se skillnad på en byggnad och en stenstrand. Detta problem gäller även förändringar från t.ex. grov sand till betong, som kan vara mycket svåra att upptäcka analytiskt.

En ställvis användbar möjlighet är att studera strandlinjens förändring i anslutning till erosionsförebyggande åtgärder (redan kända eller karterade). Effekterna av åtgärderna kan då studeras med samma metoder som de beskrivs i avsnitt 7.7 för strandlinjer. Genom att t.ex. göra en tät transektanalys kring olika åtgärdsobjekt kan effekterna i planläge studeras med stor precision. Samma reservationer gäller dock som anges i kapitel 7.7, dvs. vattenstånd och förändringar i strand- och havsbottensmorfologi kan störa bestämningen av den faktiska strandförändringen baserat på erosion och/eller ackumulation. I Figur 7-27 finns ett exempel på erosionsskydd som på detta sätt skulle kunna följas avseende påverkan på omgivningen.

Erosionsskydd vid Ystad Sandskog

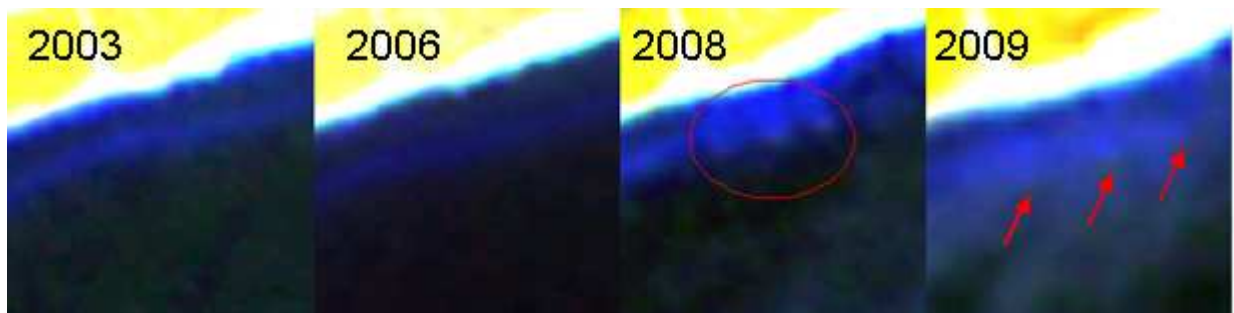
I satellitbilder och flygbilder kan olika typer av erosionsskydd tolkas och kopplas till de effekter som skydden gett upphov till. I

Figur 7-25 har befintliga erosionsskydd längs kuststräckan Ystad Sandskog karterats i mycket högupplösta satellitbilder från juli 2008.

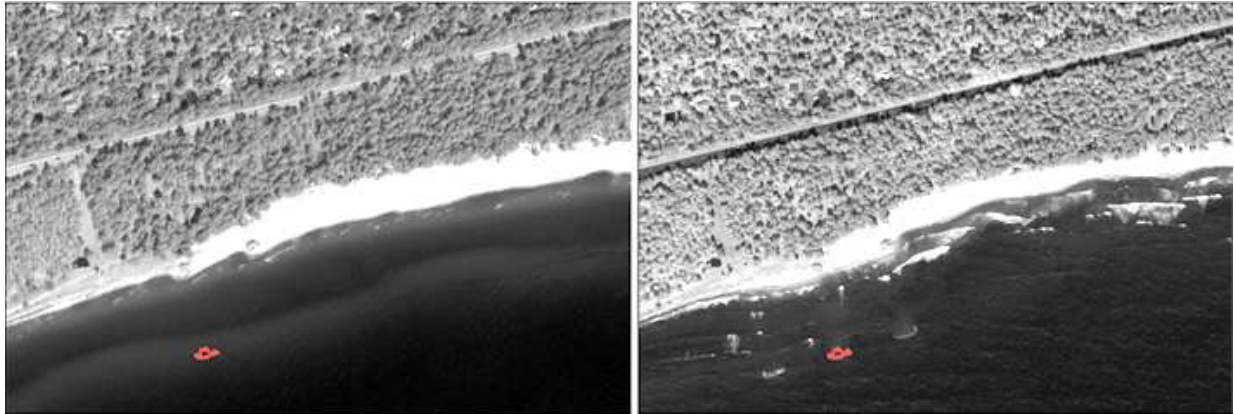


Figur 7-25. Erosionsskydd av olika typer vid Ystad strandskog. Fem stora hövder/pirar kompletteras av mindre hövder däremellan. I nordöst syns tre vågbrytare som etablerades kring år 2007.

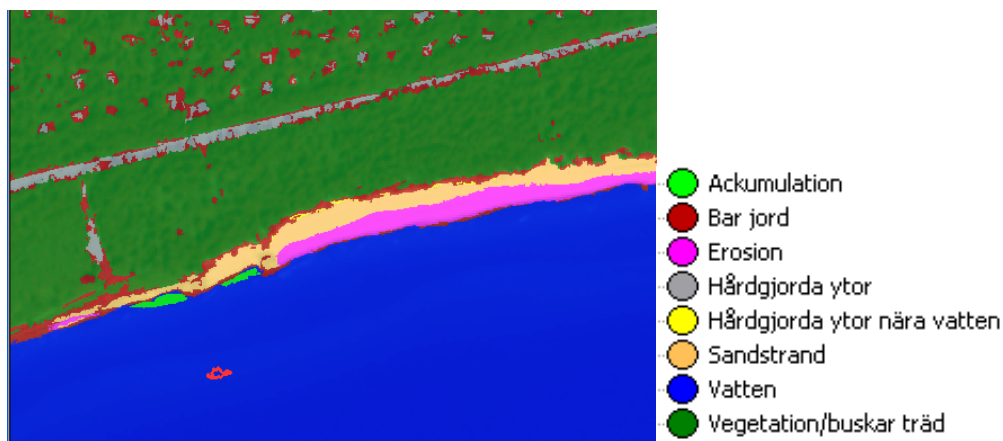
Figur 7-26 visar hur tidsbestämning av en viss åtgärd kan göras med hjälp av satellitbilder från olika tidpunkter. Tre vågbrytare har etablerats under perioden mellan juni 2006 och juli 2008. Den inverkan de haft syns tydligt i VHR satellitdata i Figur 7-27 och förändringskarteringen i Figur 7-28.



Figur 7-26. Tidsserie av satellitbilder från SPOT-5 satelliten från vänster till höger: juni 2003, juni 2006, juli 2008 och juli 2009. I de två första bilderna syns inte vågbrytarna men i de andra två kan de urskiljas när bilderna kontrastströks kraftigt. I 2008 års bild syns sandbanken som ackumulerats bakom vågbrytarna under endast två år; i 2009 års bild kan man vagt skönja vågbrytarna mot den ljusa sandbotten.



Figur 7-27. Studie av vågbrytare via VHR satellitbilder från 2006 och 2008. Den röda markeringen är placerad på den mellersta vågbrytaren. I bilderna kan man tydligt se en förändring mellan de två åren genom tillkomst av vågbrytare, en stor erosion nedströms, nordost om vågbrytarna och viss ackumulation rakt norr om dem i den högra bilden.



Figur 7-28. Klassning av förändring av stranden mellan 2006 och 2008 (se föregående bild). Rosa markerar erosion och ljusgrönt ackumulation. Enligt mätningar har ackumulation skett även under vattnet innanför vågbrytarna, men detta är inte karterat i detta exempel. VHR-bilder med 2,5 m upplösning från samma tidpunkter som i Figur 7-27.

Värdering av satellitbilders användbarhet

Erosionsskydd kan till viss del karteras i VHR. Problem uppstår vid objekt som är spektralt lika sin omgivande strand (vilket ofta är fallet) och/eller är kortare/smälare än ett par meter.

7.11 Vegetation i vatten

Vegetation i strandlinjen och i grundare vattenområden kan vara en indikation på att det förekommer ackumulation utmed stranden. Det är en fördel att studera vegetationsförhållanden även i IR-färgbilder eller vanliga färgbilder.

Vegetation i vatten indikerar även indirekt botten typ genom att hårbotten nästan uteslutande är vegetationsbeklädda och därmed urskiljbara mot eroderande sandbotten som i mindre utsträckning har vegetation. Mjukbotten med vegetation pekar även tydligt ut områden som inte heller är utsatta för erosion.

SGI

Typ av förändring: Vegetationstypen kan förändras beroende på läget i terrängen, vattnets salt-halt, vattenkvalitet, ljusförhållanden m.m. Utbredningen beror av läget i terrängen, vindförhål-landen, djupförhållanden, föroreningar och andra faktorer.

