



Länsstyrelserna

Gotlands, Kalmar, Stockholms, Södermanlands, Uppsala,
Västmanlands och Östergötlands län



NATIONELL
MILJÖÖVERVAKNING
PÅ UPPDRAG AV
NATURVÅRDSVERKET

Satellitbaserad övervakning av våtmarker

- Slutrapport sydöstra Sverige

Titel: Satellitbaserad övervakning av våtmarker - Slutrapport sydöstra Sverige
Författare: Niklas Hahn och Kjell Wester, Brockmann Geomatics
Länsstyrelsen i Gotlands län, Rapport 2017:01
Länsstyrelsen i Kalmar län, Meddelande 2017:01
Länsstyrelsen i Stockholms län, Rapport 2017:01
Länsstyrelsen i Södermanlands län, Rapport 2017:01
Länsstyrelsen i Uppsala län, Meddelande 2017:03
Länsstyrelsen i Västmanlands län, Rapport 2017:01, ISSN 0284 - 8813
Länsstyrelsen i Östergötlands län, Rapport 2017:01

Bakgrundsdata genom geodatasamverkan: © Lantmäteriet

Omslagsbild: Diksmyr, ett gotländskt agkärr.
Foto omslag: Tomas Johansson, Länsstyrelsen i Gotlands län

Rapporten finns tillgänglig som pdf-fil på de medverkande länsstyrelsernas hemsidor, se nästa sida.

För mer information kontakta

Länsstyrelsen i Gotlands län

Naturvårdsenheten

Tfn 010-223 90 00

<http://www.lansstyrelsen.se/gotland>

Länsstyrelsen i Kalmar län

Naturenheten

Tfn 010-223 80 00

<http://www.lansstyrelsen.se/kalmar>

Länsstyrelsen i Stockholms län

Enheten för miljöanalys och miljöplanering

Tfn 010-223 10 00

<http://www.lansstyrelsen.se/stockholm>

Länsstyrelsen i Södermanlands län

Natur- och miljöenheten

Tfn 010-223 40 00

<http://www.lansstyrelsen.se/sodermanland>

Länsstyrelsen i Uppsala län

Naturmiljöenheten

Tfn 010-223 30 00

<http://www.lansstyrelsen.se/upsala>

Länsstyrelsen i Västmanlands län

Avdelningen för naturvård

Tfn 010-224 90 00

<http://www.lansstyrelsen.se/vastmanland>

Länsstyrelsen i Östergötlands län

Naturvårdsenheten

Tfn 010-223 50 00

<http://www.lansstyrelsen.se/ostergotland>



BROCKMANN GEOMATICS
SWEDEN AB





NATIONELL
MILJÖÖVERVAKNING
PÅ UPPDRAG AV
NATURVÅRDSVERKET

ÄRENDENUMMER NV-01886-14
AVTALSNUMMER 2224-14-001
PROGRAMOMRÅDE VÅTMARK
DELPROGRAM SATELLITBASERAD
ÖVERVAKNING AV
VÅTMARKER

Satellitbaserad övervakning av våtmarker - Slutrapport sydöstra Sverige

Rapportförfattare Niklas Hahn, Brockmann Geomatics Kjell Wester, Brockmann Geomatics	Utgivare Länsstyrelsen i Stockholms län Regeringsgatan 66; 104 22 Stockholm; 010-223 10 00
Omslagsfoto Diksmyr, ett Gotländskt agkärr Tomas Johansson, Länsstyrelsen i Gotlands län	Utgivare Länsstyrelsen i Södermanlands län Stora Torget 13; 611 86 Nyköping; 010-223 40 00
Utgivare Länsstyrelsen i Gotlands län Visborgsallén 4; 621 85 Visby; 010-223 90 00	Utgivare Länsstyrelsen i Uppsala län Bäverns gränd 17; 751 86 Uppsala; 010-223 30 00
Utgivare Länsstyrelsen i Kalmar län Regeringsgatan 1; 391 86 Kalmar; 010-223 80 00	Utgivare Länsstyrelsen i Västmanlands län Västra Ringvägen 1; 721 86 Västerås; 010-224 90 00
Rapporttitel och undertitel Satellitbaserad övervakning av våtmarker - Slutrapport sydöstra Sverige (Gotlands, Kalmar, Stockholms, Södermanlands, Uppsala, Västmanlands & Östergötlands län)	Beställare Naturvårdsverket, 106 48 Stockholm Finansiering Naturvårdsverkets nationella miljöövervakningsprogram
Nyckelord för plats Gotlands, Kalmar, Stockholms, Södermanlands, Uppsala, Västmanlands & Östergötlands län	
Nyckelord för ämne Våtmarker, våtmarksövervakning, miljöövervakning, myrar, öppen myr, satellitbaserad, omdrev, förändringsanalys, vegetationsförändringar, förändringskarta, förändringsindikation, Landsat, utvärdering	
Tidpunkt för insamling av underlagsdata 1999 och 2009	
Sammanfattning En satellitbaserad metodik för att identifiera snabba vegetationsförändringar i våtmarker har använts för att hitta områden med förändringsindikation. Undersökningsområdet, sydöstra Sverige, består av Gotlands, Kalmar, Stockholms, Södermanlands, Uppsala, Västmanlands och Östergötlands län. Projektet drivs inom ramen för den nationella miljöövervakningen och är tänkt att genomföras enligt ett löpande schema över landet fördelat på olika undersökningsområden. Under perioden 2015-2016 utfördes "Satellitbaserad övervakning av våtmarker" i sydöstra Sverige. Den satellitbaserade övervakningen är utformad för att upptäcka markanvändningsrelaterade förändringar i öppna myrar i form av ökad biomassa/igenväxning. Till förändringsanalysen för en tidsperiod används två set av satellitdata, ett från en äldre tidpunkt "1999" (satellitdata främst från 1999 men även från 1997) och ett från en senare tidpunkt "2009" (satellitdata främst från 2009 men även från 2007 och 2010). Förändrade områden delas in i två förändringsklasser; potentiell och säker förändringsindikation med en minsta karteringsenhet på 0,5 ha. Förändringsklasserna ger en direkt indikation på styrkan och omfattningen av förändringen. Förändringsklasserna redovisas även som förändringskartor: andel säker förändringsindikation per analyserad öppen myr presenterade inom olika områdes- eller regionindelningar. Exempel på intressanta områdesindelningar som redovisas är indexrutor 10 km och delavrinningsområden. Undersökningsområdet, d.v.s. "Öppen myr"-mask med undantag för fjällen, omfattar totalt ca 90 100 ha. Det analyserbara området, d.v.s. undersökningsområdet med undantag för moln mm, motsvarar ca 90 % av det totala undersökningsområdet. Av det totala analyserbara området visade 1 180 ha (1,46 %) säker förändringsindikation och 850 ha (1,06 %) potentiell förändringsindikation. Utvärderingen, som utfördes med hjälp av flygbildstolkning och fältbesök, visar att överensstämmelsen för de 141 slumpmässigt valda förändringsindikations-ytorna ligger minst på 64 % och max på 91 %. Motsvarande överensstämmelse för de 47 slumpmässigt valda referensytorna ligger minst på 60 % och max på 85 %.	

Förord

En av länsstyrelsernas uppgifter är att övervaka miljötilståndet i naturen. Våtmarker är viktiga i landskapet då de magasineras vatten och jämnar ut vattenflöden, samtidigt som de är livsmiljö för många hotade växter och djur. Det är därför angeläget att övervaka förändringar av våtmarkerna, samtidigt som det är svårt då de är spridda över stora områden.

Inventeringsmetodiken som använts vid undersökningen har tagits fram av Brockmann Geomatics Sweden AB tillsammans med länsstyrelserna, Naturvårdsverket och Rymdstyrelsen. Efter ett omfattande utvecklingsarbete med tester, konsultationer och utvärderingar har metodiken utvecklats till ett satellitbaserat övervakningsprogram för Sveriges våtmarker. Sedan 2007 ingår den satellitbaserade övervakningen av våtmarker i Naturvårdsverkets nationella miljöövervakningsprogram och inom en tioårsperiod ska det första inventeringsvarvet vara genomfört i hela Sverige.

Mellan 2015 och 2016 har inventeringen av vegetationsförändringar på myrar utförts i Gotlands, Kalmar, Stockholms, Södermanlands, Uppsala, Västmanlands och Östergötlands län. Genom granskning av satellitdata undersöktes förändringarna mellan 1999-2009. Resultatet kommer att ge ett värdefullt underlag för länsstyrelserna och andra myndigheter i arbetet med våtmarker och för utvärderingen av miljömålet Myllrande våtmarker.

Inventeringsarbetet för sydöstra Sverige har genomförts av Brockmann Geomatics i nära samarbete med kontaktpersonerna på länen; Tomas Johansson (Länsstyrelsen Gotland), Thomas Johansson (Länsstyrelsen Kalmar), Mats Thuresson (Länsstyrelsen Stockholm), Karin Brink (Länsstyrelsen Södermanland), Fredrik Söderman (Länsstyrelsen Uppsala), Henrik Berg (Länsstyrelsen Västmanland) och Nicklas Jansson (Länsstyrelsen Östergötland). Johan Abenius från Naturvårdsverket har aktivt följt och stöttat i arbetet.

Utöver kontaktpersonerna har följande medarbetare på Länsstyrelsen bidragit med bland annat rapportskrivning och lokal expertkunskap. Från Länsstyrelsen Kalmar har Susanne Forslund och Tomas Järnetun medverkat, från Länsstyrelsen Västmanland har Per Hedenbo medverkat. Lisa Tenning (Länsstyrelsen Jämtland) och Olle Kellner (Länsstyrelsen Gävleborg) har hjälpt till i fält. Tommy Löfgren från NaturGIS har utfört flygbildstolkning.

Ett stort tack till alla som medverkat!

.....
Anna-Lena Fritz
Enhetschef Naturvårdsenheten, Länsstyrelsen i Gotlands län

.....
Johan Wendell
Avdelningschef Utveckling och landsbygd, Länsstyrelsen i Kalmar län

.....
Anders Lindblom
Enhetschef Miljöanalys och miljöplanering, Länsstyrelsen i Stockholms län

.....
Anna Forslund
Funktionschef Vatten, miljö och klimat, Länsstyrelsen i Södermanlands län

.....
Lennart Nordvarg
Enhetschef Naturmiljöenheten, Länsstyrelsen i Uppsala län

.....
Anna Fridén
Avdelningschef Naturvård, Länsstyrelsen i Västmanlands län

.....
Mikael Norén
Enhetschef Naturvårdsenheten, Länsstyrelsen i Östergötlands län

Innehållsförteckning

Sammanfattning	6
1 Inledning	7
1.1 Den nationella våtmarksinventeringen	7
1.2 Habitatdirektivet och Natura 2000	7
1.3 De svenska miljömålen	8
1.3.1 Miljö kvalitetsmålet Myllrande våtmarker	8
1.4 Utveckling av satellitbaserad våtmarksövervakning	9
1.5 Naturvårdsverkets nationella miljöövervakningsprogram.....	11
2 Nationell metodik för satellitbaserad våtmarksövervakning	13
2.1 Förarbete inför analysen	14
2.1.1 Val av satellitscener och väderanalys.....	14
2.2 Preparering av bakgrundsdata inför analysen	15
2.3 Basklassning.....	16
2.4 Förändringsanalys	17
2.4.1 Stratifiering utifrån myrtypsregioner	17
2.4.2 Förändringsanalysens metodik.....	18
2.4.3 Generalisering av delresultat	19
2.4.4 Förändringsklassning.....	19
2.5 Utvärdering	21
2.5.1 Utvärderingsområden	21
2.5.2 Utvärderingsytor	21
2.5.3 Flygbildstolkning inom utvärderingen.....	21
2.5.4 Fältkontroll	23
2.5.5 Slutlig bedömning av utvärderingsyta	24
2.6 Resultatsammanställning	24
2.6.1 Förändringsklassning.....	24
2.6.2 Förändringskartor och miljömålsindikatorer	24
2.6.3 Leverans	25
3 Våtmarksövervakningen i sydöstra Sverige	27
3.1 Om länsgruppen	27
3.2 Val av satellitdata.....	29
3.2.1 Satellitscener tidpunkt 1 - "1999"	30
3.2.2 Satellitscener tidpunkt 2 - "2009"	31
3.3 Scenpar	32
3.4 Väderanalys.....	33
3.5 Satellitscensmosaiker	35
3.6 Basklassning.....	35
3.7 Förändringsanalys	37
3.8 Utvärdering	37
3.9 Resultat	39
3.9.1 Förändringskartor	40
3.10 Utvärdering	44
3.10.1 Bedömning av myrmasken	44
3.10.2 Överensstämmelse för FI-ytorna	45
3.10.3 Överensstämmelse för referensytorna.....	50
3.10.4 Ingrepp/orsak	52
3.11 Exempelområden.....	55
4 Diskussion	71
4.1 Användningsområden	72
Referenser	73
Bilaga 1. Väderanalysdata	75

Sammanfattning

En satellitbaserad metodik för att identifiera snabba vegetationsförändringar i våtmarker har använts för att hitta områden med förändringsindikation. Undersökningsområdet, sydöstra Sverige, består av Gotlands, Kalmar, Stockholms, Södermanlands, Uppsala, Västmanlands och Östergötlands län. Projektet drivs inom ramen för den nationella miljöövervakningen och är tänkt att genomföras enligt ett löpande schema över landet fördelat på olika undersökningsområden.

Under perioden 2015-2016 utfördes "Satellitbaserad övervakning av våtmarker" i sydöstra Sverige. Den satellitbaserade övervakningen är utformad för att upptäcka markanvändningsrelaterade förändringar i öppna myrar i form av ökad biomassa/igenväxning. Till förändringsanalysen för en tidsperiod används två set av satellitdata, ett från en äldre tidpunkt "1999" (satellitdata främst från 1999 men även från 1997) och ett från en senare tidpunkt "2009" (satellitdata främst från 2009 men även från 2007 och 2010).

Förändrade områden delas in i två förändringsklasser; potentiell och säker förändringsindikation med en minsta karteringsenhet på 0,5 ha. Förändringsklasserna ger en direkt indikation på styrkan och omfattningen av förändringen. Förändringsklassningen redovisas även som förändringskartor: andel säker förändringsindikation per analyserad öppen myr presenterade inom olika områdes- eller regionindelningar. Exempel på intressanta områdesindelningar som redovisas är indexrutor 10km och delavrinningsområden.

Undersökningsområdet, d.v.s. "Öppen myr"-mask med undantag för fjällen, omfattar totalt ca 90 100 ha. Det analyserbara området, d.v.s. undersökningsområdet med undantag för moln m.m., motsvarar ca 90 % av det totala undersökningsområdet. Av det totala analyserbara området visade 1 180 ha (1,46 %) säker förändringsindikation och 850 ha (1,06 %) potentiell förändringsindikation.

Utvärderingen, som utfördes med hjälp av flygbildstolkning och fältbesök, visar att överensstämmelsen för de 141 slumpmässigt valda förändringsindikationsytorna ligger minst på 64 % och max på 91 %. Motsvarande överensstämmelse för de 47 slumpmässigt valda referensytorna ligger minst på 60 % och max på 85 %.

I utvärderingen dokumenteras alla ingrepp/orsaker som syns i ytorna och inom en 500 meter buffertzona. De ingrepp/orsaker som bedömdes vara mest relevanta för respektive utvärderingsyta fördelade sig enligt följande: Dikning (41 %), Vattennivåfluktuationer (16 %), Annan orsak (12 %), Sjösänkning (11 %) och torvtäkt (6 %).

Viktiga användningsområden är till exempel vid uppföljningen av skyddade områden och för att visa på skillnader mellan olika våtmarkstyper. Områden med stor andel förändring kan också vara ett underlag inför restaureringar av våtmarker.

1 Inledning

Sverige är ett av de våtmarksrikaste länderna i världen och mer än 20 % av vårt land är täckt av våtmarker (Löfroth, 1991). Cirka 40 % av dessa är öppna myrar, det vill säga myrar med en krontäckning på mindre än 30 %. Våtmarkernas stora variationsrikedom gör dem värdefulla för såväl arter knutna till våtmarkerna som för arter knutna till kringliggande ekosystem samt för rastande flyttfåglar. Trots deras betydelse har våtmarkerna sedan drygt ett sekel i stor utsträckning omförts till andra marktyper, framför allt inom ramen för skogs- och jordbruket, infrastruktur- och transportsektorena samt torvnäringen (Naturvårdsverket, 2007).