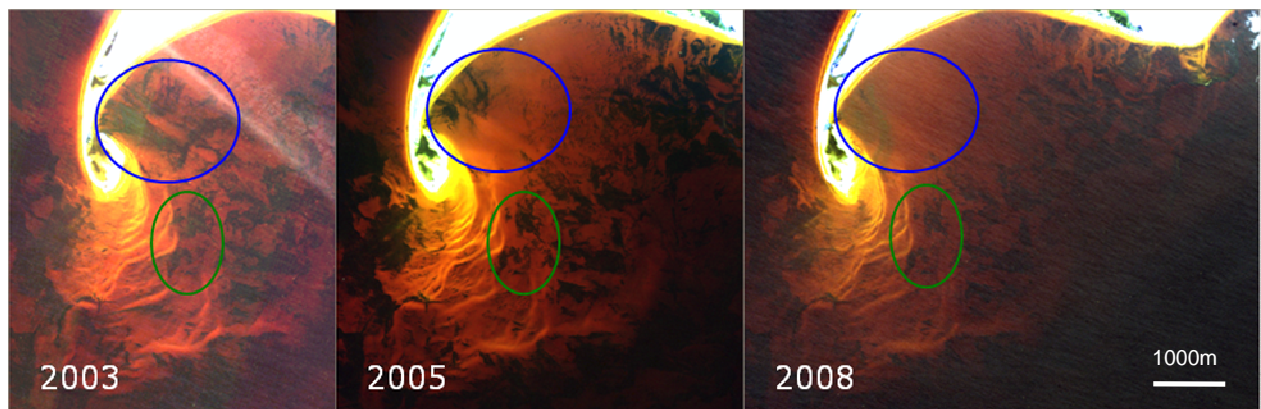
Analys av vegetation i vatten med fjärranalys

Naturligt bar botten karteras med visuella band i förändringsanalys; trösklat ner till ungefär siktdjupet. Därunder kan man till ungefär det dubbla siktdjupet (mycket brusig bild) avgöra manuellt var det finns bar botten (se Figur 7-29).

Endast en mindre andel av underlagen för förändringsanalysen är tillräckliga för denna typ av kartering genom att störningar från dålig vattenkvalitet, hög turbiditet, algbloomning, vågblänk osv. ofta inverkar betydligt.

För att kunna analysera vattenområdet bör bilderna behandlas och kompensation göras för varierande reflektans i olika djupintervall. Detta kan åstadkommas genom att man använder djupin-formation från laserdata eller andra djupmätningar och gör en radiometrisk korrigerig av bil-derna. Genom att upprätta en ekvation för relationen mellan djup och reflektans för en homo- gen botten typ (mest användbart är sandbotten) kan man sedan ”räta ut” bilden och få samma reflektans för typbotten (sand) i olika djup. Sedan kan man teoretiskt separera vegetation via tröskling (gränsdragning i olika spektralband eller kvotbilder), segmentering eller digitalisering via manuell tolkning. All form av automatisk hantering försvåras av dels okända och varierande parametrar i vattenpelaren (grumling m.m.), dels det låga signal-brusförhållandet i vattnet.

Det som kan avskiljas är blottad sand och ler/grusbotten mot övriga botten. Övrig botten in-kluderar här dels tät vegetation på sand- eller mjukbotten (t.ex. ålgräsängar), dels hårbotten (vilka nästan uteslutande är beväxta och ”mörka”), dels sand-, ler- eller grusbotten på vilka det ligger friflytande algmassor som inte går att skilja från fast vegetation.



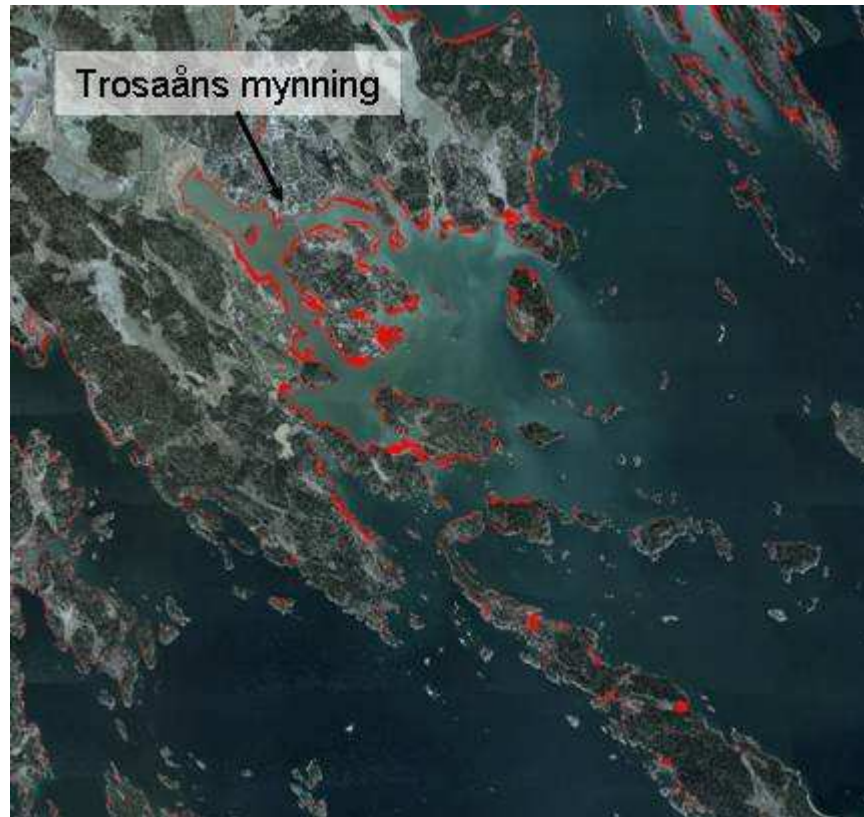
Figur 7-29. Sandbankar kring Falsterbonäset. Dynamiken i vegetationstäckning avslöjar mobila re-spektive stabila substrat. Här ses sandbotten (ljus) med varierande täckning av vegetation (mörk) inom exempelvis blå yta samt hårbotten (block, mörka) med fast vegetation inom exempelvis grön yta. Bild från Törnqvist & Olsson 2009.

Med kompletterande underlag, t.ex. djupdata från multibeam- eller LIDAR-mätningar, kan man under gynnsamma omständigheter avgöra om det ”mörka” i bilderna är beväxt hårbotten, fri-flytande algmassor eller vegetation på sand-/mjukbotten (se Figur 7-31).

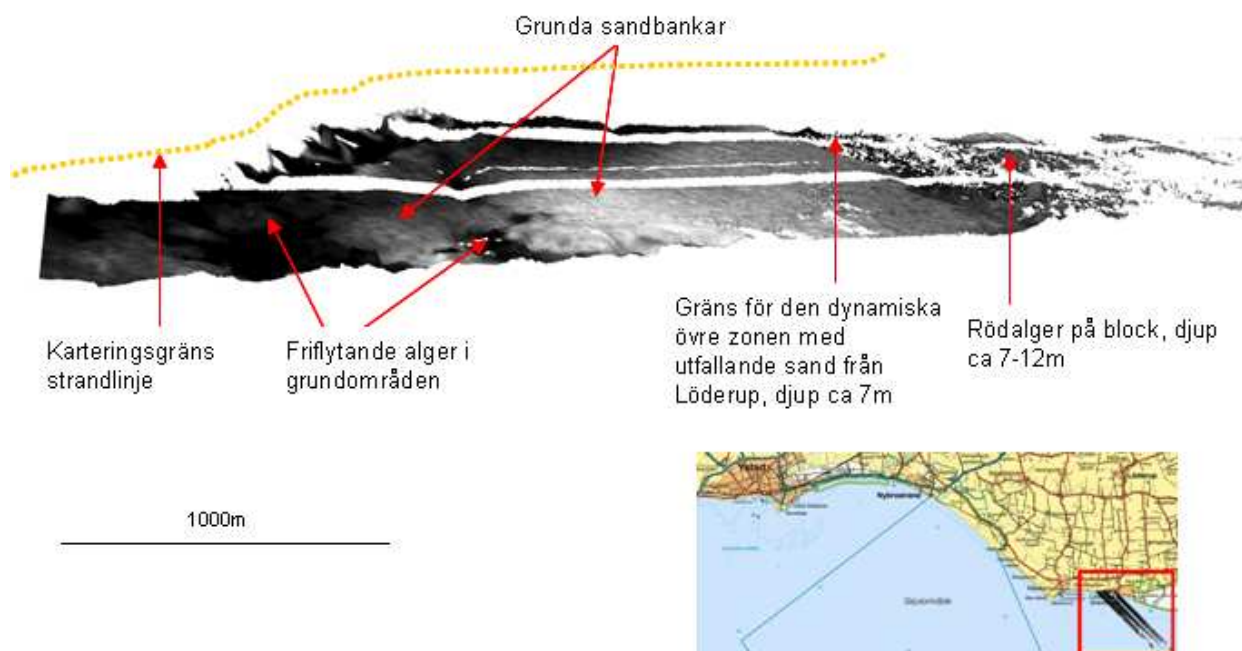
Vegetation över vattenytan (vass, säv, flytbladsväxter) kan karteras med NDVI med god preci-sion (se Figur 7-30). Förändringar i övervattensvegetation pekar på annan förändring i strand-zonen, t.ex. förändring av stabila botten. Vad som dock påverkar analysen negativt är främst att vegetationen varierar stort under året och en jämförelse mellan olika datum och olika år kan bli mycket missvisande. Förändrat vattenstånd kan även påverka så att ett lägre vattenstånd

SGI

felaktigt indikerar en ökad vegetation (vegetationsklädd botten ”kommer upp” till ytan och syns i NDVI).