I skogslandskapet har under 1900-talet en omfattande markavvattning ägt rum, framför allt i syfte att öka skogsproduktionen på våtmarker, att säkra skogsmarkens produktionsförmåga och genom utbyggnaden av skogsbilvägnätet. Stora våtmarksarealer har även gått förlorade genom utvinning av torv och genom överdämning av våtmarksstränder i anslutning till sjöar och vattendrag som utnyttjas för kraftproduktion.

Våtmarkerna har en viktig roll för den biologiska mångfalden och 15 % av våra rödlistade arter förekommer på myrmarker eller sötvattenstränder (Naturvårdsverket, 2007). Många växter och djur är beroende av denna biotop och har därför missgynnats av igenväxning av tidigare öppna våtmarker. Igenväxning har orsakats av markavvattning, tillförsel av luftburna näringsämnen samt av att traditionell slåtterhävd och betesdrift upphört. Skogsbruket med dess markanvändning och skogsbilnätet kan också påverka det hydrologiska mönstret i och i anslutning till våtmarker, vilket kan medföra förändrade växtsamhällen.

1.1 Den nationella våtmarksinventeringen

Under åren 1981-2005 kartlades Sveriges våtmarker i den nationella våtmarksinventeringen, VMI. VMI baseras på tolkning av flygbilder i kombination med översiktlig fältinventering för beskrivning av myrvegetation.

Vid flygbildstolkningen bedömdes faktorer som grad och typ av ingrepp, beskogning, blöthet och hydrotopografi (Löfroth, 1991). Ett av huvudsyftena med VMI var att identifiera de värdefullaste våtmarkerna genom en naturvärdesbedömning av alla större våtmarker i landet. Redan från start fanns också målsättningen att bygga en grund för miljöövervakning av våtmarker.

Informationen från VMI har sammanställts i en nationell rapport (Gunnarsson & Löfroth, 2009). Men allteftersom tiden går blir informationen i inventeringen successivt inaktuell, framför allt gäller det skador på myrarnas vegetation och vattenföring som uppstår genom till exempel skogsbruk eller ny infrastruktur.

1.2 Habitatdirektivet och Natura 2000

I ett europeiskt perspektiv är det boreala myrlandskapet ett av de mest ursprungliga ekosystemen. EU:s habitatdirektiv ger Sverige ansvaret för att

gynnsam bevarandestatus uppnås och bibehålls för ett flertal våtmarkstyper och deras djur och växter. Ett av redskapen för att uppnå detta är Natura 2000 som utgör ett nätverk av EU:s mest skyddsvärda naturområden och skapades för att hejda utrotningen av växter och djur och för att bevara deras livsmiljöer för framtiden.

För att kunna bedöma och följa upp de nationella och regionala miljömålen samt bevarandestatus för våtmarker inom och utanför Natura 2000-nätverket behöver Naturvårdsverket och Länsstyrelsen kostnadseffektiva metoder som kan producera jämförbara resultat om våtmarkernas status vid återkommande tillfällen. Detta inkluderar information både vad gäller våtmarkstyp och förändring, liksom information om förändringar i omgivningen.

1.3 De svenska miljömålen

Det svenska miljömålssystemet innehåller ett generationsmål, sexton miljökvalitetsmål och fjorton etappmål (från Miljömål.se, 2013).

Generationsmålet anger inriktningen för den samhällsomställning som behöver ske inom en generation för att vi ska kunna nå miljökvalitetsmålen.

Miljökvalitetsmålen anger istället det tillstånd i miljön som miljöarbetet ska leda till, medan etappmålen anger steg på vägen till miljökvalitetsmålen och generationsmålet.

Riksdagens definition av generationsmålet (från Miljömål.se, 2013) är: "Det övergripande målet för miljöpolitiken är att till nästa generation lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen är lösta, utan att orsaka ökade miljö- och hälsoproblem utanför Sveriges gränser."

Fokus för miljöpolitiken ska ligga på att: ekosystemen har återhämtat sig, eller är på väg att återhämta sig, och deras förmåga att långsiktigt generera ekosystemtjänster är säkrad; att den biologiska mångfalden och natur- och kulturmiljön bevaras, främjas och nyttjas hållbart; samt att en god hushållning sker med naturresurserna.

1.3.1 Miljökvalitetsmålet Myllrande våtmarker

Det svenska miljömålssystemet innehåller sexton miljökvalitetsmål. Det elfte målet "Myllrande våtmarker" rör våtmarkerna och deras värden. Målet definition är: "Våtmarkernas ekologiska och vattenhushållande funktion i landskapet ska bibehållas och värdefulla våtmarker bevaras för framtiden." Men för att tydliggöra vad som syftas med målet anges ett antal preciseringar:

- Våtmarker av alla typer finns representerade i hela landet inom sina naturliga utbredningsområden.
- Våtmarkernas viktiga ekosystemtjänster som biologisk produktion, kollagring, vattenhushållning, vattenrening och utjämning av vattenflöden är vidmakthållna.

- Våtmarker är återskapade, i synnerhet där aktiviteter som exempelvis dränering och torvtäkter har medfört förlust och fragmentering av våtmarker och arter knutna till våtmarker har möjlighet att sprida sig till nya lokaler inom sitt naturliga utbredningsområde.
- Naturtyper och naturligt förekommande arter knutna till våtmarkerna har gynnsam bevarandestatus och tillräcklig genetisk variation inom och mellan populationer.
- Hotade våtmarksarter har återhämtat sig och livsmiljöer har återställts.
- Främmande arter och genotyper hotar inte den biologiska mångfalden.
- Genetiskt modifierade organismer som kan hota den biologiska mångfalden är inte introducerade.
- Våtmarkernas natur- och kulturvärden i ett landskapsperspektiv är bevarade och förutsättningarna finns för fortsatt bevarande och utveckling av värdena.
- Våtmarkernas värde för friluftsliv är värnade och bibehållna och påverkan från buller är minimerad.

Några av preciseringarna kan få mer tydliga svar med denna inventering av vegetationsförändringar i öppna myrar, och då främst de som rör ekosystemtjänsternas vidmakthållande och naturtypers bevarandestatus.

1.4 Utveckling av satellitbaserad våtmarksövervakning

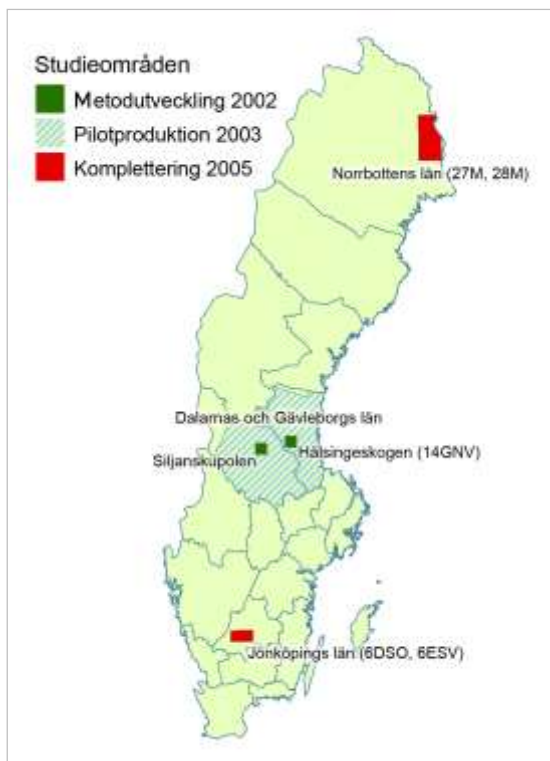
För att kunna följa upp nationella och regionala miljömål samt status för våtmarker inom EU:s art- och habitatdirektiv behövde Naturvårdsverket och länsstyrelsen utveckla effektiva övervakningsmetoder. Satellitbildstekniken bedömdes vara en lämplig metod eftersom den möjliggör återkommande, aktuella analyser av både våtmarkernas växtlighet och ingrepp i omgivningen. Satellitbildstekniken innebär att heltäckande homogena och jämförbara övervakningsdata kan produceras kostnadseffektivt över större regioner. VMI och satellitbildstekniken är båda inriktade på att dokumentera förändringar i markanvändningen.

Metoden för "Satellitbaserad övervakning av våtmarker" har utvecklats i pilotprojekt i nära samarbete med Länsstyrelserna Dalarna, Gävleborg, Jönköping och Norrbotten samt Naturvårdsverket och Rymdstyrelsen.

Under arbetets gång har syftet varit att ta fram ett satellitbildsbaserat operationellt koncept för övervakning och uppföljning av förändringar hos våtmarker. Målet har varit att utveckla en metod som kan användas för både regional och nationell uppföljning av tillståndet i våtmarkerna.

Under 2002 genomfördes ett utvecklingsarbete (Boresjö Bronge, 2006) som innebar metodutveckling och test av framtagen metod i Siljanskupolen i Dalarna

respektive Hälsingeskogen i Gävleborgs län (Figur 1). Båda områdena är myrrika och omfattar myrar av många olika typer. Metodutvecklingen bedrevs huvudsakligen inom Siljans-kupolen över vilken ett stort antal överlappande satellitscener fanns att tillgå. Detta gav möjlighet att ingående analysera olika myrars spektrala signaturer och uppträdande i tiden med avseende på fenologi och väderförhållanden. Framtagen metod testades sedan i Hälsingeskogen och en preliminär utvärdering genomfördes med lovande resultat.



Figur 1. Studieområden i utvecklingsarbetet 2002 i Siljanskupolen och Hälsingeskogen, pilotproduktion 2003 i Dalarnas och Gävleborgs län, samt kompletterande områden 2005 i Norrbottens och Jönköpings län.

Metoden användes under 2003 för en pilotproduktion (Boresjö Bronge, 2006) av förändringsinformation över Dalarna och Gävleborgs län där lämpliga områden med täckande satellitdata funnits att tillgå (Figur 1).

För att erhålla ett utökat underlag för metodens användbarhet i ett nationellt perspektiv och få bättre möjligheter att specificera metod och kostnader för operationell våtmarksuppföljning utvidgades projektet (Boresjö Bronge, 2006) med stöd från Naturvårdsverket så att den år 2005 kunde testas i ytterligare två strategiskt valda områden, Jönköping respektive Norrbottens län (Korpilombolo och Pajala), innan slutgiltig metodik fastlades (Figur 1).

De utvidgade studierna sammanställdes till en rapport (Boresjö Bronge, 2006) där resultat och slutsatser ställts samman från de ovanstående utvecklingsuppdrag och denna ligger till grund för metodiken som används i detta förändringsanalytiska arbete.

Länsstyrelsen Gävleborg valde efter den första förändringsanalysen att genomföra en fördjupad uppföljning av vegetationsförändringar i våtmarker med höga naturvärden (Jonson, 2007). Av länets mest värdefulla våtmarker visade en fjärdedel indikation på vegetationsförändringar under pilotstudien. Vid fältkontroll kunde en 84 procentig ökning av biomassa konstateras i dessa våtmarksområden. I 28 % berördes mer än 5 % av området och den vanligaste orsaken i dessa fall var nya diken som tillkommit efter 1980-talets våtmarksinventering. Detta har stärkt arbetsmodellen och var ett första prov på metodens användbarhet. Metoden gör det möjligt att kostnadseffektivt framställa heltäckande, enhetliga och jämförbara övervakningsdata över större områden.

Den slutgiltiga metoden för utvärdering av resultatet från förändringsanalysen togs fram då den operationella våtmarksövervakningen påbörjades i och med inventeringen i Norrbottens län 2007-2009 (Backe et al, 2012). Därefter har samma arbetssätt använts i de följande länsgrupperna.

1.5 Naturvårdsverkets nationella miljöövervakningsprogram

Sedan 2007 ingår "Satellitbaserad övervakning av våtmarker" i Naturvårdsverkets nationella miljöövervakningsprogram och inom en tioårsperiod ska det första inventeringsvarvet vara genomfört i hela Sverige (Figur 2).

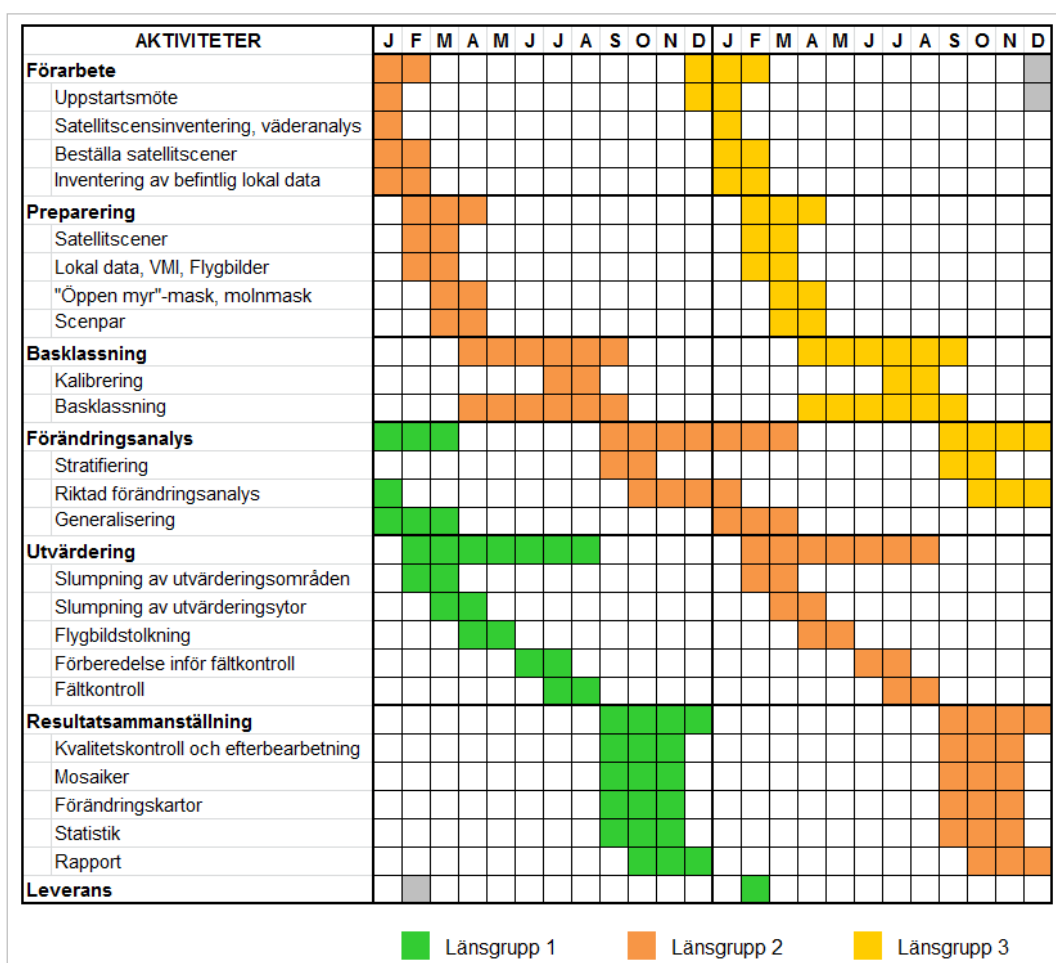


Figur 2. Tidplan för genomförande av förändringsanalysens första inventeringsvarv.

Arbetet utförs inom Naturvårdsverkets ramavtal med experter på satellitövervakning och sker i nära samarbete med berörda länsstyrelser. De större norrlandslänen behandlas separat medan de mindre länen samkörs i länsgrupper för att undersökningen ska bli kostnadseffektiv. Varje län eller länsgrupp tar cirka två år att färdigställa.

Satellitbaserad övervakning av våtmarker har genomförts i Norrbotten 2007-2009 (Backe et al, 2012), i Västerbotten 2009-2011 (Eriksson et al, 2012) i Jämtland/Västernorrland 2011-2012 (Hahn et al, 2013), i Dalarna/Gävleborg 2012-2014 (Hahn et al, 2015) och i Värmland/Västra Götaland/Örebro 2014-2015 (Hahn & Wester, 2015).

För att ytterligare skynda på processen genomförs två län/länsgrupper samtidigt med visst överlapp. Bearbetningsrutinerna har utarbetats under utvecklingsprojekten och det gäller alla steg i arbetet. Nedan visas de huvudsakliga aktiviteterna (Figur 3). I kapitel 2 beskrivs tillvägagångssättet mer i detalj.



Figur 3. Huvudsakliga aktiviteter. Varje län eller länsgrupp tar cirka två år att färdigställa. För att ytterligare skynda på processen genomförs två län/länsgrupper samtidigt med visst överlapp.

2 Nationell metodik för satellitbaserad våtmarksövervakning

Det nationella övervakningsområdet omfattar hela Sverige med undantag för fjällen (Figur 4). Anledningen till att fjällregionen inte ingår beror dels på att underlaget för "öppen myr"-masken i fjällen är sämre än för skogslandet, dels på att fenologiska problem är en mer vanligt förekommande felkälla beroende på en kortare vegetationsperiod samt att kunskapen om våtmarkstyperna i fjällregionerna är sämre än nere i skogslandet där VMI har bidragit till en bättre kännedom om myrvegetationen.

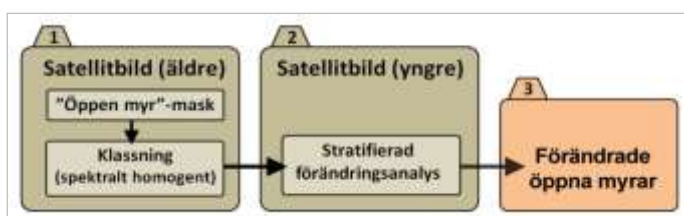


Figur 4. Nationellt övervakningsområde där öppen myr visas i gult, skog i grönt, jordbruksmark i brunt och fjällregionen i grått.

Den satellitbaserade övervakningen av våtmarker består av följande arbetsmoment: förarbete, preparering, basklassning, förändringsanalys, utvärdering, resultatsammanställning och slutleverans.

Förenklat kan förändringsanalysen ses som en trestegsraket (Figur 5) med följande steg:

1. En basklassning genomförs där den öppna myren delas in i ca 20 spektralt homogena basklasser. Basklassindelningen görs semi-automatiskt i den äldsta satellitbilden i en hierarkisk beslutsprocess.
2. Här undersöks om basklasserna vid nästa tidpunkt fortfarande är spektralt homogena eller om de har förändrats. Förändringsanalysen görs stratifierat, dvs. separat för varje basklass. Ytor inom basklassen som har förändrats mer än basklassen i stort ges en förändringsindikation som läggs ihop för samtliga basklasser till det slutliga resultatet.
3. Här redovisas var och hur mycket den öppna myren förändrats under tioårsperioden.



Figur 5. Schematisk beskrivning av förändringsanalysen. I steg 1 används den äldre satellitbilden tillsammans med en "öppen myr"-mask från digital karta. Den öppna myren delas in i ca 20 spektralt homogena basklasser. I steg 2 används den yngre satellitbilden för att undersöka om basklasserna förändrats spektralt. I steg 3 redovisas var och hur mycket öppen myr förändrats under tioårsperioden.

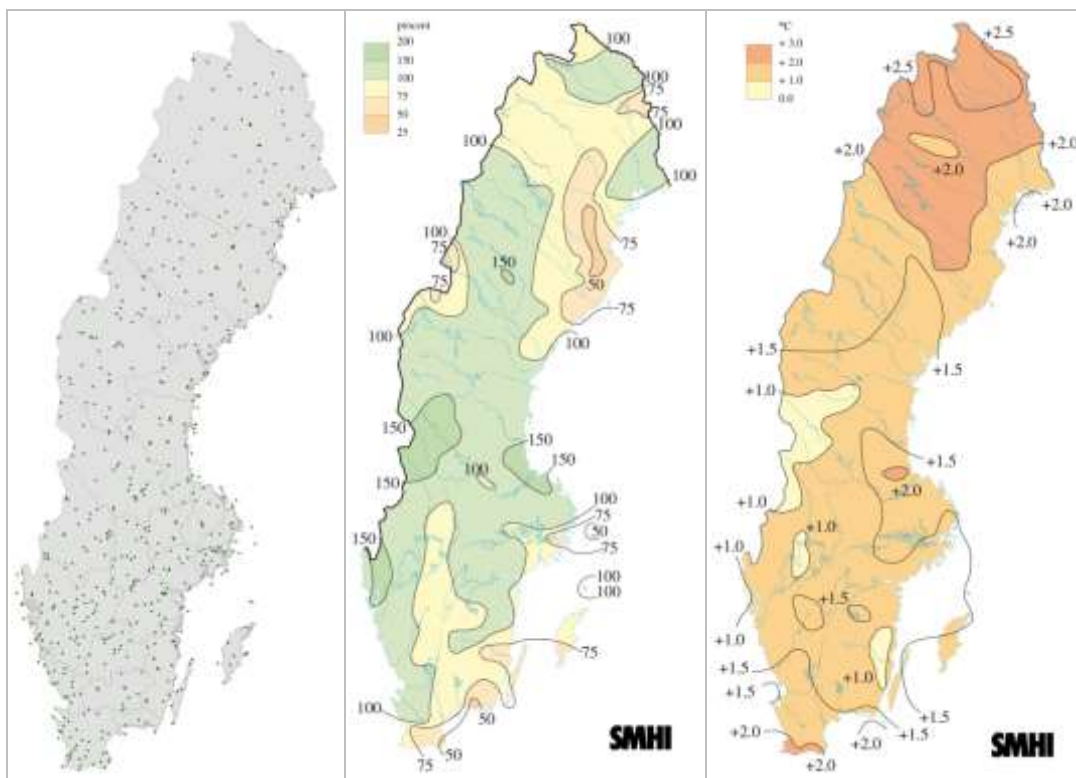
2.1 Förarbete inför analysen

Förändringsanalysen baseras på Landsat TM/ETM satellitdata. I varje analys studeras förändringar i satellitscener från två tidpunkter med ca 10-års mellanrum.

2.1.1 Val av satellitscener och väderanalys

För att undvika att skillnader i resultat som beror på väderförhållanden mellan olika år görs en analys av väderförhållanden för de ingående scenerna. Viktigt är då att undersöka om det är ovanligt blött i markerna vid tidpunkten då satellitscenen togs eller om det finns andra anledningar att anta förändrad vegetationsutveckling (fenologi). För att minimera att myrarnas fenologi ska vara olika mellan tidpunkterna eftersträvas i urvalet av scener att de är registrerade mellan 20 juni och 15 augusti.

I väderanalysen samlas data in från SMHIs väderstationer avseende medelnederbörd, medeltemperatur och antal frostnätter. Väderanalysen innehåller huvudsakligen stationer i aktuell länsgrupp, men även stationer från angränsande län för att erhålla en större geografisk spridning (Figur 6).



Figur 6. Data till väderanalys. Väderstationer (till vänster). Nederbörden i procent av den normala (i mitten). Medeltemperaturens avvikelse från normalvärdet i °C (till höger). (SMHI, 2009).

2.2 Preparering av bakgrundsdata inför analysen

För att kunna genomföra förändringsanalysen krävs att man parar ihop de två scenernas tidpunkter till ett scenpar. Undersökningsområdet kommer att bestå av ett lapptäcke av scenpar. Dessutom måste man ta bort områden från scenerna som inte är intressanta eller meningsfulla att analysera. Detta görs genom att lägga på fjäll-, myr- och molnmasker.

Fjällmasken tar bort området som utgörs av fjällregionen (Figur 4) eftersom dessa myrar, liksom VMI, inte ingår i analysen.

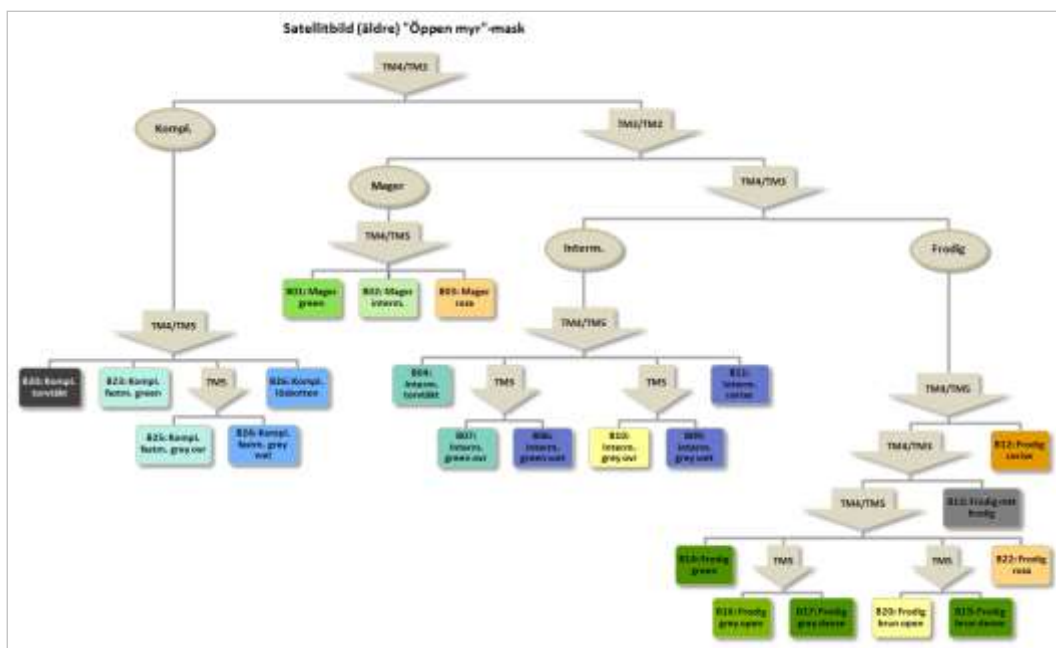
Myrmasken hämtas från Svenska MarktäckeData (SMD), där alla Sveriges markklasser ingår. Eftersom analysen endast berör öppen myr kodas bara markklasserna "Limnologiska våtmarker", "Blöt myr", "Övrig myr" och "Torvtäkt" om för att bilda "öppen myr"-mask (Figur 4).

Molnmasken skapas för varje satellitscen där områden som täcks av moln, molnskugga och molnslöja ingår. Molnen identifieras och klassas med TM1 (Landsat TM band 1), och eftersom molnområden ofta uppvisar tunnare moln i anslutning till mer homogena moln inkluderas även ett buffertområde på 150 m utanför själva molnen i molnmasken. För att hitta och klassa molnskugga skapas en kvot mellan TM2 och TM1. Därefter klassas molnskuggor också fram genom så kallad spektral tröskling. Molnslöjor identifieras och klassas manuellt.

Maskerna läggs över varandra och bildar tillsammans avgränsningarna för det öppna våtmarksområdet som undersöks i analysen.

2.3 Basklassning

Basklassningen görs i scenparets äldre satellitscen. Basklassningen särskiljer spektralt homogena våtmarksenheter som sedan utgör grunden för den riktade förändringsanalysen som genomförs i nästa steg. Basklassningen utförs i steg där enskilda band samt kvoter mellan band används för att separera basklasserna åt (Figur 7). De band och bandkvoter som används vid basklassningen är följande: TM5-bandet, TM3/TM2-kvoten, TM4/TM3-kvoten och TM4/TM5-kvoten.



Figur 7. Struktur för hur basklassningen är hierarkiskt uppbyggd. Indelningen i klasser sker i tur och ordning enligt flödesschemat.

Exakt vilka basklasser som urskiljs och vilka bandkvoter som används, beror på vilka myrtyper som förekommer inom aktuellt område och i viss mån också på registreringstidpunkt (även om den senare faktorn minimerats i största möjliga mån genom att välja bilder inom samma period på året).

Beslutsgränserna sätts interaktivt i satellitbilden och som stöd för bedömningen används information från flygbildstolkning och/eller fältkalibrering. Basklassningsmetoden är en vidareutveckling av framtagen metodik för våtmarksklassificeringen för Svenska Marktäckedata (Boresjö Bronge & Näslund-Landenmark, 2002).

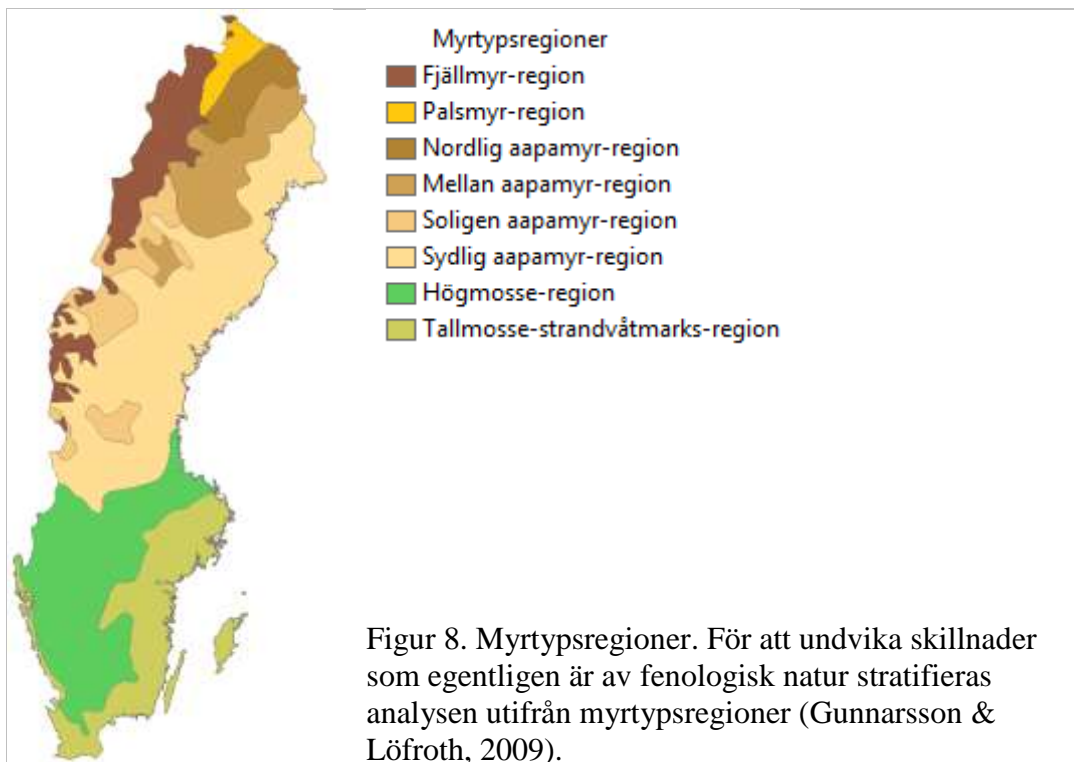
FAKTARUTA. Myrvegetationstypskarta för öppen myr baserat på översättningstabell från basklassningens våtmarksenheter till välkända hydrologiska vegetationstyper.

Basklassningen är egentligen en biprodukt som används för den riktade förändringsanalysen, men den har ett värde i sig genom att det är en heltäckande kartering av myrvegetation inom masken för öppen myr. Klasserna baseras på i satellitbild spektralt homogena ytor och är därför inte direkt översättningsbara till de traditionella myrvegetationstyperna som beskrivs i bl.a. Vegetationstyper i Norden (Nordiska ministerrådet, 1994). Utvärderingar av basklassningen har utförts som syftar till att beskriva basklassernas innehåll samt sätta namn i form av välkända hydrologiska myrvegetationstyper (Backe et al, 2012). För tillfället finns myrvegetationstypskartor för Norrbottens, Dalarnas och Gävleborgs län, som en del av resultatet från inventeringen (Hahn et al, 2014; Hahn et al, 2016).