Figur 7-30. Analys av vassbältet kring Trosaåns mynning ur NDVI från SPOT-5 med digitala flygbilder om bakgrund. Rött anger utbredning av vass och därmed stabila bottnar, främst mjuka bottnar. Notera sedimentplymerna från Trosaåns avrinning. Bild från Törnqvist & Olsson 2010.



Figur 7-31. Kombinationen av satellitbild och högupplösta djupdata avslöjar under gynnsamma förhållanden zoneringsen av havsbotten. I bilden som består av en VHR-bild draperad på en djupmodell från laserscanning syns grunda svackor med friflytande algmassor till vänster, renspolad sandbotten som bygger upp flacka banker i centrum av bilden och något djupare svackor med hög vegetation (ålgräs) och/eller sten- och blockbotten (till höger i bilden). Utan modellering och fältundersökningar kan dock inte karteringen kvantifieras och jämföras med andra tidsperioder.

Värdering av satellitbilders användbarhet

Med hjälp av detaljerad djupkartering (LIDAR eller multibeam) så kan fjärranalys (både HR och VHR) användas för att uppskatta eller modellera undervattensvegetation ner till ca 4 m vattendjup.

Utan tillgänglig detaljerad djupinformation kan fjärranalys användas för att visuellt tolka vegetation och bottenbeskaffenhet i grundområden.

7.12 Revlar och bankar

En revel är en liten, smal och långsträckt sand-, grus- eller stenbank som byggts upp på grunt vatten, från eller utmed stranden genom vågors eller strömmars inverkan. En revels form och läge ändras ständigt och följer skiftningarna i vattenmiljöns dynamik. Bränningsreklar och surfreklar uppstår när vågorna bryter över en uppgrundande botten, varvid sedimenten sorteras efter kornstorlek.

En sandbank är en ansamling av sand eller grus i ett vattendrag eller hav några meter till flera kilometer lång.

Typ av förändring: Material; silt, sand och grus avlagras och nya revlar och bankar kan utbildas och andra kan försvinna. Förekomst, planläge och utbredning är beroende av bl.a. material-egenskaper, materialtillgång, vågornas intensitet, vattendjup och läget i terrängen.

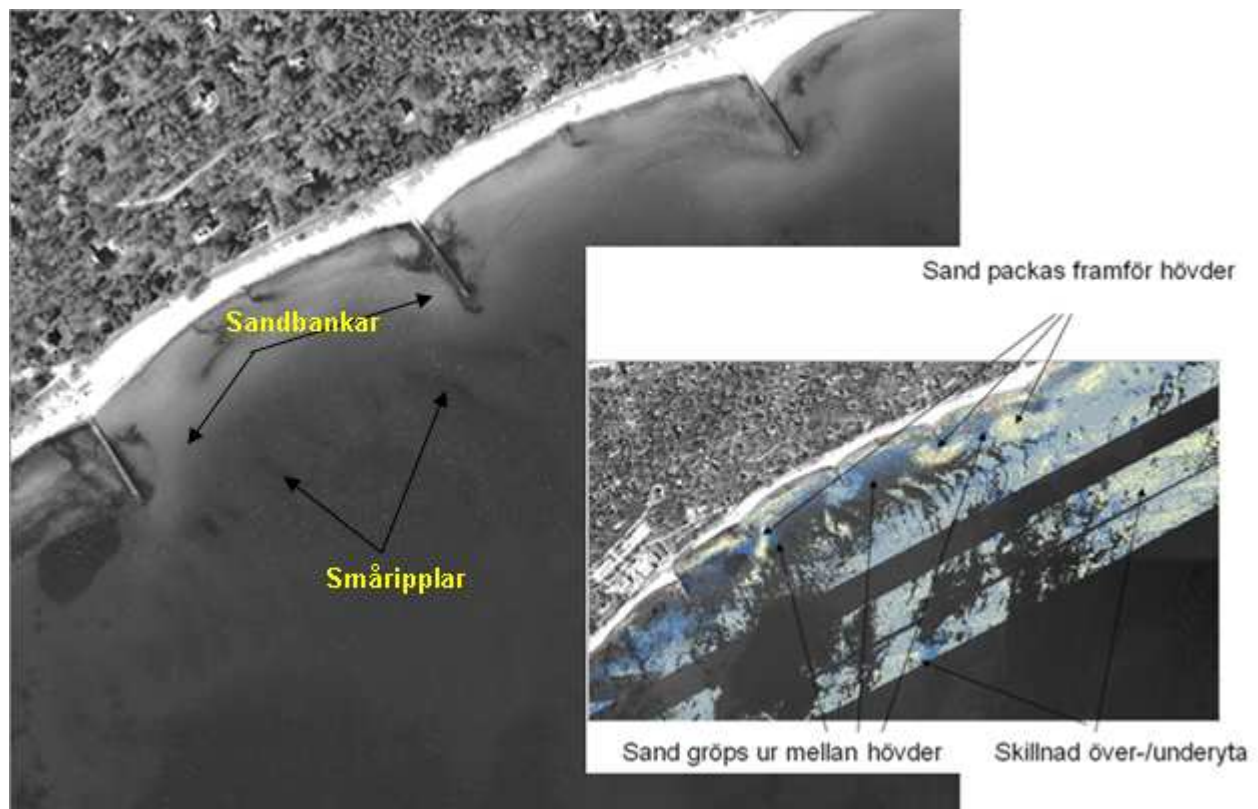
Kartering med fjärranalys

Naturligt bar botten kan vid gynnsamma förhållanden (god vattenkvalitet, sandbotten) karteras ner till ca 6 m. Bäst precision fås med manuell kartering eftersom de många störningsmomenten (vattenkvalitet, solvinkel, bottenlutning osv.) oftast är okända och inte kan kompenseras för. Visuellt kan man även manuellt kartera bankar och revlar i den mån de är tillräckligt branta för att fånga solljuset, vilket beror på sida, läge och höjd osv.

Mellan revlar och bankar förekommer ofta dels fast vegetation (t.ex. ålgräs), dels friflytande algmassor. I sänkor kan även andra typer av finare sediment, detritus m.m. samlas. Med härledning av dessa indikatorer framgår bottenstrukturen relativt väl för klara vatten och ljusa bottenar inom djupintervallet 0-6 m.

Finns det ställvis djupdata av bra kvalitet kan denna användas för att modellera djupet för bar botten för en förändringsanalys. Kvaliteten på djupmodellen minskar med dålig vattenkvalitet, kraftiga soleffekter på grunda sandbankar osv. Metoden kan dock vara effektiv när endast några få djuppunkter finns att tillgå och yttäckande batymetriska förhållanden behöver tas fram. Variationer i batymetrin och variationer mellan olika år visar på dels morfologin (revlar, bankar), dels förändringar inom morfologin.