2.4 Förändringsanalys

2.4.1 Stratifiering utifrån myrtypsregioner

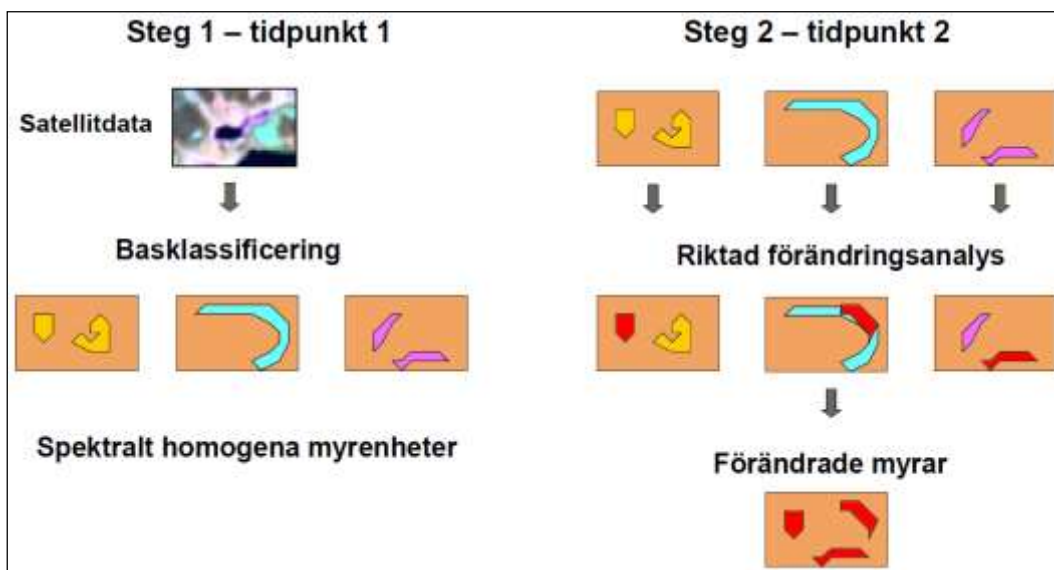
Scenparen täcker ibland stora områden och trots att de två satellitscenerna är registrerade inom ett jämförbart tidsspänn så kan det inom scenen förekomma skillnader i växtfas mellan olika regioner. För att undvika skillnader i förändringsanalysen som egentligen är av fenologisk natur stratifieras analysen utifrån myrtypsregioner (Figur 8).



De myrtypsregioner som används är de som beskrivs i VMI-rapporten (Gunnarsson & Löfroth, 2009).

2.4.2 Förändringsanalysens metodik

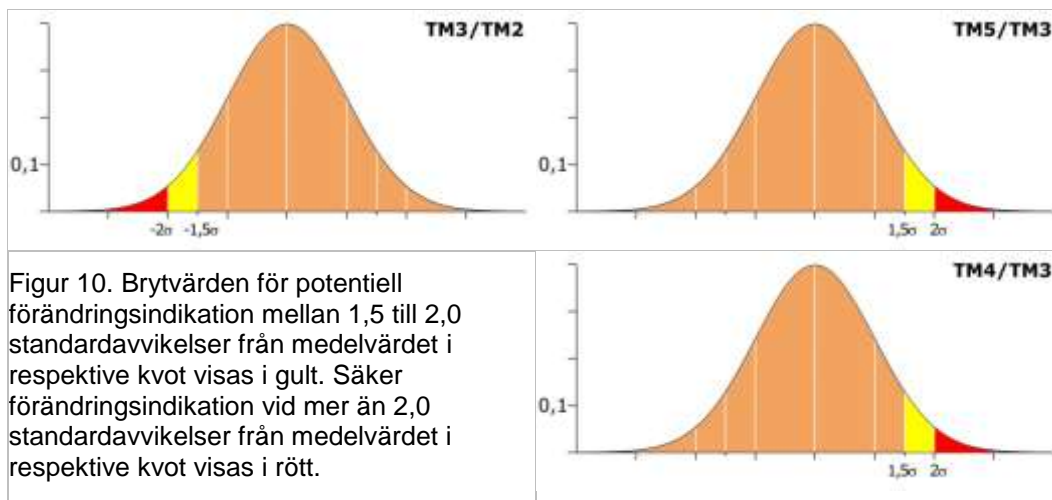
Eftersom myrtyperna avgränsas (i basklassningen) vid tidpunkt 1 så kan spektralt avvikande myrar, dvs. förändrade myrar, sökas genom riktad förändringsanalys inom basklasserna vid tidpunkt 2 (Figur 9).



Figur 9. Principskiss av den riktade förändringsanalysens olika steg. Från Boresjö Bronge (2006). Röda fält i steg 2 indikerar områden med förändringsanalys.

Förändringsanalysen görs utifrån objektspecifika spektrala parametrar och även här utnyttjas bandkvoter. I analysen används de basklasser som genererades i basklassningen. Inom var och en av dessa klasser söks avvikande våtmarker ut. Utsökningen görs genom att räkna ut medelvärden och standardavvikelsena för de olika klasserna i den yngre scenen för tre bandkvoter (se nedan). Dessa kvoter är designade för att identifiera ökad biomassa (igenväxning).

Förändrade områden delas in i två förändringsklasser: potentiell och säker förändringsindikation. **Potentiell förändringsindikation** är en mindre stark förändringsindikation och definieras som ytor med mellan 1,5 till 2,0 standardavvikelsers förändring i förhållande till medelvärdet i den kvot som använts (där tecken på standardavvikelsen beror på använd kvot), se Figur 10. **Säker förändringsindikation** är en starkare förändringsindikation, och definieras som ytor med mer än 2,0 standardavvikelsers förändring i förhållande till medelvärdet i den kvot som använts (Figur 10).



Kvoterna som används för att identifiera områden med ökad biomassa (igenväxning) är: TM3/TM2-kvoten i kombination med TM5/TM3-kvoten och TM4/TM3-kvoten. För varje basklass beräknas "brytvärden" enligt följande (Figur 10):

- Ökad biomassa (igenväxning) söks i TM3/TM2-kvoten med hjälp av brytvärdena -1,5 samt -2 standardavvikelser i förhållande till medelvärdet.
- Ökad biomassa (igenväxning) söks i TM5/TM3-kvoten med hjälp av brytvärdena 1,5 samt 2 standardavvikelser i förhållande till medelvärdet.
- Ökad biomassa (igenväxning) söks i TM4/TM3-kvoten med hjälp av brytvärdena 1,5 samt 2 standardavvikelser i förhållande till medelvärdet.

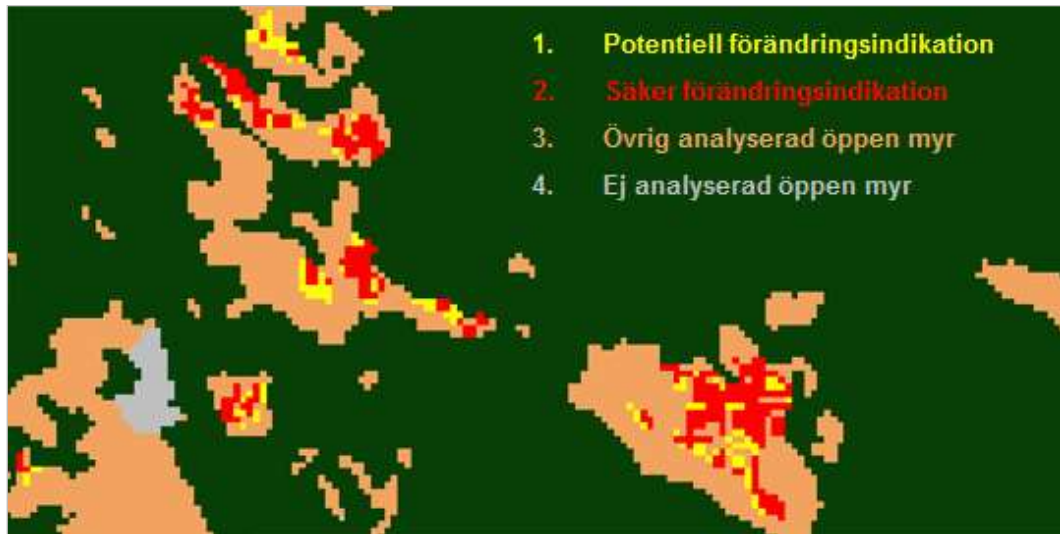
2.4.3 Generalisering av delresultat

De olika delresultaten läggs ihop för varje basklass (Figur 9) varefter förändringsklasserna generaliseras till en minsta karteringsenhet på 0,5 ha, dvs. ströpixlar tas bort om de inte är större än 8 sammanhängande pixlar. Detta görs för att minska antalet små ytor som av olika slumpfaktorer kan ha avvikande spektralmönster. Slutligen skapas ett slutresultat med förändringsklasser för samtliga basklasser (Figur 9).

2.4.4 Förändringsklassning

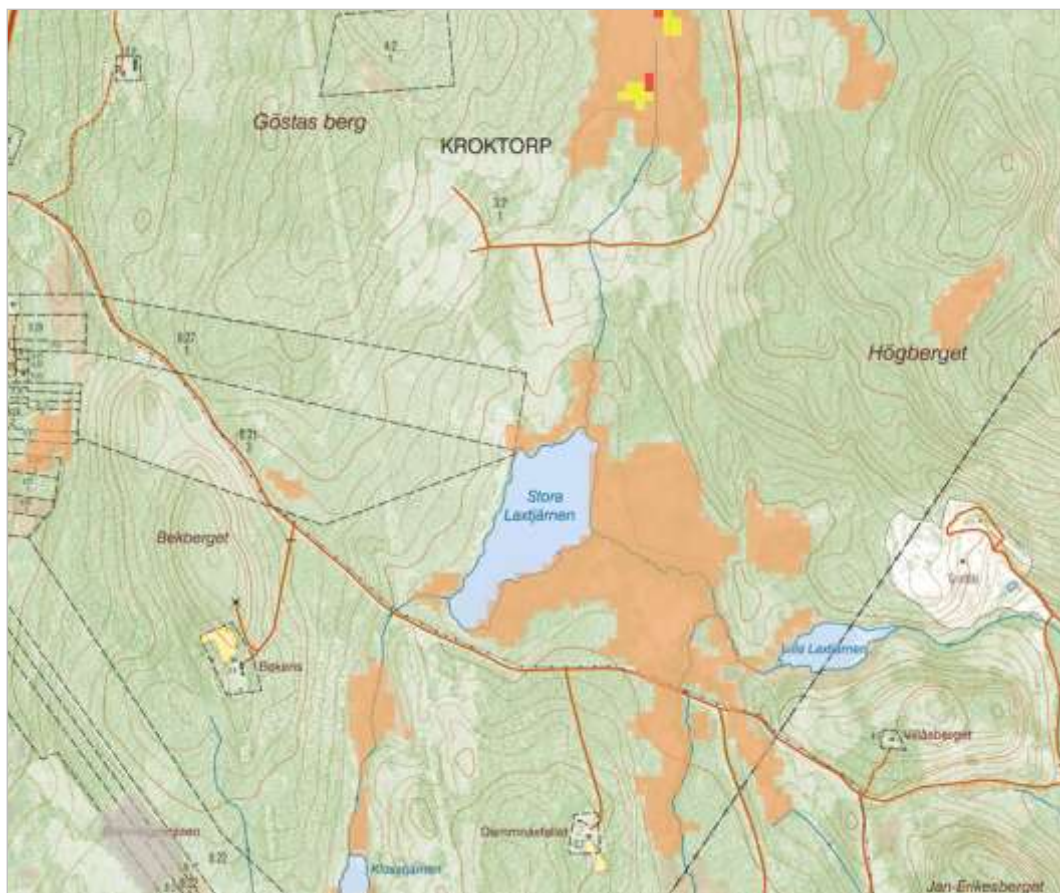
Förändringsanalysen resulterar i en förändringsklassning med fyra klasser som tillsammans bildar den öppna myren (Figur 11).

- F-klass 1: Potentiell förändringsindikation
- F-klass 2: Säker förändringsindikation
- F-klass 3: Övrig analyserad öppen myr
- F-klass 4: Ej analyserad öppen myr



Figur 11. Exempel på förändringsklassning för ett 2 km x 4 km stort område.

Exempel på förändringsindikation som upptäckts med hjälp av den satellitbaserade förändringsanalysen visas nedan (Figur 12).



Figur 12. Ett exempel på hur förändringsklasserna visas i öppen myr med fastighetskartan i bakgrunden. Observera förändringsområdena runt diket i norra delen av utsnittet. Som bakgrundskarta ligger fastighetskartan.

2.5 Utvärdering

Efter att man fått ett heltäckande skikt med ytor med förändringsindikation utvärderas hur stor andel av ytorna som är verklig förändring och vad som i så fall kan ha orsakat denna förändring.

2.5.1 Utvärderingsområden

Undersökningsområdet täcker en stor yta och för att utvärderingen ska bli kostnadseffektiv slumpas ett fåtal större (ca 1 500 km²) utvärderingsområden ut. Ett lämpligt krav i samband med fördelningen av utvärderingsområdena är att de bör fördelas på olika myrtypsregioner (Gunnarsson & Löfroth, 2009).

2.5.2 Utvärderingsytor

För att få ett representativt stickprov av utvärderingsytor slumpas inom respektive utvärderingsområde ytor á 0,5 ha ut, både bland förändringsindikationsytor (FI-ytor) och oförändrade referensytor.

FI-ytorna bör utgöra ca 80 % av utvärderingsytorna och slumpas ut inom förändrad våtmark oavsett basklass eller grad av förändringsindikation (säker samt potentiell förändringsindikation). Referensytorna bör således utgöra ca 20 % av utvärderingsytorna och slumpas ut inom de icke-förändrade områdena i "öppen myr"-masken.

2.5.3 Flygbildstolkning inom utvärderingen

Ett syfte med flygbildstolkningen är att bekräfta om förändring skett och förklara vad anledningen till förändringen var. Ett annat syfte är indikera vilka utvärderingsytor som behöver fältkontrolleras. Ytor som inte ligger inom öppen myr samt ytor där tydliga ingrepp och ökad tillväxt kan ses i flygbild behöver i regel inte besökas i fält.

De parametrar som samlas in vid flygbildstolkningen beskrivs dels inom de utslumpade 0,5 ha stora utvärderingsytorna och dels inom en radie av 500 m kring ytan (Figur 13). Flygbildstolkaren får inte veta om utvärderingsytan är en FI-yta eller en referensyta. De insamlade parametrarna beskrivs utförligare av Backe et al (2012).

De parametrar som noteras inom utvärderingsytan vid flygbildstolkning är:

- **Passning av "Öppen myr"-mask.** Eftersom myrmasken ibland inte är helt korrekt görs en kontroll om utvärderingsytan ligger inom öppen myr.
- **Krontäckning.** En uppskattning av trädskiktets krontäckning inom utvärderingsytan.
- **Typ av förändring.** Här beskrivs den typ av förändring som kan ses i flygbild vid jämförelse mellan det äldre och det yngre underlaget, exempelvis upphörd hävd eller uppslag av sly.



Figur 13. Vid utvärderingens flygbildstolkning beskrivs parametrar dels inom den 0,5 ha stora utvärderingsytan (röd linje) samt inom en radie av 500 m kring ytan (blå linje).

De parametrar som noteras inom en radie på 500 m zon kring utvärderingsytan vid flygbildstolkning är:

- **Ingrepp.** Här noteras olika mänskliga ingrepp i myren eller dess omgivning inom 500 m-ytan. Avstånd och riktning till ingrepp från utvärderingsytan anges samt ingreppets relevans för förändring i utvärderingsytan.
- **Förklaring till förändring.** Här beskrivs om den eventuella förändringen kan beskrivas av ingrepp i tre klasser:
 - *Förklaras med tydliga ingrepp.* Anges om det finns en tydlig koppling mellan ingreppet och ev. förändring i utvärderingsytan.
 - *Förklaras eventuellt med tydliga ingrepp.* Anges om det finns en möjlig koppling mellan ingrepp och ev. förändring i ytan.
 - *Förklaras inte med tydliga ingrepp.* Det finns inget samband mellan ingrepp och ev. förändring i ytan.

Ett utvärderingsprotokoll har tagits fram för att underlätta både vid flygbildstolkningen och vid eventuella fältbesök (Figur 14).

Figur 14. Utvärderingsprotokoll för en yta med ingreppen dikning, väg och hygge. I detta exempel har dikning den högsta relevansen.

2.5.4 Fältkontroll

Syftet med fältkontrollen är att bekräfta om förändring skett och förklara vad anledningen till förändringen var.

I likhet med flygbildstolkningen beskrivs fältparametrar dels inom den 0,5 ha stora utvärderingsytan samt inom en radie av 500 m kring ytan. Vid fältkontrollen beskrivs ytan utan vetskap om det är en FI- yta eller en referensyta. Utförligare beskrivning av de insamlade fältparametrarna ges i Backe et al (2012).