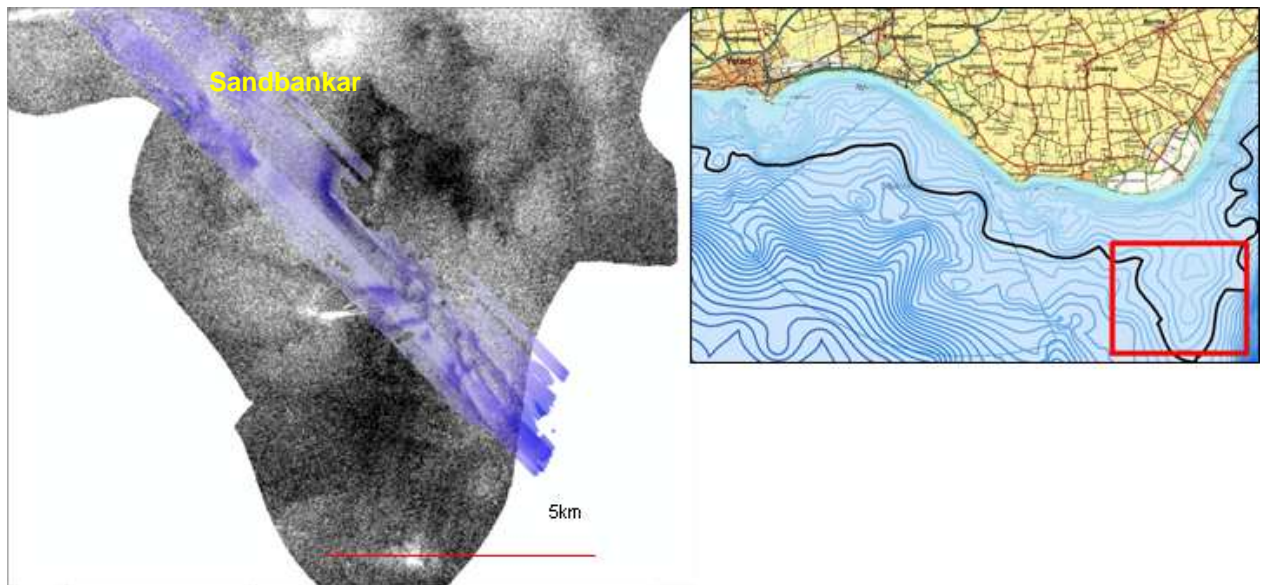
Halvautomatisk kartering av bankar kan utföras genom att efter korrigering av reflektansen i satellitbilder med avseende på djup beräkna fram grunda bankar. Djupkorrigering kan göras om det finns tillförlitliga djupmätningar i aktuellt område från samma datum som satellitbilden. I ett sådant fall så kan man analytiskt ”räta ut” en bild så att effekterna från vattenpelaren i det närmaste försvinner. Efter en sådan kompensation kan sandbotten trösklas fram och dess djup sedan beräknas med avseende på ursprunglig reflektans i satellitbilden. Metoden bedöms ha en precision om minst ca ± 0.25 m där felmarginalen ökar med ökat djup och försämrat signalbrusförhållande samt osäker avgränsning av sandbotten.



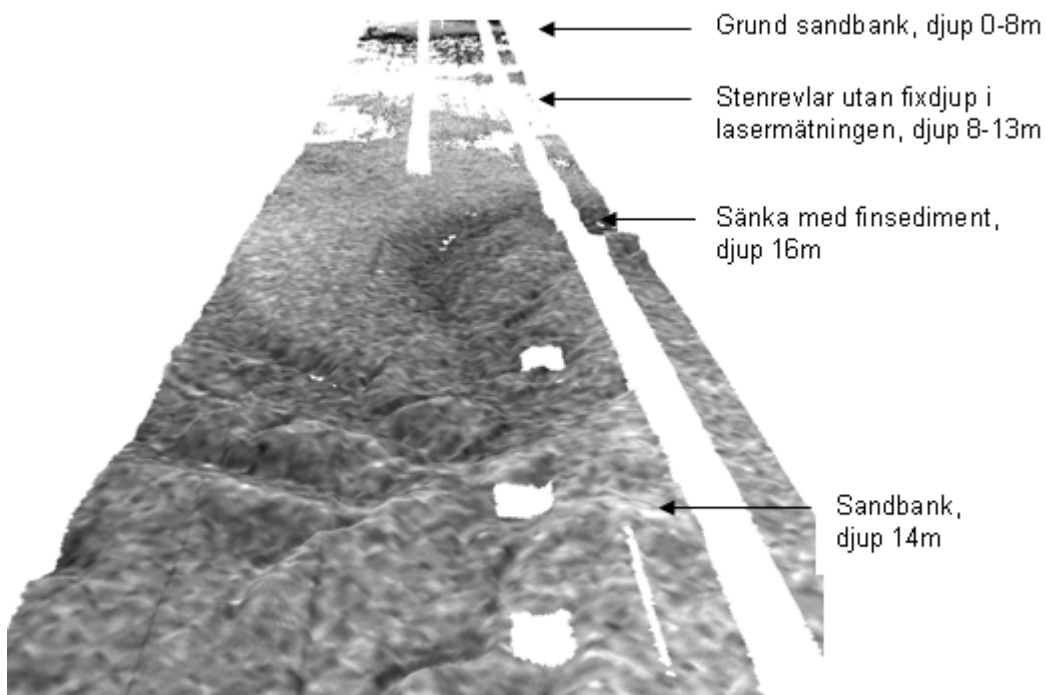
Figur 7-32. Illustration av bankar och revlar vid Ystad Sandskog.

I Figur 7-32 redovisas en analys av bankar vid ett område vid Ystad Sandskog. Sandbankar i grundområden syns visuellt i VHR med kraftig vallbildning runt hövderna i bilden. Något djupare syns mot stranden tvärgående småripplor med mellanliggande alger och något djupare förefaller botten mer eller mindre oförändrad. I den infällda bilden syns en differensbild mellan två laserscanningar (Rydell och Nyberg, 2006 och Rydell, 2008) som visar på ökad dynbildning (gula områden, synliga som ljusa åsar i den stora bilden, upp till 50 cm ackumulation) och erosion/bortfört material (blå områden, mörkare i den stora bilden). I de djupare partierna framträder även skillnader mellan de två scanningarna i form av ”uppgrundningar” som kommer sig av att det ena datasetet av mättekniska orsaker består av överyta (minsta djup i respektive punkt, alltså toppen på växtlighet och stenar) och det andra av underyta (största djup i respektive punkt, alltså själva havsbotten), vilket i detta fall resulterar i att vid hög bottenvegetation är vegetationshöjden som indikeras, inte skillnader i dynbildning. Den infällda bilden har stora informationsluckor då inte alla punkter som laserscannades gav ett entydigt djupvärde.

Satellitbilder kan även användas för tolkning av morfologiska förhållanden. I Figur 7-33 visar den gråsvarta ytan Sandhammars bank sedd i SPOT-5 (10 m upplösning, endast det gröna bandet används eftersom det penetrerar vattnet bäst). Sandbankens morfologi är tolkad ner till ca 15 m djup där mörka partier är skrevor med mörkare, finare sediment. Draperat på denna bild är en batymetrisk mätning genom laserscanning som visar djup i blå nyanser (mörkblått är djupt, ljusblått grundare). Kombinationsbilden visar att en djupkorrigerad SPOT-5 bild under gynnsamma förhållanden kan användas för att tolka sandbankar ner till relativt stora djup.



Figur 7-33. Illustration av jämförelse mellan observationer i satellitbilder och resultat från laserbatymetriering vid Sandhammars bank.



Figur 7-34. Inom samma område som i föregående figur har data från SPOT-5 draperats på en djupmodell från laserscanning vilket tillsammans visar djup (i tre dimensioner) och reflektans (från djup och bottenstrukturer) mellan vattenytan (högst upp i bilden) ner till ca 15 m djup (närmast i bilden). Av detta framgår att det mörka som syns i svackorna kommer från förminskad reflektans beroende på större djup men troligtvis även av mörka sediment med organiskt innehåll.

SGI

Värdering av satellitbilders användbarhet

I gynnsamma fall kan fjärranalys (både HR och VHR) användas för att bestämma planläge för revlar och bankar i grunda områden (upp till ca 4 m djup) med viss möjlighet för automatisk kartering via identifiering av uppgrundningar. Visuelltolkning kan göras för havsbotten och bankar identifieras till maximalt 15 m djup, oftast kring 6 m.

8 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

Syftet med projektet har varit undersöka möjligheterna att använda satellitbilder för att identifiera och övervaka erosion och sedimenttransport i kustområden. Resultatet av denna utredning visar att det finns förutsättningar för att genom direkta och indirekta indikatorer översiktligt beskriva förändringar längs kustområden när det gäller erosion och sedimentation såväl på land som i vatten.

Förändringar i kustzonen kan direkt eller indirekt indikera erosionskänsliga områden. Förändringar som direkt kopplar till erosion eller sedimentation är t.ex. förändringar i batymetri, strandlinjer, dynbildningar och marknivåer på land. Indirekta indikationer på erosionskänslighet är t.ex. förändringar i vegetationstäckning både på land och under vatten samt mänskliga aktiviteter som muddring, stabilisering av stränder eller strandnära bebyggelse.

Den främsta tillämpningen bedöms vara att kunna indikera inom vilka områden som erosion eller ackumulation av sediment pågår. Sådana områden kan vara relativt grovt avgränsade och användas för att bestämma var mer detaljerade undersökningar av erosionskänsliga områden behöver göras. Kustavsnitt som har förändrats av andra orsaker, t.ex. antropogen påverkan kan identifieras.

Möjligheterna till mer detaljerad kartering är emellertid begränsade, då upplösningen i bilderna inte är tillräckligt för att i detalj beskriva kustförändringar, t.ex. volym av förändrade dyner eller detaljerade topografiska och batymetriska förändringar. För detaljerade inventeringar och analyser finns möjlighet att komplettera den översiktliga analysen med satellitbilder genom att använda flygbildstolkning och olika fältundersökningar. Laserskanning på land och i vatten, akustiska mätningar eller detaljerade fältmätningar behövs för få underlag till vilka olika typer av åtgärder som ska väljas.