Parametrar inom utvärderingsytan som uppges vid fältkontroll är följande:

- **Myrtyp.** För varje utvärderingsyta beskrivs typ med avseende på VMI delobjektstyp, hydrologisk vegetationstyp, vegetationens enhetlighet/homogenitet och Natura 2000 naturtyp.
- **Trädsikt.** Här beskrivs trädsiktet med avseende på krontäckning, träslag och trädålder.
- **Busk- och fältskikt.** Här beskrivs busk- och fältskikt med avseende på förekomst av buskar och frodigt fältskikt.
- **Ingrepp.** Mänskligt skapade ingrepp som kan förklara förändringen uppges och rangordnas efter relevans.

Efter att ovanstående parametrar i fältprotokollet fylls i får fältinventeraren reda på om ytan är en FI-yta eller referensyta.

2.5.5 Slutlig bedömning av utvärderingsyta

Avslutningsvis görs en slutlig bedömning/förklaring till förändringsindikationen indelad i fyra kategorier:

- **Verifierad förändring.** En förändring av ytan som går att bekräfta i flygbild eller i fält. Det kan t.ex. vara tillväxt eller förtätning av träd, buskar eller fältskikt.
- **Svårbedömt men komponenterna finns.** Förändringen är svår att bekräfta i flygbild eller i fält. De s.k. komponenterna för frodig vegetation utgörs av förekomst av t.ex. dvärgbjörk, vide, björk, vattenklöver samt bredbladiga gräs- och halvgräs. En förtätning av dessa komponenter är mycket svår att bekräfta.
- **Blöthet i ena scenen.** Att extra högt eller lågt vattenstånd (blötheten) i den ena satellitscenen förklarar att ytan fallit ut som förändrad.
- **Inget som tyder på förändring.** Inget som tyder på förändrad vegetation kan ses i fält eller i flygbild, exempelvis saknad av uppslag/förtätning av buskar, träd eller enbart liten mängd frodig vegetation.

2.6 Resultatsammanställning

De preliminära resultaten från förändringsanalysen och utvärderingen granskas före den slutliga leveransen. Eventuella felaktigheter korrigeras och ett slutresultat sammanställs på läns- eller länsgruppsnivå.

2.6.1 Förändringsklassning

Den viktigaste slutprodukten av förändringsanalysen är förändringsklassningen. Det skikt som levereras är de analyserade myrarna uppdelat på de fyra förändringsklasserna, där F-klass 1 och 2 visar potentiell förändringsindikation respektive säker förändringsindikation (Figur 11).

2.6.2 Förändringskartor och miljömålsindikatorer

För att kunna följa upp de sexton svenska miljö kvalitetsmålen behövs miljömålsindikatorer. I Miljömålsportalen (Miljömål.se, 2013) beskrivs att miljömålsindikatorerna är hjälpmedel som förmedlar information om utvecklingen i miljön och ger hjälp i uppföljning och utvärdering. En viktig del i arbetet har därför varit att hitta ett sätt att redovisa förändringsresultatet på ett relevant och lättbegripligt sätt som kan vara till grund för en miljömålsindikator.

Några olika förslag till miljömålsindikatorer, här kallade förändringskartor, har testats i syfte att på ett tydligare sätt redovisa resultatet från förändringsanalysen. Ett lämpligt och flexibelt sätt är att redovisa förändringsresultatet som **andel Säker förändringsindikation per Analyserad myr** för olika områdes- eller regionsindelningar.

Följande indelningsgrunder har angetts, med datakälla inom parentes:

- Län (Geografiska Sverige Data, GSD)
- Kommuner (GSD)
- Indexrutor 10 km (Lantmäteriet)
- Delavrinningsområden (SMHI)
- Huvudavrinningsområden (SMHI)
- Naturgeografiska regioner (Nordiska ministerrådet 1984)
- Myrtypsregioner (Gunnarsson & Löfroth 2009)

2.6.3 Leverans

Den slutgiltiga produkten levereras till de berörda länsstyrelserna samt lagras lokalt tills det att datavärdskap har fastställts. Berörda länsstyrelser gör eventuellt en offentlig rapport, som redovisar förändringsanalysens resultat, utav den rapport som levereras vid slutleveransen.

I analysen arbetar man med enskilda scener och scenpar men slutresultaten är mosaiker som består av flera bilder som lagts samman för att täcka hela undersökningsområdet och det är mosaikerna som levereras vid slutleveransen. Som ett exempel på en mosaik visas här en nationell mosaik som består av storleksordningen 100 satellitbilder (Figur 15).



Figur 15. En Sverigemosaik som består av ett stort antal satellitbilder som lagts samman. (Landsat Imagery, ESA/Eurimage, 1997-2002.)

Nedan listas översiktligt vad som ingår i leveransen till länsstyrelsen.

- Förändringsklassning
- Förändringskartor indelat efter:
 - Län
 - Kommuner
 - Indexrutor 10 km
 - Delavrinningsområden
 - Huvudavrinningsområden
 - Naturgeografiska regioner
 - Myrtypsregioner
- Satellitscenmosaiker för respektive tidpunkt
- Basklassning
- Utvärdering och kalibrering:
 - Shape-filer som visar var ytorna finns
 - Prokokoll i Excel-format med data från flygbildstolkning och fältbesök
 - Fotodokumentation
- Områdesgränser
 - Undersökningsområde
 - Scenparsgränser
 - Utvärderingsområden
- Dokument
 - Detaljerad leveransdokumentation
 - Slutrapport

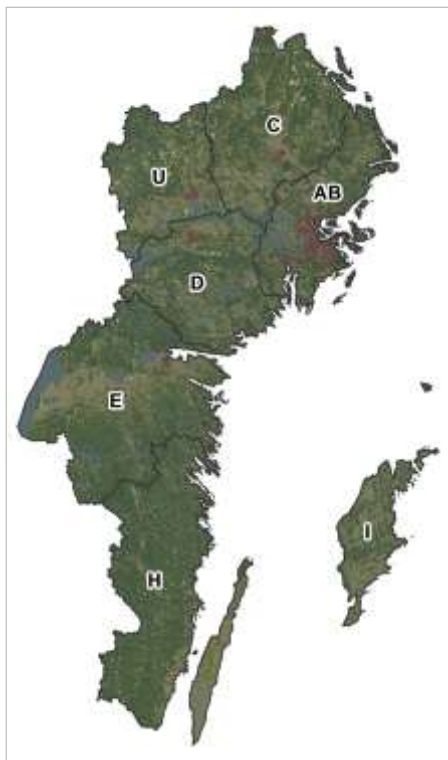
3 Våtmarksövervakningen i sydöstra Sverige

Det praktiska arbetet med "Satellitbaserad övervakning av våtmarker" har genomförts under perioden 2015 - 2016 av Brockmann Geomatics i nära samarbete med länsstyrelsen i Gotlands, Kalmar, Stockholms, Södermanlands, Uppsala, Västmanlands och Östergötlands län där Tomas Johansson (Länsstyrelsen Gotland), Thomas Johansson (Länsstyrelsen Kalmar), Mats Thuresson (Länsstyrelsen Stockholm), Karin Brink (Länsstyrelsen Södermanland), Fredrik Söderman (Länsstyrelsen Uppsala), Henrik Berg (Länsstyrelsen Västmanland) och Nicklas Jansson (Länsstyrelsen Östergötland) varit kontaktpersoner.

Utöver kontaktpersonerna har följande medarbetare på Länsstyrelsen bidragit med bland annat rapportskrivning och lokal expertkunskap. Från Länsstyrelsen Kalmar har Susanne Forslund och Tomas Järnetun medverkat, från Länsstyrelsen Västmanland har Per Hedenbo medverkat. Lisa Tenning (Länsstyrelsen Jämtland) och Olle Kellner (Länsstyrelsen Gävleborg) har hjälpt till i fält. Tommy Löfgren från NaturGIS har utfört flygbildstolkning.

3.1 Om länsgruppen

Den öppna myren definieras av markklasserna: limnologiska våtmarker, blöt myr, övrig myr och torvtäkt i de geografiska data från Svenska MarktäckeData (SMD). För hela länsgruppen omfattar den öppna myrmasken ca 90 100 ha (Figur 16).



Figur 16. Undersökningsområdet (med länsbokstäver) där öppen myr visas i gult.

Arealen öppen myr för respektive län är enligt följande: Gotlands län (länsbokstav I) ca 6 600 ha, Kalmar län (H) ca 15 100 ha, Stockholms län (AB) ca 5 800 ha, Södermanlands län (D) ca 10 200 ha, Uppsala län (C) ca 18 300 ha, Västmanlands län (U) ca 20 500 ha och Östergötlands län (E) ca 13 600 ha.

Två myrtypsregioner förekommer i länsgruppen (Figur 17) med olika karaktäristika myrtyper (Gunnarsson & Löfroth 2009). Länsgruppen domineras av tallmosse-strandvåtmarks-regionen som främst består av limniska eller marina strandvåtmarker. Längst i norr finns högmosseregionen vilken främst består av olika typer av högmossar.



Figur 17. I länsgruppen förekommer två myrtypsregioner, högmosse-region och tallmosse-strandvåtmarks-region.

Den terrängtyp som dominerar denna länsgrupp är subkambriskt peneplan (Fredén 1998). I Stockholms län och centrala delen av Östergötlands län är terrängtypen istället sprickdalslandskap. Öland och Gotland hör till den terrängtyp som karaktäriseras av slätter på sedimentär berggrund.

3.2 Val av satellitdata

Till förändringsanalysen av en tidsperiod används två set av satellitdata, ett från en äldre tidpunkt och ett från en yngre tidpunkt.

Ingående tidpunkter:

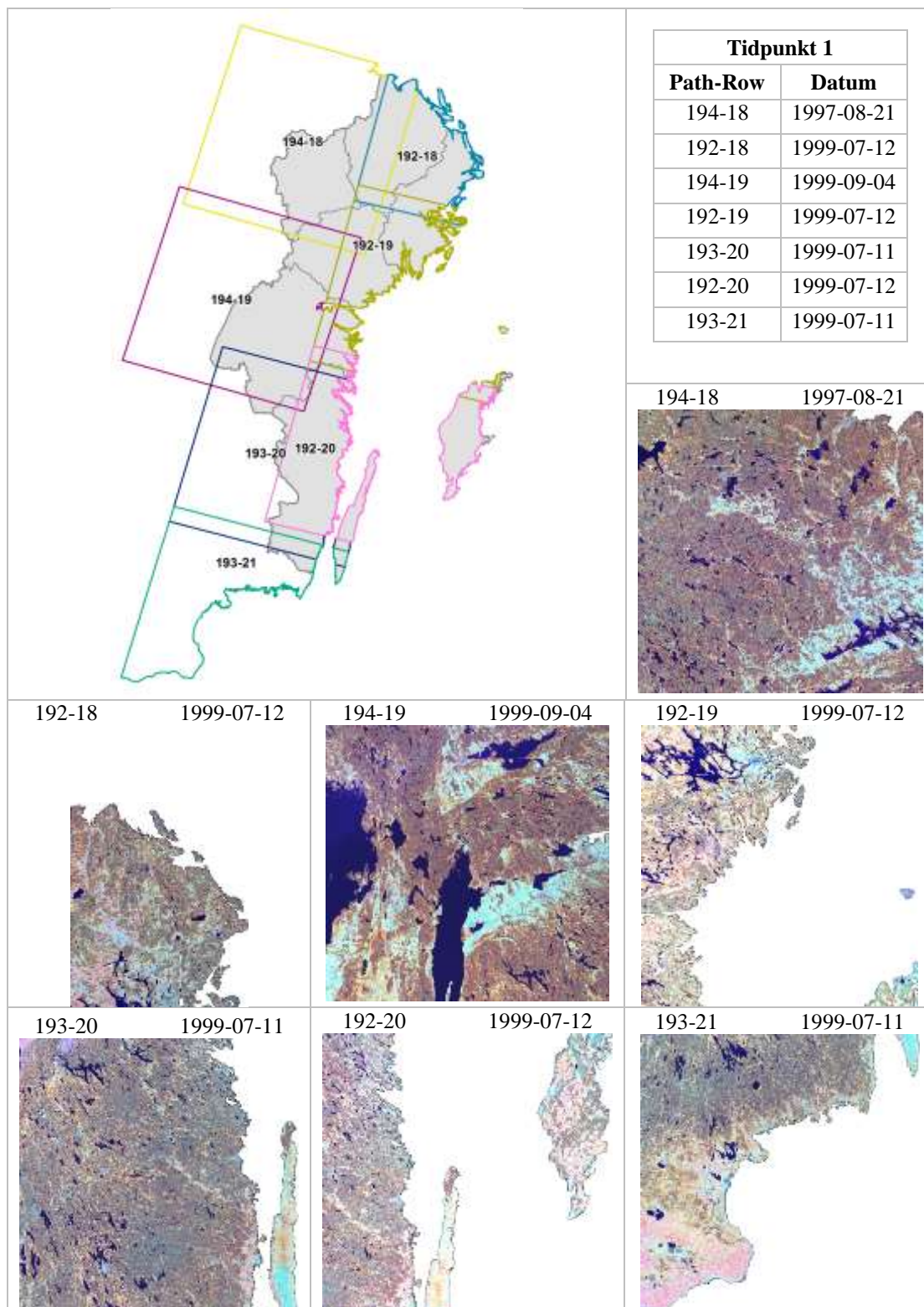
- Tidpunkt "1999" (T1) med satellitdata från 1999 men även från 1997.
- Tidpunkt "2009" (T2) med satellitdata från 2009 men även från 2007 och 2010.

Analyserad tidsperiod:

Tidsperiod "1999-2009" (T1T2), analys mellan tidpunkt "1999" och tidpunkt "2009".

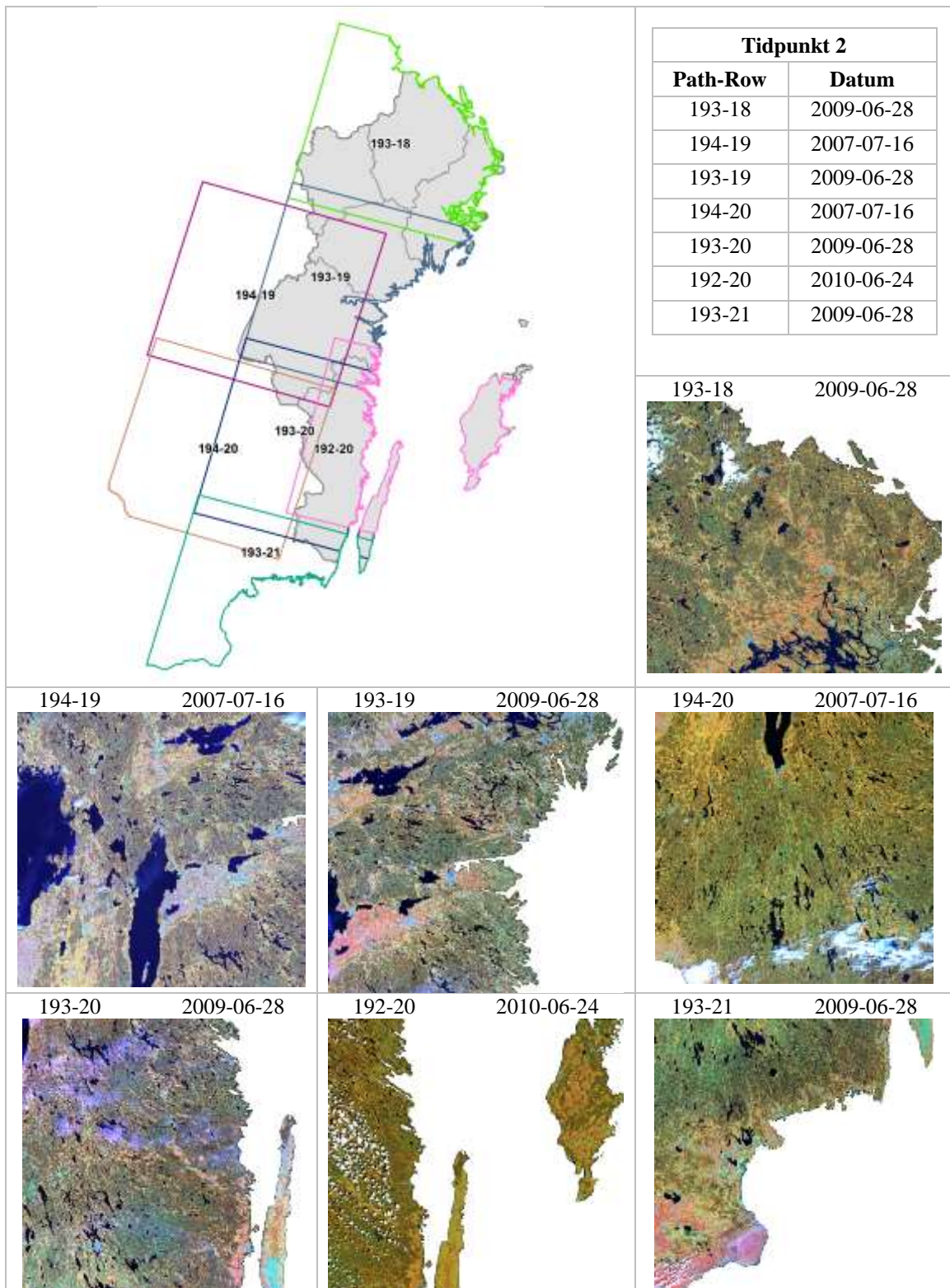
De satellitdata som använts är Landsat TM/ETM med 25-meters rumslig upplösning. (Satellitdata har samplats om från 30 meter till 25 meter för att passa "Öppen myr"-masken.)