Övervakningssystem för förändringar av strandnära områden

Fjärranalys med satellitbilder bedöms ha en stor potential för att kostnadseffektivt och snabbt översiktligt kunna studera förändringar och utvecklingstendenser av strandnära områden. Ett översiktligt övervakningssystem baserat på satelliter skulle kunna indikera var områden med kusterosion eller sedimentation pågår. Övervakningen kan göras regelbundet, exempelvis vart annat till vart tredje år och täcka ett större kustområde. Indikerade områden kan vara relativt grovt avgränsade och användas som ett underlag för att klargöra behov av närmare undersökningar av erosionskänsliga områden i fält.

Fortsatt utvecklingsarbete

Det finns anledning att fortsätta utvecklingsarbetet för att se förutsättningar för analys med satellitbilder med hög upplösning. I en sådan mer detaljerad studie kan närmare klargöras med vilken noggrannhet förändringar i plan kan karteras och kvantifieras i jämförelse med befintliga metoder samt hur en sådan metod kan ersätta eller komplettera dessa metoder. Här bör också

SGI

ingå att värdera och jämföra kostnader och nytta med olika metoder i relation till behov av information i kustområden.

Ett sådant utvecklingsarbete bör bedrivas utifrån ett användarperspektiv och förslagsvis genomföras som praktiska tillämpningar i samarbete med kommuner och länsstyrelser.

REFERENSER

Baltsavias, E. 2005. DSM Generation - ISPRS tutorial. Konferenspresentation, AfricaGIS 2005, Tshwane, Pretoria.

InfoTerra, 2006. GMES Fast Track Service on Land Monitoring – high-resolution core land cover data built-up areas, including degree of soil sealing, 2006. EEA/IDS/07/001. Proposal for European Environmental Agency.

Metria GeoAnalys (2009). Ny metod för kontinuerlig naturtypskartering av skyddade områden (KNAS). Rapport för Naturvårdsverket.

Rydell, B. och Nyberg, H. (2006). Mätning av bottentopografi och kustlinjer med laserbatymetri. Pilotstudie. SGI Varia 563. Statens geotekniska institut.

Rydell, B. (2009). Mätning av bottentopografi och kustlinjer vid Ystad Sandskogen, Ystads kommun. Dnr 2-0806-0467, Statens geotekniska institut.

Törnqvist, O & Olsson, B. (2009). Uppföljning av marina Natura 2000 områden med data från SACCESS. Rapport Metria GeoAnalys, Stockholm.

Wiman, S. (2009). Soil sealing for computation of water tariffs. Administrativ slutrapport av Metria Geoanalys för Rymdstyrelsen.

SGI

BILAGA 1

1 GRUNDLÄGGANDE INFORMATION OM FJÄRRANALYS

Satelliter går på flera hundra kilometers höjd i bana runt jorden och samlar in information om jordytan. Det finns både passiva (optiska) och aktiva (radar) satelliter. Denna introduktion till ämnet behandlar de grundläggande förutsättningarna för optiska satellitdata.

Satellitdata är i många områden den enda tillgängliga geografiska information som finns att tillgå. I många områden där kartinformationen är utdaterad eller icke tillförlitlig kan satellitdata utgöra ett objektivt underlag för nykartering.

Nedan beskrivna sex delar, utgör tillsammans med en sjunde – tillämpningar, den fjärranalytiska processen från början till slut.



Figur 1-1 Fjärranalysprocessen från energikälla till analys och tillämpning.

Energikällan (Solen): Förutsättningen för fjärranalys är att det finns en energikälla som utsänder elektromagnetisk energi.

Atmosfär: När strålningen rör sig från källan till objekten (jorden) kommer det i kontakt och interagerar med atmosfären det passerar igenom. Detta händer även vid energitransporten från jorden till sensorn.

Objekt: Interaktion med objektet - när energin, ljuset, når objektet interagerar dessa beroende på både objektets och strålningens egenskaper.

Satellitesystem: Strålningen registreras i sensorn efter reflektion mot eller emittering från objekten och spridning i atmosfären vid transporten till sensorn.

Mottagningsstation: Den i sensorn registrerade energin måste överföras, oftast i elektronisk form, till en mottagningsstation och sedan processeras till en bild.

Analys: Tolkning och analys – den processade bilden tolkas visuellt eller digitalt för att utvinna information om det registrerade objektet.

SGI

1.1 Energikällan

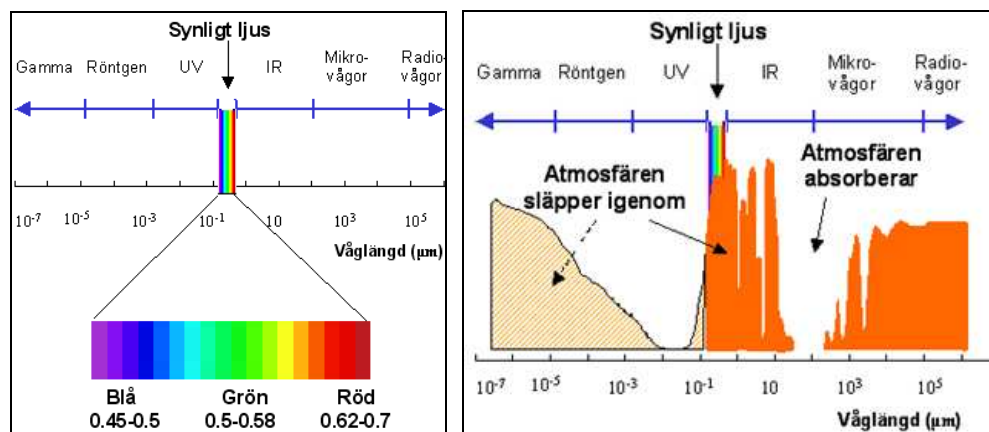
Solen avger elektromagnetisk strålning (ljus) i olika våglängder. Ljuset kan ses som fotoner som rör sig framåt i en sinuskurva. Avståndet mellan två toppar i kurvan är ljusets våglängd. Exempelvis har det blå ljuset kortare våglängd än det röda.

1.2 Det elektromagnetiska spektrat

Det elektromagnetiska spektrat sträcker sig från korta våglängder (gammastrålning och röntgen) till längre våglängder (mikro- och radiovågor). Många delar av spektrat är användbart för fjärranalys. Den för människan synliga delen av spektrat (0.4 – 0.7 μm) är mycket liten. Strålning som är osynlig för människan kan registreras av andra instrument och innehåller mycket information viktig inom fjärranalysen, t.ex. nära infraröd (NIR) och mellaninfraröd (MIR) strålning.

1.3 Atmosfär

Innan solstrålningen når jorden måste den passera atmosfären. Partiklar och gaser i atmosfären påverkar det infallande ljuset och strålningen genom absorption av vissa våglängder samt spridning av ljuset (scattering). Atmosfärens genomsläpplighet styrs av innehållet av olika partiklar och gaser.



Figur 1-2. Det elektromagnetiska spektrat och atmosfärens genomsläpplighet.

1.4 Marktäckets spektrala egenskaper

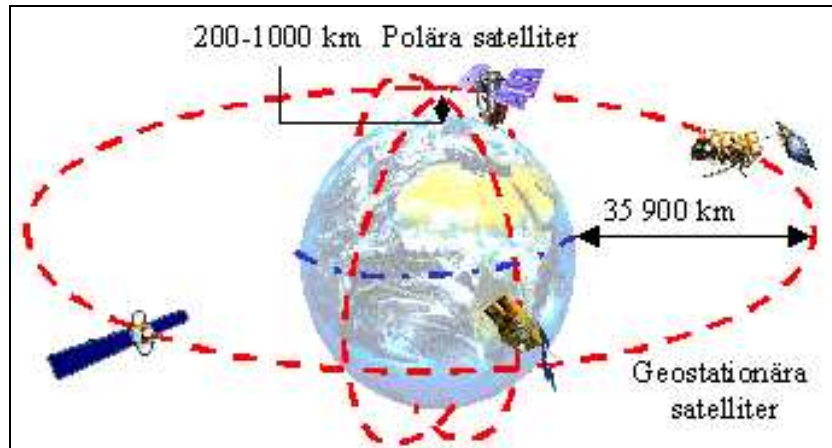
Olika objekt reflekterar olika mycket ljus i olika våglängdsområden. Detta innebär att man genom att kombinera flera våglängdsband kan särskilja objekt från varandra. Spektralkurvan visar hur stor del av det infallande ljuset som reflekteras inom olika våglängder. Kurvan för vegetation visar att vegetation reflekterar mer grönt ljus än blått och rött. Detta gör att vegetationen ser grön ut för det mänskliga ögat. Se även Figur 1-7.

1.5 Satelliter

Satelliter kan delas upp i två huvudgrupper: **polära** och **geostationära**. De polära satelliterna går i en bana runt polerna på 200-1000 km höjd över jordytan. Olika delar av jorden kommer att täckas in av dessa satelliter för varje varv eftersom jorden roterar. Ett varv runt jorden (omloppstiden) tar c:a 100 minuter. De polära satelliterna kallas också jordobservationsatelliter och används inom fjärranalysen.

SGI

De geostationära satelliterna ligger i ekvatorplanet på 35 900 km höjd över jordytan och följer exakt jordens rotation runt jordaxeln. Detta medför att de alltid tycks ligga över samma ställe på jorden, vilket gör det möjligt att rikta in en parabol och alltid ha kontakt med en viss satellit. Dessa används främst för väder, TV och telekommunikation.



Figur 1-3. Polära och geostationära satellitbanor.

För att förstå hur en satellitbild är uppbyggd och vilka egenskaper olika typer av satellitdata har finns några grundläggande begrepp.

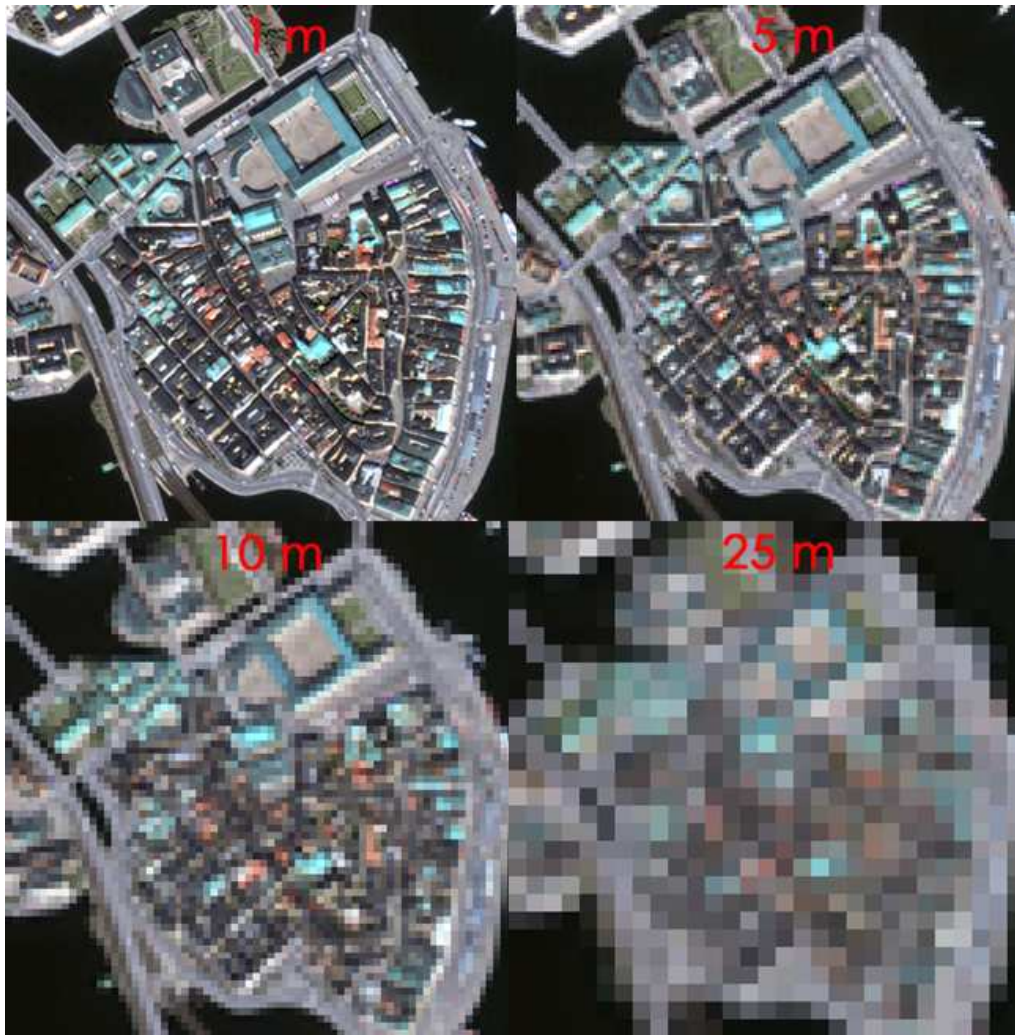
Geometrisk upplösning

Satellitsensorer registrerar jorden med varierande geometrisk upplösning, vilket motsvarar storleken på det minsta objekt som kan avbildas i satellitbilden. Det är viktigt att skilja mellan pixelstorlek (bildelement) och geometrisk upplösning – de är inte helt jämförbara. Om en sensor har en geometrisk upplösning på 20 meter och en bild från den sensorn visas i full upplösning kommer varje pixel att representera 20 x 20 meter på marken. I det fallet är pixelstorleken och den geometriska upplösningen densamma. Det är dock möjligt att visa bilden med en pixelstorlek som skiljer sig från den geometriska upplösningen, t.ex. om man vill göra en världskarta från satellitbilder. Faktorer som styr den geometriska upplösningen är satellitens avstånd till jorden, kamerans öppningsvinkel, fokallängden samt storleken på fotocellerna (CCD-sensorerna) i kameran.

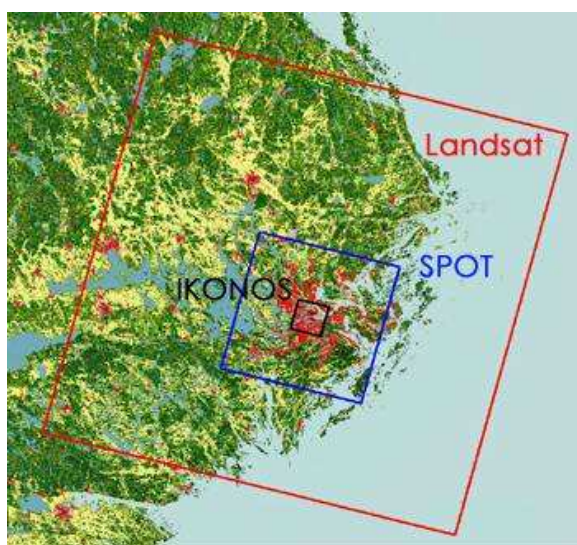
Skilda satellitsensorer täcker in olika stora delar av jorden med en bild (satellitscen).

En Landsat-scen täcker 185x185 km med 30 m upplösning, SPOT täcker 60x60 km med 10/20 m upplösning och IKONOS täcker 11x11 km med 1 m upplösning. Det behövs 285 IKONOS-scener för att täcka samma område som en Landsat-scen

SGI



Figur 1-4. Exempel på hur gamla stan i Stockholm ser ut i bilder med olika geometrisk upplösning.



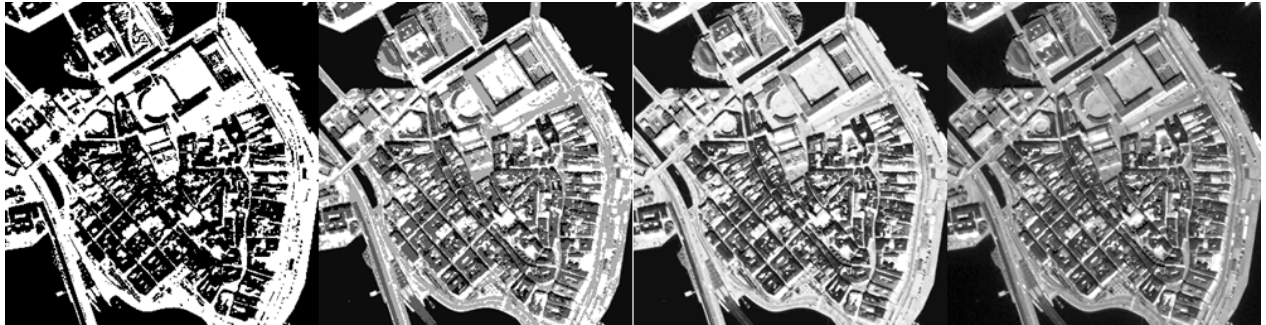
Figur 1-5. Täckningsområde för bilder från olika satellitsensorer. Varje bild innehåller ungefär lika stor mängd data (antal pixlar).

SGI

Radiometrisk upplösning

Satellitensensors radiometriska upplösning avgör hur många olika grånivåer som kan mätas. Vissa sensorer lagrar grånivåer i 11 bitar, dvs. binära data (2^X). Detta innebär att varje spektralband kan ha $2^{11}=2048$ olika grånivåer, medan andra använder bara 8 bitar ($2^8 = 256$ olika grånivåer). Ju högre den radiometriska upplösningen är, dvs. ju fler grånivåer, desto större möjlighet att urskilja detaljer i exempelvis skuggor efter bildbearbetning.