3.2.1 Satellitscener tidpunkt 1 - "1999"



Figur 18. Satellitscenerna för tidpunkt 1 är från 1999 men även från 1997. (Landsat TM, RGB = Band 453).

3.2.2 Satellitscener tidpunkt 2 - "2009"

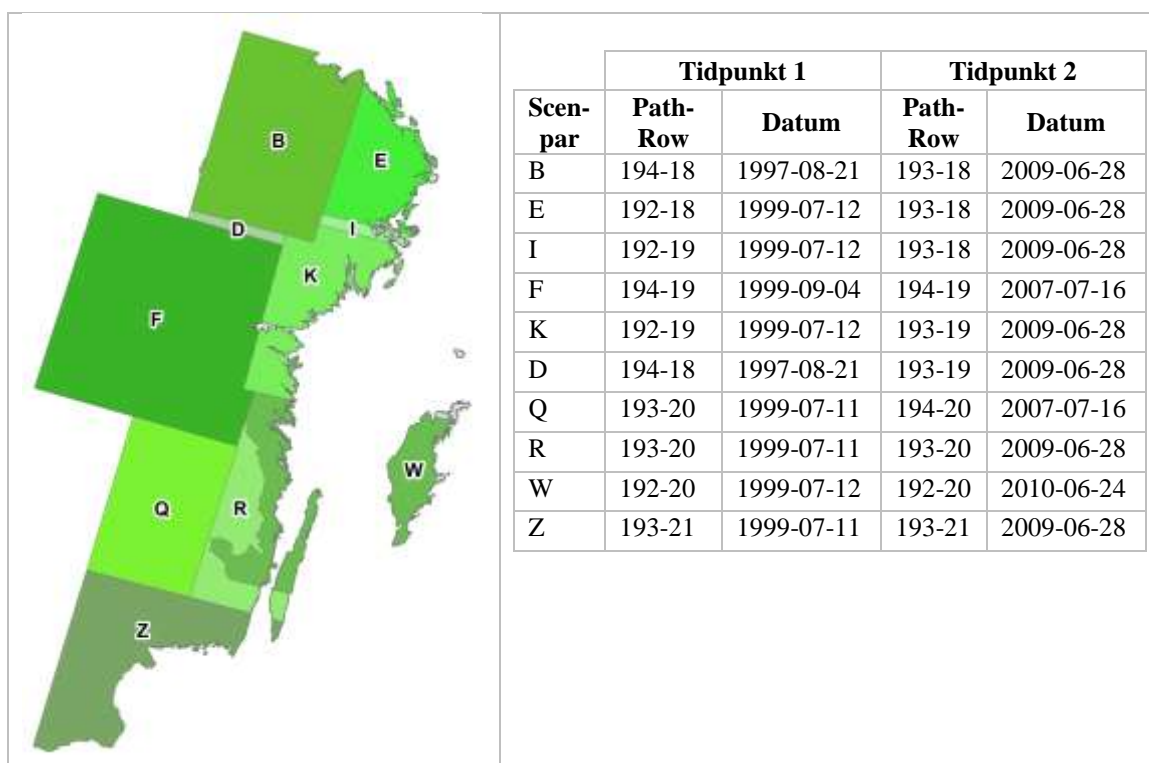


Figur 19. Satellitscenerna för tidpunkt 2 är från 2009 men även från 2007 och 2010. (Landsat TM, RGB = Band 453).

3.3 Scenpar

För att kunna genomföra förändringsanalysen skapas scenpar genom att äldre scener matchas mot yngre. För en heltäckande analys av undersökningsområdet krävdes tio scenpar (Figur 20). I samband med prepareringen av scenerna togs moln- och myrmasker fram, vilka sedan kombinerades för att definiera det analyserbara området.

I princip alla scener är bra ur fenologisk synvinkel då de är registrerade vid en tidpunkt på året då vegetationen på myrarna vanligtvis är fullt utvecklad och ännu inte har börjat vissna i någon större omfattning (Figur 20).



Figur 20. Figuren visar de tio scenparen.

3.4 Väderanalys

Väderanalys görs för att undvika att skillnader i väderförhållanden mellan olika år ska påverka analysen bl.a. genom att undersöka om höga eller låga vattenstånd kan antas. Till grund för väderanalysen sammanställdes väderdata för sommarsäsongerna (maj, juni, juli och augusti månad) de år då satellitscenerna är ifrån. Väderdata från utvalda väderstationer är hämtade från Väder och Vatten (SMHI) för berörda år (Figur 21).



Figur 21. SMHIs väderstationer som använts i väderanalysen.

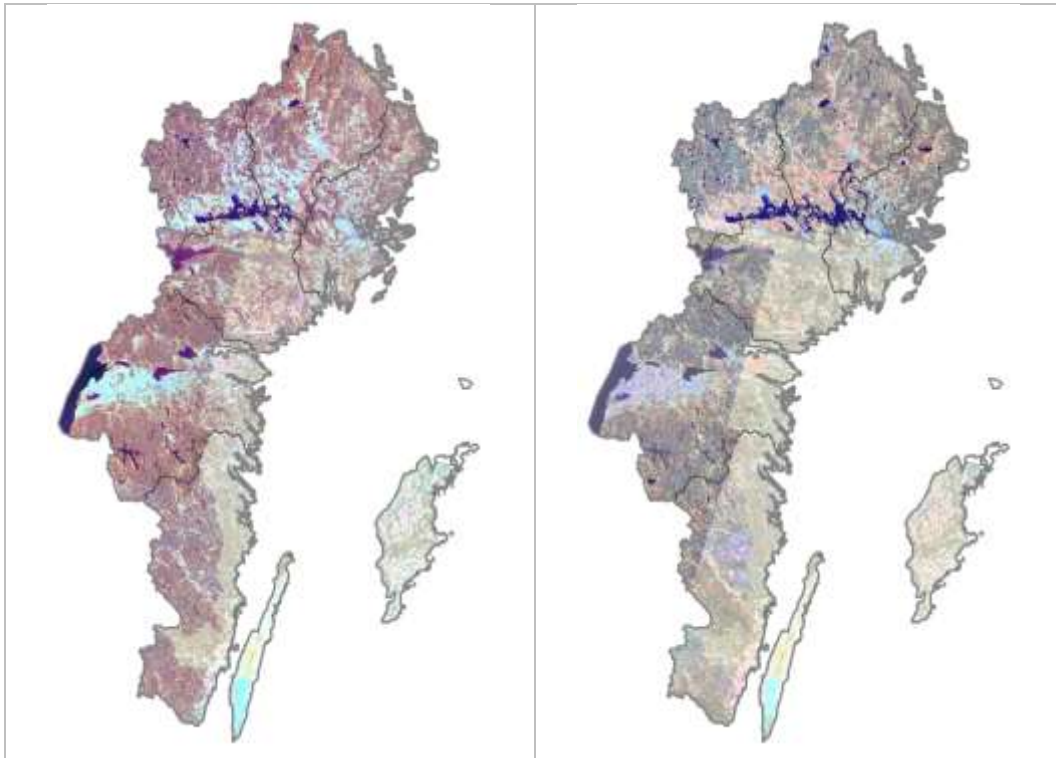
En jämförelse av väderförhållandena sinsemellan scenparen redovisas i Tabell 1. I bilaga 1 finns en fullständig sammanställning av väderdata.

Tabell 1. Bedömning av väderförhållande för respektive scenpar (Figur 20) baserat på väderförhållanden i närmaste väderstation (Figur 21) för respektive satellitscensår. Flera scenpar kan ha samma väderbeskrivningar.

Scenpar	Scendatum	Beskrivning av väderförhållanden
B	1997-08-21 mot 2009-06-28	Under 1997 var det i augusti extrema temperaturer, men de föregicks av en normal period. Under 1997 var nederbörden i princip normal sett över sommaren vilket gör att man kan ha överseende med de tidvis extrema temperaturer som förekom.
D	1997-08-21 mot 2009-06-28	Samma väderförhållanden för scenpar B och D.
E	1999-07-12 mot 2009-06-28	Under 1999 var det normala temperaturer i maj, men det blev varmare i juni och juli. För 2009 var temperaturen över det normala i maj och under det normala i juni.
I	1999-07-12 mot 2009-06-28	Under 1999 var det normal nederbörd i både maj och juni, men torrt i juli; sammantaget var det knappast ingen extrem torka vid satellitdatumet vilket ska undvikas. För 2009 var nederbörden normal i maj men klart över det normala i juni.
K	1999-07-12 mot 2009-06-28	Samma väderförhållanden för scenpar E, I och K.
F	1999-09-04 mot 2007-07-16	Temperaturen 1999 var något över det normala i både juli och augusti. Under 2007 var temperaturen något över det normala i juni men normal i juli. Nederbörden 1999 varierade kraftigt under sommaren, juli var torrare medan augusti var blötare. Även under 2007 var det stor nederbörd första halvan av sommaren och blött i markerna.
Q	1999-07-11 mot 2007-07-16	Under 1999 var det normala temperaturer i maj och juni, men det blev varmare i början av juli. Under 2007 var temperaturen något under det normala i juni men normal i juli. Under 1999 varierade nederbörden; normal nederbörd i maj, över det normala i juli och under det normala i början av juli. Under 2007 var det stor nederbörd första halvan av sommaren och blött i markerna.
R	1999-07-11 mot 2009-06-28	För 1999 var det normala temperaturer i maj och juni, men det blev varmare i början av juli. För 2009 var temperaturen över det normala i maj och under det normala i juni.
Z	1999-07-11 mot 2009-06-28	För 1999 varierade nederbörden; över det normala i juli och under det normala i början av juli. För 2009 var nederbörden över det normala i både maj och juni. Samma väderförhållanden för scenpar R och Z.
W	1999-07-12 mot 2010-06-24	Temperaturen var 1999 normal i maj och juni, men det blev varmare i början av juli. För 2010 var temperaturen normal både i maj och i juni. Nederbörden 1999 varierade; normal nederbörd i maj, över det normala i juli och under det normala i juni. För 2010 var nederbörden över det normala i maj men normal i juni.

3.5 Satellitscensmosaiker

Två satellitscensmosaiker baserade på de enskilda satellitscenerna från förändringsanalysen togs fram. Den äldre satellitscensmosaiken (1999) och den yngre (2009) visas i Figur 22.

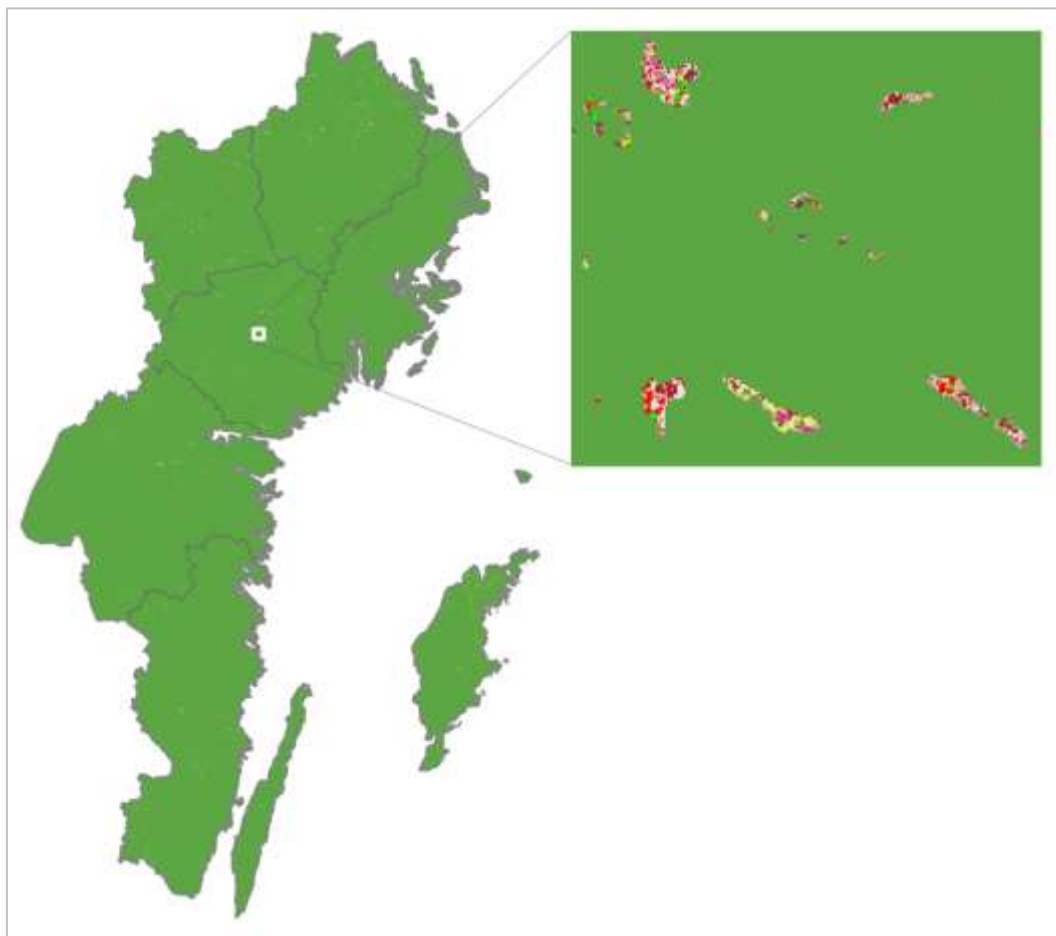


Figur 22. Satellitscensmosaiker över undersökningsområdet
Vänster) Tidpunkt 1, 1999. Höger) Tidpunkt 2, 2009.

3.6 Basklassning

I basklassningen togs 22 spektralt homogena våtmarksenheter fram (Figur 23).

Basklasserna har kalibrerats med stöd av information från flygbildstolkning och fältkalibrering då data från totalt 144 kalibreringsytor samlades in. Vid fältkalibreringen registrerades i fältprotokoll respektive kalibreringsytas myrvegetationstyp och växlighet samt fotodokumentation.

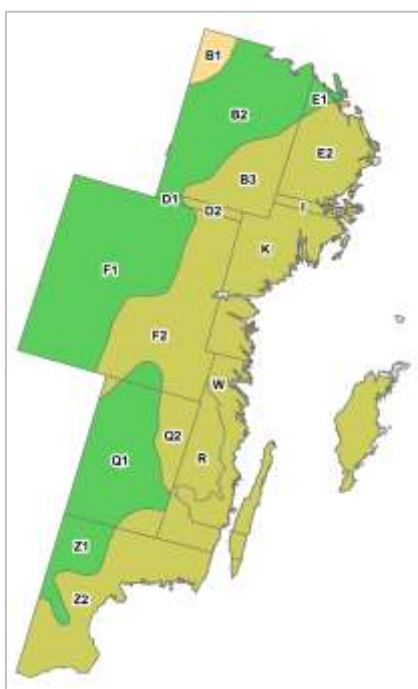


Figur 23. En översiktsbild över basklassningen för hela undersökningsområdet, samt ett exempel på hur basklassningen kan se ut för ett ca 30 km² stort område.

Flygbildstolkning för kalibrering genomfördes av Tommy Löfgren (NaturGIS) den 4 - 5 juni 2015. Fältkalibrering för basklassning genomfördes av Tomas Johansson (Länsstyrelsen Gotland), Thomas Johansson (Länsstyrelsen Kalmar), Susanne Forslund (Länsstyrelsen Kalmar), Nicklas Jansson (Länsstyrelsen Östergötland), Karin Brink (Länsstyrelsen Södermanland), Per Hedenbo (Länsstyrelsen Västmanland), Henrik Berg (Länsstyrelsen Västmanland), Fredrik Söderman (Länsstyrelsen Uppsala), Mats Thuresson (Länsstyrelsen Stockholm), Tommy Löfgren (Naturgis) och Niklas Hahn (Brockmann Geomatics) den 22 - 26 juni 2015. Fotografer var Tomas Johansson, Thomas Johansson, Karin Brink, Fredrik Söderman och Niklas Hahn.

3.7 Förändringsanalys

Vid förändringsanalysen stratifierades varje scenpar utifrån myrtypsregionerna enligt indelningen i Figur 24. Förändringsanalysen genomfördes i tio scenpar som var stratifierade i två (tre) myrtypsregioner vilka i sin tur var indelade i 22 basklasser.



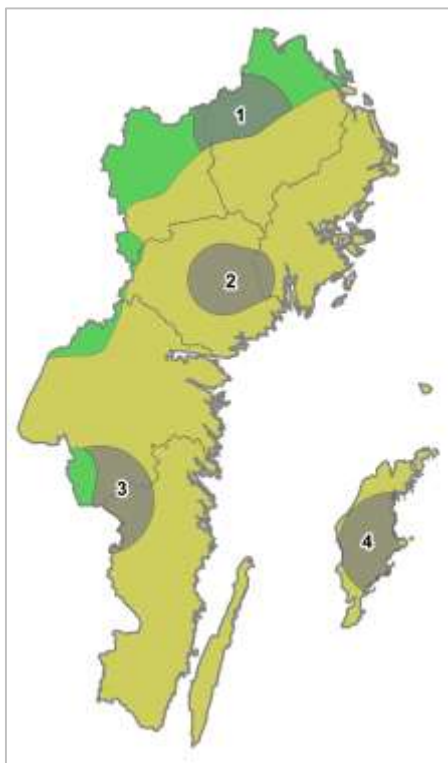
Figur 24. Scenparen stratifierades utifrån myrtypsregioner.

Förändringsriktningen ökad biomassa/igenväxning söktes i tre delresultat och för varje delresultat producerades två förändringsklasser, potentiell förändringsindikation respektive säker förändringsindikation (se avsnittet Förändringsanalys i metodkapitlet). Efter sammanslagning av delresultat genomfördes en rumslig generalisering med villkoret att förändringsytorna ska ha en minsta storlek på 0,5 ha (dvs. 8 sammanhängande pixlar).

3.8 Utvärdering

Fyra utvärderingsområden á 2 000 km² slumpades ut inom undersökningsområdet (Figur 25). Innan utvärderingsområdena slutgiltigt fastställs kontrolleras tillgång till lämpliga ortofoton.

Totalt fördelades 200 utvärderingsytor slumpmässigt ut inom de fyra utvärderingsområdena. Ca 80 % av utvärderingsytorna var FI-ytor vilka slumpades ut inom förändrad våtmark oavsett basklass eller grad av förändringsindikation (säker och potentiell förändringsindikation). Resterande ca 20 % av utvärderingsytorna var referensytor, vilka slumpades ut inom de icke-förändrade områdena i myrmasken.



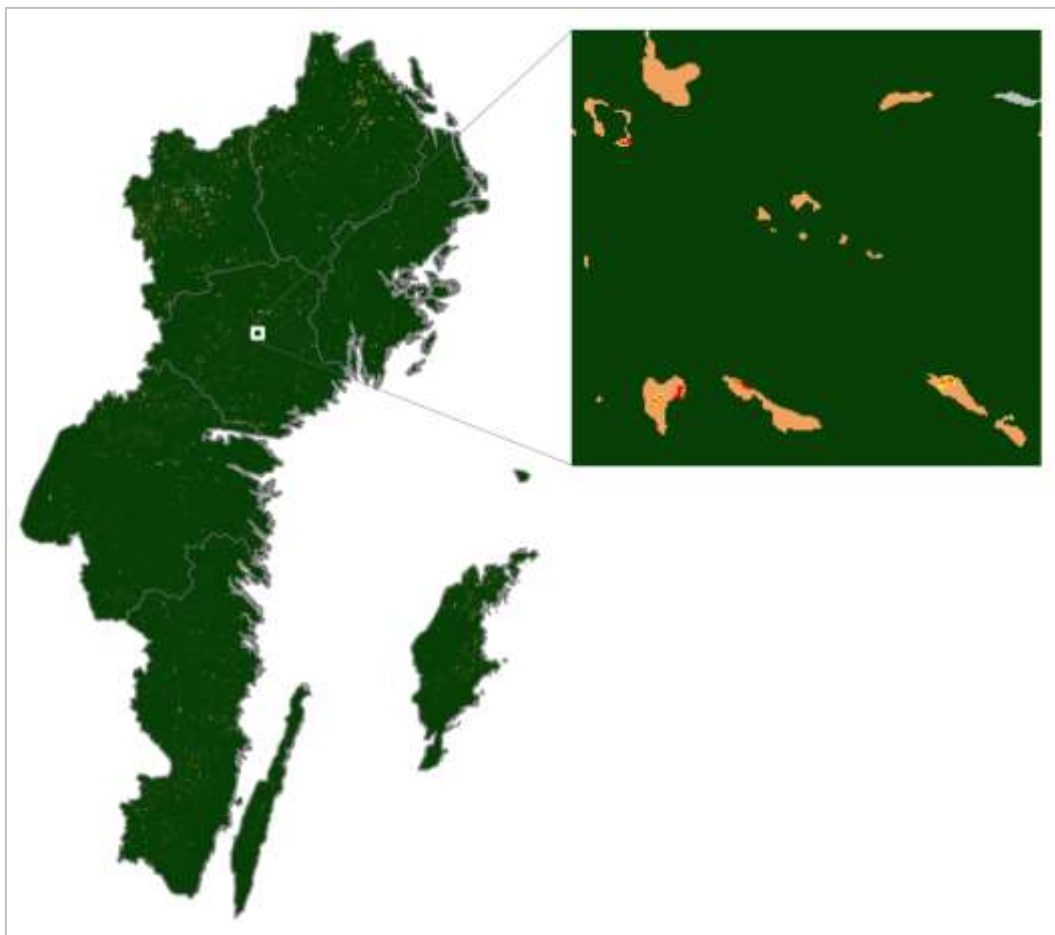
Figur 25. De fyra utvärderingsområdena med myrtypsregionerna som bakgrund.

Flygbildstolkning för utvärdering genomfördes av Tommy Löfgren (NaturGIS) den 29 mars - 4 april 2016. Flygbildstolkning genomfördes för alla 200 utvärderingsytor. De ytor där förändringen kunde förklaras av felaktigheter i myrmasken sållades i regel bort ur vidare analyser och fältkontrollerades inte.

Fältkontroll för utvärdering genomfördes av Lisa Tenning (Länsstyrelsen Jämtland), Olle Kellner (Länsstyrelsen Gävleborg), Tomas Johansson (Länsstyrelsen Gotland), Susanne Forslund (Länsstyrelsen Kalmar), Tomas Järnetun (Länsstyrelsen Kalmar), Nicklas Jansson (Länsstyrelsen Östergötland), Karin Brink (Länsstyrelsen Södermanland), Henrik Berg (Länsstyrelsen Västmanland), Fredrik Söderman (Länsstyrelsen Uppsala), Mats Thuresson (Länsstyrelsen Stockholm), Katarina Lyth (Brockmann Geomatics) och Niklas Hahn (Brockmann Geomatics) den 30 juni och den 5 juli 2016. Fotografer var Tomas Johansson, Nicklas Jansson, Henrik Berg och Mats Thuresson. Efterarbete och sammanställning av statistik har gjorts av Brockmann Geomatics. Fältkontroll gjordes i 50 utvärderingsytor. Syftet med fältkontrollen var att bekräfta om förändring skett och förklara vad anledningen till förändringen var. Alla utvärderingsytor som besöktes i fält har även fotodokumenterats från helikopter.

3.9 Resultat

Förändringsanalysen resulterade i en förändringsklassning med fyra klasser (Figur 26). Eftersom andelen förändrad myr är så liten så syns de inte på en översiktsskarta över hela undersökningsområdet.



Figur 26. En översiktsskarta över förändringsklassningen för hela undersökningsområdet, samt ett exempel på hur förändringsklassningen kan se ut för ett ca 30 km² stort område. (gult - potentiell förändringsindikation, rött - säker förändringsindikation, brunt - övrig analyserad öppen myr, ljusgrått - ej analyserad öppen myr).

Undersökningsområdet (som definieras av myrmasken) omfattar totalt ca 90 100 ha (Tabell 2). Det analyserbara området, dvs. undersökningsområdet med undantag för moln m.m., motsvarar ca 90 % av det totala undersökningsområdet. Detta får anses vara en hög siffra då satellitbildsinventeringen visade att helt molnfria satellitbilder över länsgruppen var sällsynta.

Av det totala analyserbara området visade ca 2 030 ha (2,52 %) förändringsindikation (dvs. potentiell- eller säker förändringsindikation). Uppdelat på förändringskategorierna var 850 ha (1,06 %) potentiell och 1 180 ha (1,46 %) säker förändringsindikation (Tabell 2).

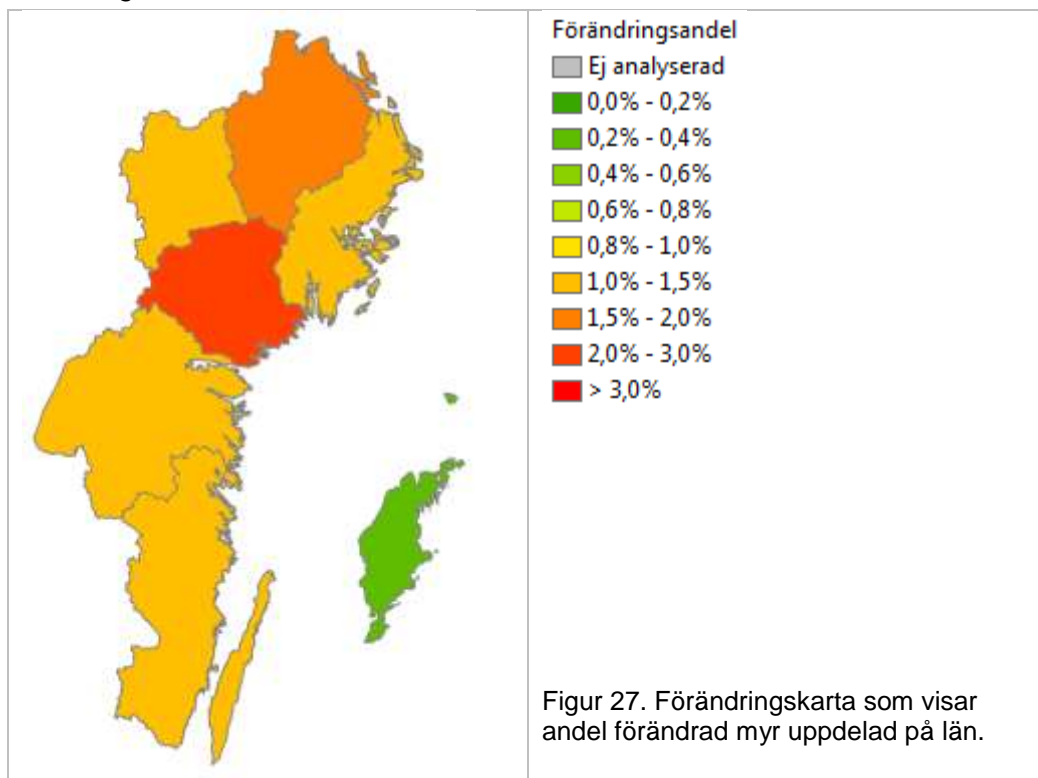
Tabell 2. Resultat från förändringsanalysen per län och totalt för länsgruppen. Undersökningsområdet definieras av myrmasken. Det analyserbara området är undersökningsområdet med undantag för moln m.m. (och procentsatsen är andelen av undersökningsområdet). Area för säker, potentiell och sammanlagd förändringsindikation (och procentsatsen är andelen av det analyserbara området).

	Under- sökning- område	Analyserbart område		Säker förändrings- indikation		Potentiell förändrings- indikation		Säker + potentiell förändrings- indikation	
	ha	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Gotlands län	6 600	5 500	84 %	20	0,32 %	10	0,24 %	30	0,56 %
Kalmar län	15 100	12 000	80 %	150	1,25 %	110	0,93 %	260	2,18 %
Stockholms län	5 800	5 500	95 %	80	1,38 %	60	1,03 %	140	2,41 %
Södermanlands län	10 200	9 500	94 %	200	2,10 %	140	1,50 %	340	3,60 %
Uppsala län	18 300	17 600	96 %	330	1,86 %	260	1,46 %	590	3,32 %
Västmanlands län	20 500	17 900	87 %	230	1,30 %	130	0,74 %	360	2,04 %
Östergötlands län	13 600	12 600	93 %	170	1,38 %	140	1,14 %	310	2,52 %
Totalt för länsgrupp	90 100	80 600	90 %	1 180	1,46 %	850	1,06 %	2 030	2,52 %

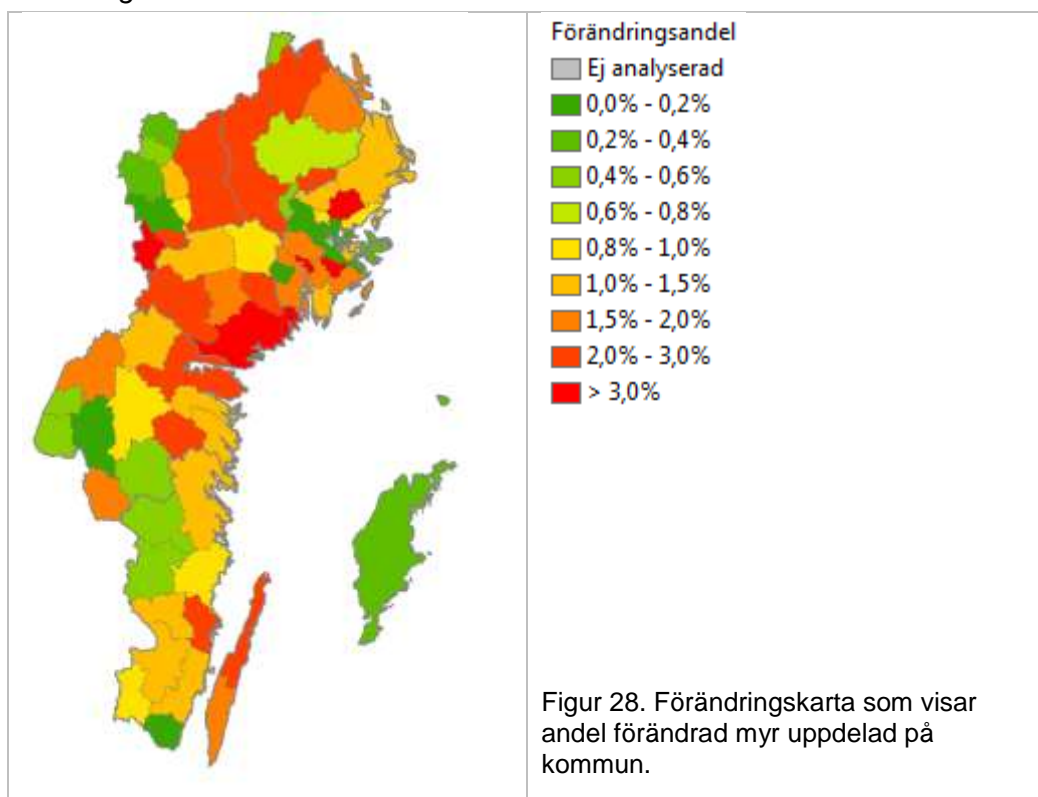
3.9.1 Förändringskartor

Förändringskartorna redovisar resultatet som andelen säker förändringsindikation per analyserad myr för följande områdes- eller regionindelningar: län (Figur 27), kommuner (Figur 28), indexrutor 10 km (Figur 29), delavrinningsområden (Figur 30), huvudavrinningsområden (Figur 31), naturgeografiska regioner (Figur 32) och myrtypsregioner (Figur 33).