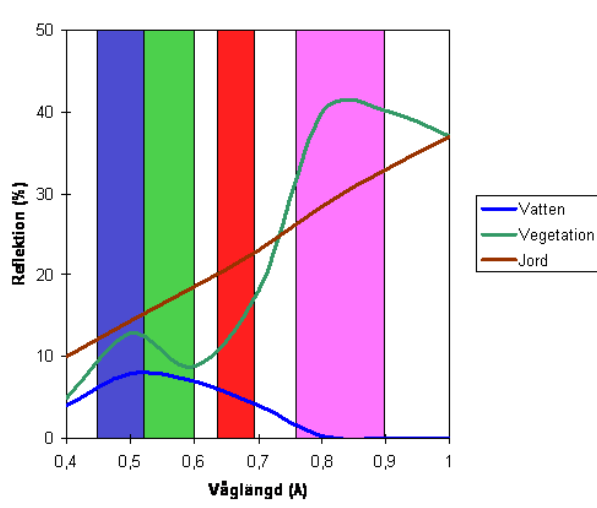
I Figur 1-6 visas bilder med 2, 4, 16 och 256 olika digitalnivåer (grånivåer), vilket motsvarar 1, 2, 4, respektive 8 bitars lagringsutrymme för varje pixel. Det mänskliga ögat kan inte särskilja mer än några tiotal grånivåer medan datorn kan utnyttja all uppmätt information.



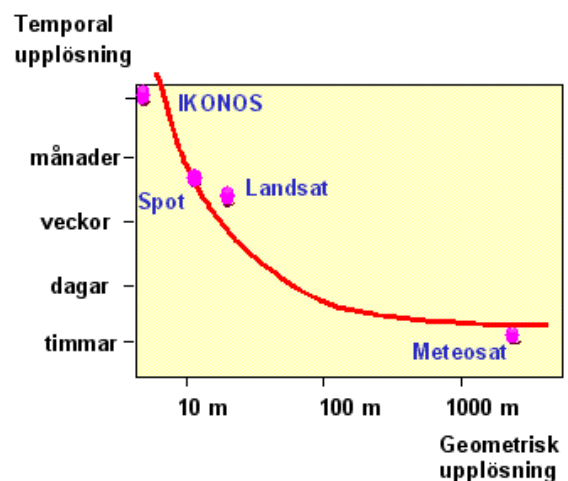
Figur 1-6. Bildserien visar hur antalet digitalnivåer påverkar detaljeringsgraden i en satellitbild. Från vänster till höger: 2 (svart och vitt), 4, 16 respektive 256 olika digitalnivåer.

Spektral upplösning

En satellit har oftast flera olika sensorer, som mäter reflekterat ljus inom specifika våglängdsområden. Varje sensors mätningar resulterar i en svartvit bild (där antalet grånivåer bestäms av den radiometriska upplösningen), vilket också benämns spektralband. Antalet spektralband varierar mellan satelliterna. De som kallas multispektrala (MS) satelliter har 4-7 olika band medan hyperspektrala har 100-tals olika. Den pankromatiska (Pan) sensor, som finns i många jordobservationssatelliter täcker in hela det synliga våglängdsområdet i ett enda band.



Figur 1-7. Spektral upplösning, med sensorns känslighet för ljus inom olika våglängdsområden. Bilden visar också hur mycket ljus olika marktyper reflekterar vid olika våglängder.



Figur 1-8. Kurvan för temporal upplösning visar att satelliter med låg upplösning kan leverera bilder över samma område väldigt ofta och tvärtom.

SGI

Temporal upplösning

Den temporala upplösningen utgörs av den tid det tar för en satellit att återkomma till och registrera samma område på jorden, se Figur 1-8. Vissa satelliter kan vinkla sensorn så att samma område registreras oftare och därmed förbättra den temporala upplösningen. Bilden visar hur temporal och geometrisk upplösning hänger samman. Högre geometrisk upplösning medför lägre temporal upplösning. Landsat kan kartera samma plats var 16:e dag och det är möjligt att få en fullständig täckning årligen. Satelliter med mycket hög geometrisk upplösning, t.ex. IKONOS, har vanligen en stråkbredd kring 10 km och det tar många år att täcka in jorden med sådana data. Möjligheten att kartera samma område igen är dock stor, 3-4 dagar tack vare möjligheten att vinkla sensorn.

1.6 Mottagning av data

Satelliterna laddar ner data till en mottagningsstation när de befinner sig inom dess upptagningsområde. Däremellan lagras data i satellitens bandspelare. Länken ner begränsar kapaciteten för dataöverföring.

Om man lägger en mottagningsstation på nordpolen så kan man ta emot användbar data från satelliten varje varv den gör runt jorden. Om man däremot skulle lägga stationen på ekvatorn skulle man bara kunna ta emot data två, kanske tre gånger om dagen. Estrate utanför Kiruna ligger så pass nära polen att man kan ta emot användbar data 11 av de 14 varv en fjärranalys-satellit vanligtvis gör under ett dygn.

1.7 Analys

1.7.1 Bildbehandling

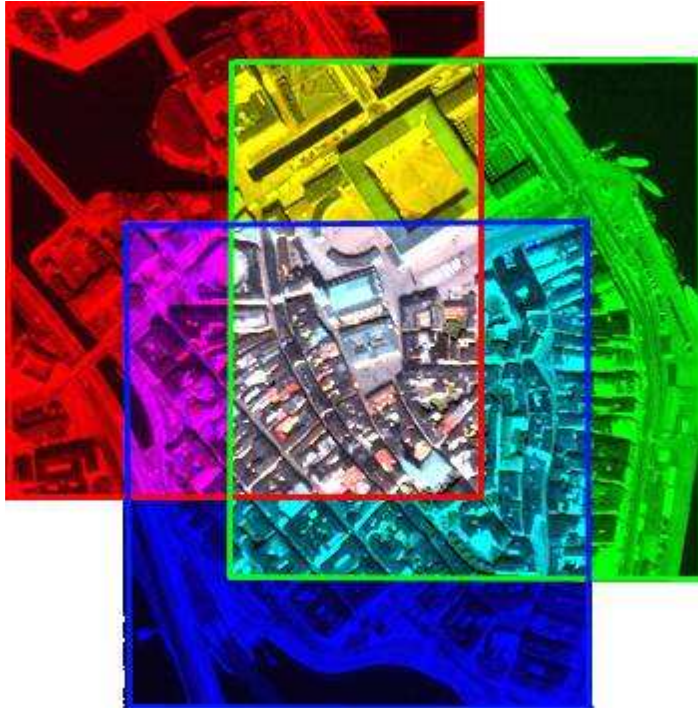
På en datorskärm visas färger genom att kombinera intensiteten i tre olika färgkanaler - Rött, Grönt och Blått (RGB). Vid visning av multispektrala satellitbilder väljer man ut tre valfria spektralband åt gången. Varje enskilt spektralband utgörs av en svartvit bild. De tre spektralbanden läggs samman, en för varje färgkanal, för att kombineras till en färgbild.

Intrycket av satellitbilden liksom tolkningsmöjligheterna beror till stor del på vilka spektralband man väljer och hur dessa kombineras. Kombinationen RGB = NIR, MIR, Rött är en mycket vanlig kombination vid tolkning av vegetation, eftersom både nära infrarött och mellaninfrarött registrerar även små skillnader hos vegetationen. Kombinationen RGB = NIR, Rött, Grönt motsvarar det intryck man får av en IR-flygbild

Figur 1-10, bilden längst till vänster), vilket uppskattas av många tolkare. Naturliga färger som vi ser dem ger inte lika mycket information om vegetation eftersom de infraröda banden fattas.

Figur 1-11 visar hur ett landskapsavsnitt ser ut i olika färgkombinationer av en SPOT-bild.

SGI



Figur 1-9. Kombination av tre olika våglängdsband i kanalerna rött, grönt och blått ger en färgbild på datorskärmen.



Figur 1-10. Bildserien visar hur olika våglängdsband från satelliten IKONOS kan läggas i olika färgkanaler för visning på datorskärm. Beroende på vad man vill titta på kan vissa kombinationer förstärka effekten.

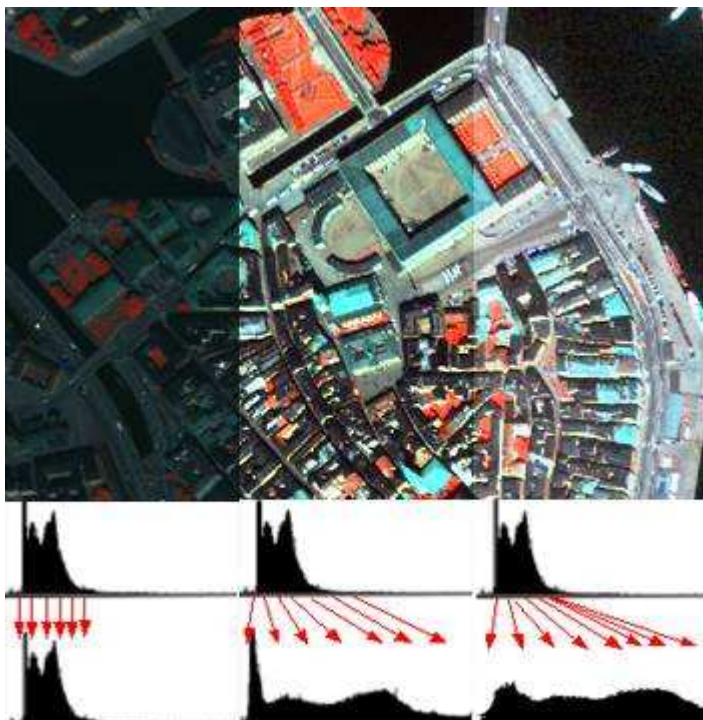
SGI



Figur 1-11. Exempel från SPOT-satelliten. Längst till vänster en IR-färgbild, som i färgsättningen liknar en IR-flygbild. Längst till höger en vanlig kombination för tolkning av satellitdata som även har ett MIR-band.

För att förbättra synintrycket och tolkbarheten av en satellitbild kan man öka kontrasten genom att "sträcka ut" digitalnivåerna så att hela den tillgängliga gråskalan för varje spektralband utnyttjas. Histogrammet för en mörk bild visar digitalvärden som ligger samlade nära noll, medan en bild med hög kontrast har en jämnare spridning över hela gråskalan.

I Figur 1-12 visas från vänster till höger: den ursprungliga bilden utan kontraststräckning, linjär sträckning där de ursprungliga digitalvärdena spridits ut jämnt över hela skalan samt slutligen histogramsträckning, vilket innebär att det i slutresultatet finns ungefär lika många pixlar av varje färg över hela skalan.



Figur 1-12. Exempel på kontraststräckning från vänster till höger; ingen sträckning, linjär samt histogramsträckning.

1.7.2 Visuell tolkning

Vid visuell tolkning är det inte enbart objektets spektrala egenskaper (dess färg) som avgör tolkningen. Lika viktigt är hur man uppfattar objektets:

- Form
- Storlek
- Mönster
- Färg
- Textur

Allra viktigast är att den som genomför den visuella tolkningen har kunskap inom tillämpningsområdet och kan sätta objektet i sitt sammanhang för att göra en kvalificerad bedömning.

1.7.3 Digital klassning

Vid digital klassning av en bild strävar man efter att identifiera ett förbestämt antal marktyper (klasser) automatiskt. För att åstadkomma detta ”tränar man datorn” på att känna igen en viss marktyp i bilden baserat på spektral statistik. Antingen kan man plocka ut statistik baserat på kända referensytor eller så kan operatören rita in ett antal träningsytor för varje klass i bilden. En träningsyta består av ett antal sammanhängande pixlar – från vilka statistik över digitalvärdenas variation hämtas ur de olika spektralbanden. Denna statistik används sedan för automatiskt räkna ut vilken klass varje enskild pixel i bilden tillhör.

SGI

BILAGA 2

DEFINITIONER AV TERMER VID FJÄRRANALYS

Elektromagnetiskt spektrum Omfattar gammastrålar, röntgen, ultraviolett ljus, synligt ljus, infrarött ljus, mikrovågor och radiovågor. Skillnaden mellan olika typer av ljus eller strålning är deras våglängder eller frekvenser. Våglängd ökar och frekvens, inklusive energi och temperatur, minskar från gammastrålar till radiovågor.

Geometrisk upplösning Avståndet mellan två på varandra följande mätningar av reflekterat ljus från jordytan. Oftast samma distans som en bildpunkts (pixel) sida i satellitbilden.

Geostationär satellit De geostationära satelliterna ligger i ekvatorplanet på 35 900 km höjd över jordytan och följer exakt jordens rotation runt jordaxeln. Detta medför att de alltid tycks ligga över samma ställe på jorden.

Ikonos Amerikansk mycket högupplösande satellit med optiskt instrument och fyra spektralband.

Klassning En satellitbild delas automatiskt in i ett antal områden med likartade spektrala egenskaper, dvs. i områden som är statistiskt lika med avseende på t.ex. reflektion av solljuset i ett antal våglängdsintervall. Varje sådant område åsätts en klasstillhörighet. Även andra egenskaper som relation till närliggande objekt, form, textur m.m. kan tas med i beräkningen.

KNAS Kontinuerlig Naturtypskartering. Naturvårdsverket har denna kartering över hela Sverige, vilken uppdateras kontinuerligt baserat på bl.a. SPOT satellitdata (10 m upplösning).

Landsat Amerikansk högupplösande satellit med optiskt instrument.

MIR Mellaninfrarött - kallas också på engelska SWIR (Short Wave Infra Red). Det är ett intervall med längre vågor än de i NIR-intervallet, de är osynliga för ögat, kan t.ex. skilja snö från moln och vågornas längd är mellan 1,3 – 2,5 mikrometer.

NIR Nära infrarött - det intervall med vågor som är längre än de röda, osynliga för ögat, som reflekteras kraftigt av vegetation och har våglängder i intervallet 0,7 – 1,1 mikrometer.

NIR och MIR/SWIR Omfattar våglängder mellan den synliga strålningen och den termiska, eller uttryckt på annat sätt: mellan den synliga och den kännbara värmestrålningen.

NDVI Vegetationsindex beräknat ur en satellitbilds röda och nära infraröda våglängdsband. Används bl.a. för särskilja ytor med mycket eller avsaknad av vegetation.

Multispektral satellitbild Satellitbild som visas i färger vilket förutsätter att reflekterad strålning från området på jordytan har mätts i mer än ett våglängdsintervall. Multispektrala satellitdata har ca 4-7 olika spektralband medan hyperspektral kan ha hundratals.

Optiska instrument Mäter styrkan av reflekterat solljus i valda våglängdsområden med hjälp av ett system av linser.

SGI

Ortofoto En flygbild är en *centralprojektion*, det vill säga att alla objekt projiceras genom en tänkt mittpunkt. Om man fotograferar en plan markyta rakt uppifrån blir bilden geometriskt korrekt, men om det finns höjdskillnader såsom en liten kulle i ena bildkanten kommer föremålen som befinner sig på kullen att projiceras längre ut mot kanten, exempelvis kommer i flygbilden ett staket som går över kullen att se ut som om det går i en båge. Höjdskillnaden medför alltså en sidförskjutning av föremål i bilden.

Ortorektifiering Geometriskt korrigerar en flyg- eller satellitbild så att felavbildningar till följd av höjdskillnader elimineras. Man menar också att bilden är inpassad med markkoordinater och kan visas i ett GIS ihop med andra kartdata.

Polär satellit Vanligen obemannad farkost som i en omlopps bana på hög höjd rör sig över jordytan, passerar nära båda polerna, för vilken banplanets vinkel mot ekvatorplanet och höjden över jordytan bestämmer hur ofta man passerar över samma markstråk.

QuickBird Mycket högupplösande satellit med optiskt instrument och fyra spektralband.

Radar-instrument Sänder själv ut elektromagnetisk strålning och mäter styrkan av den reflekterade strålningen.

Radiometrisk upplösning Det antal databitar, dvs. antalet möjliga nivåer, som används för att mäta intensiteten av den reflekterade strålningen i ett specifikt våglängdsintervall.

Spektrala egenskaper Beskrivning av hur objektet påverkar ljuset inom ett visst våglängdsintervall, dvs. hur stor andel av ljuset i olika våglängder som reflekteras.

Spektralband En satellitsensor kan ha flera spektralband, som vart och ett är känsligt för ljus reflekterat inom ett visst våglängdsområde.

Spektralkurva Beskriver hur ett objekt reflekterar ljuset inom ett visst våglängdsintervall.

Spektral upplösning De våglängdsområden i vilket den reflekterade strålningen mäts.

SPOT Fransk högupplösande satellit med optiskt instrument.

Temporal upplösning Det minsta möjliga tidsintervallet mellan två tidpunkter för avbildning av en viss punkt på jordytan, dvs. hur ofta satellitens instrument skulle kunna avbilda ett visst område förutsatt att det är molnfritt.

Tolkbarhet Ett mått på hur mycket information man kan erhålla vid analys av t.ex. en satellitbild, dvs. hur väl man kan identifiera föremål, byggnader, fordon och olika områden m.h.a. t.ex. form, färg och position. Avser oftast visuell analys.

VHR Very High Resolution satellitdata. Upplösningen i bilderna är ca 0.5-4m och satelliterna går i polära banor. De har vanligen ett pankromatiskt och fyra multispektrala band; RGB + Nir. Exempel: IKONOS, QuickBird, WorldView (endast pan), Geoeye, Kompsat.



Statens geotekniska institut

Besöksadress: Olaus Magnus väg 35

Postadress: 581 93 Linköping

Tel: 013-20 18 00. Fax: 013-20 19 14.

E-post: info@swedgeo.se. Internet: www.swedgeo.se