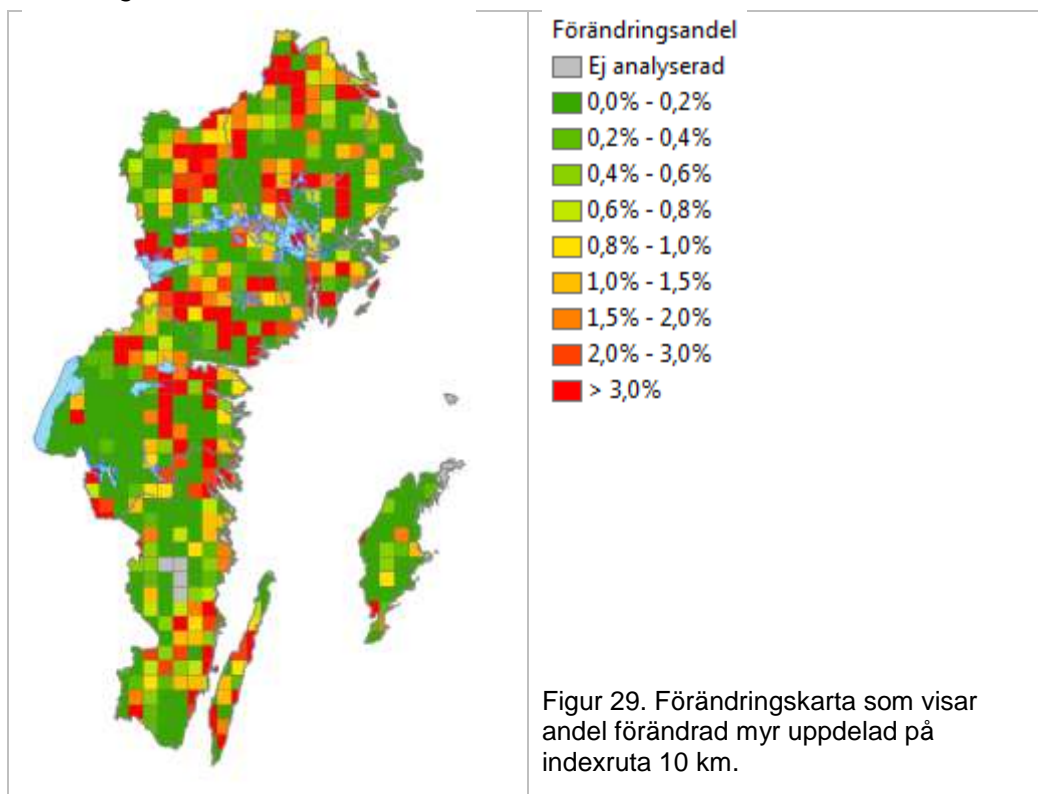
Förändringskarta - Län



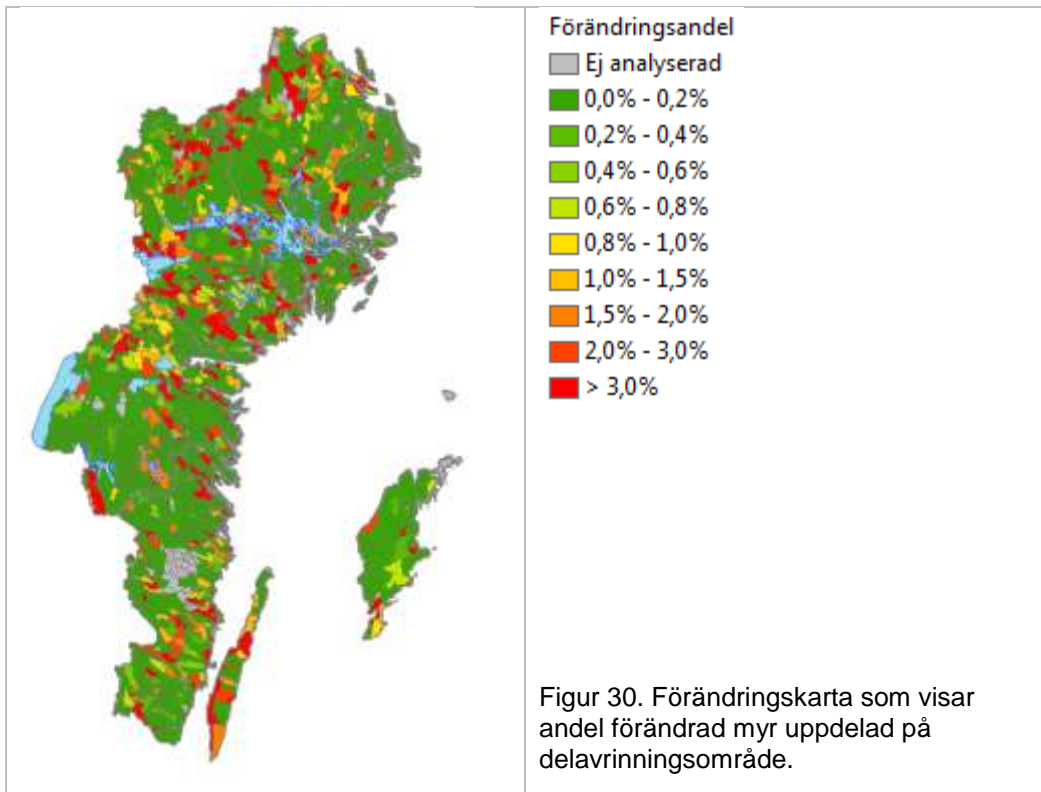
Förändringskarta - Kommun



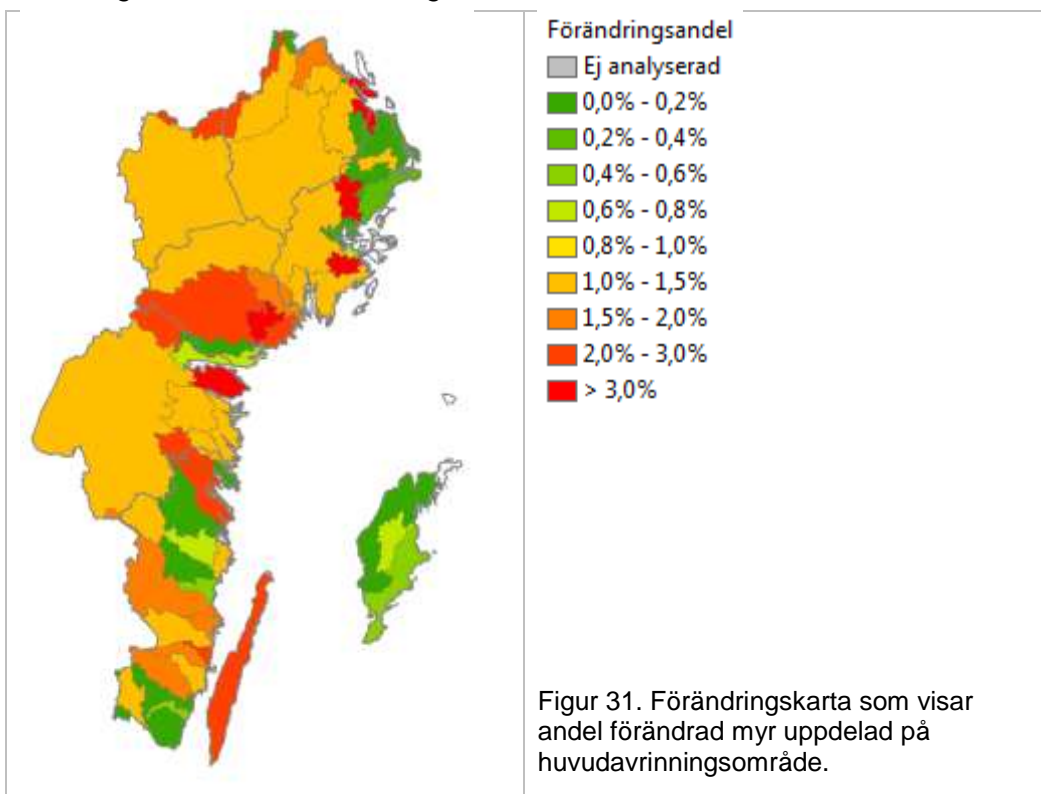
Förändringskarta - Indexruta 10 km



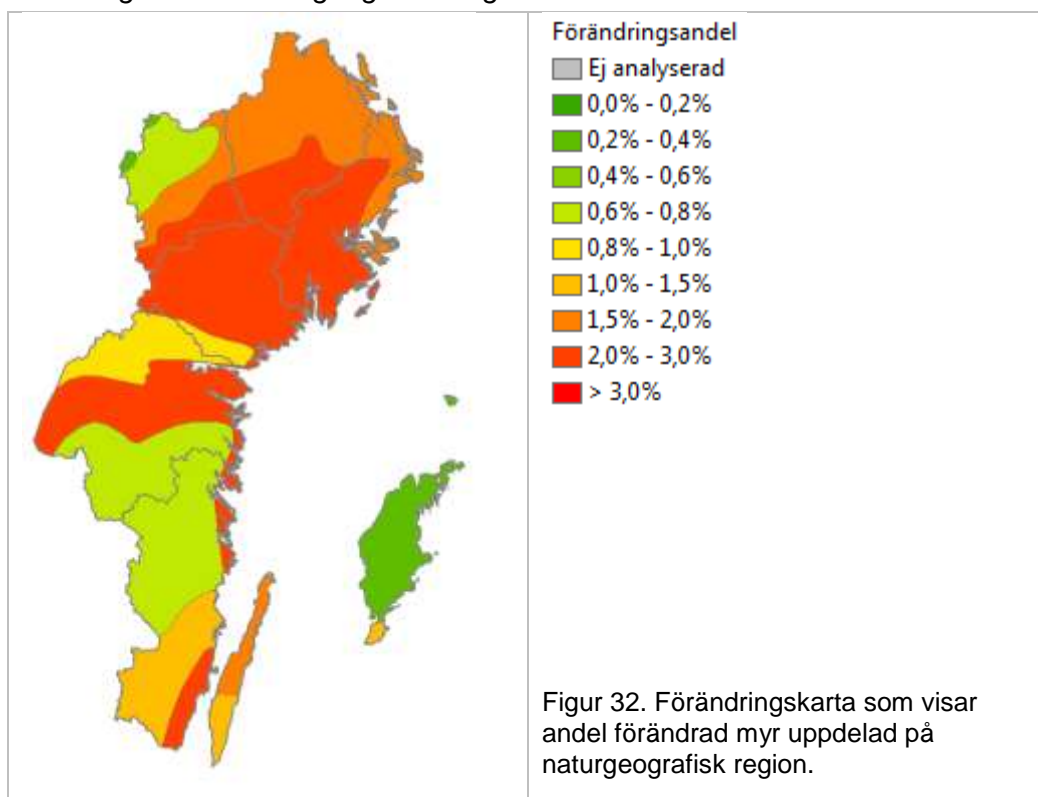
Förändringskarta - Delavrinningsområde



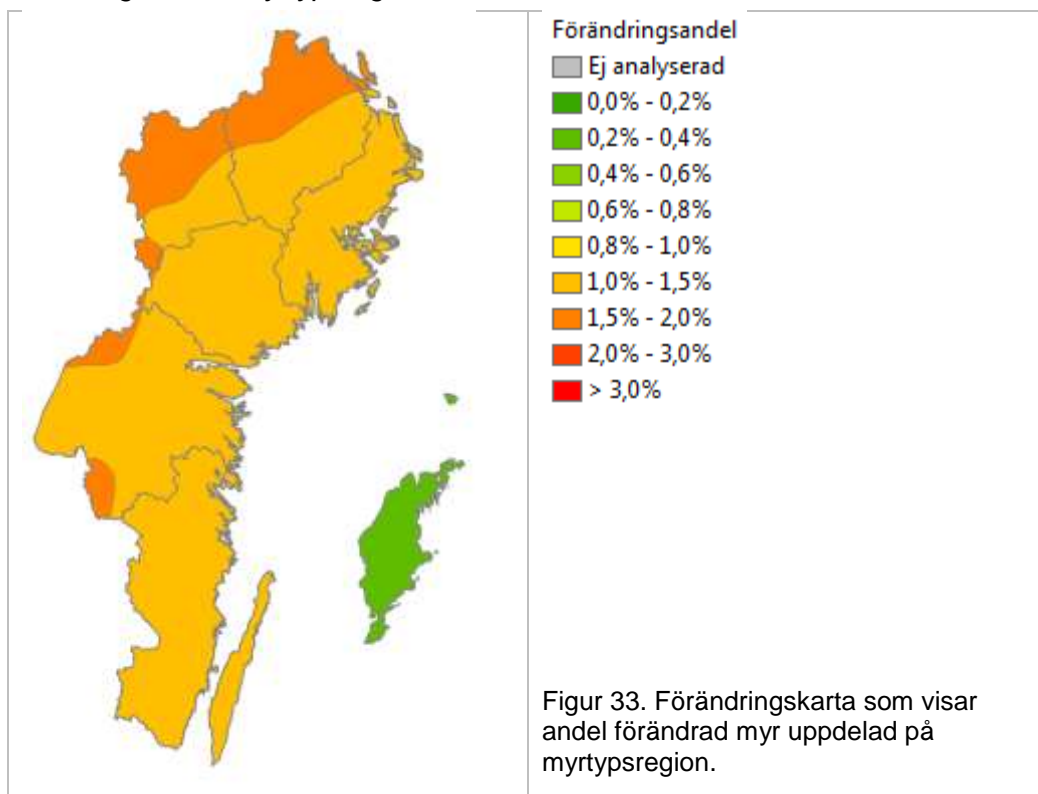
Förändringskarta - Huvudavrinningsområde



Förändringskarta - Naturgeografisk region



Förändringskarta - Myrtypsregion

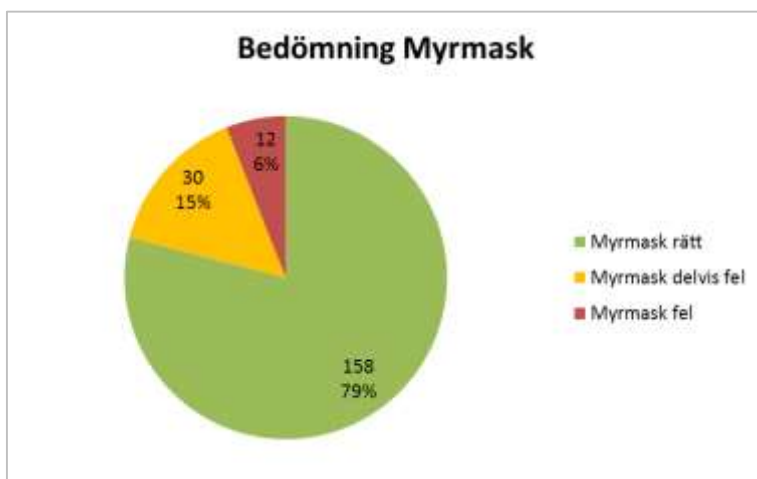


3.10 Utvärdering

Flera moment ingick i utvärderingen för att få data på en mängd olika parametrar. Bedömning av hur stor andel av ytorna som hamnar utanför myrmasken, då den inte alltid är korrekt. Undersökning av hur stor andel av ytorna med förändringsindikation där en förändring kunde verifieras vid flygbildstolkningen eller i fält, samt hur stor andel av referensytorna där ingen förändring kunde verifieras. Dessutom undersöktes vilka ingrepp/orsaker som kunde ses i eller i närheten av utvärderingsytan.

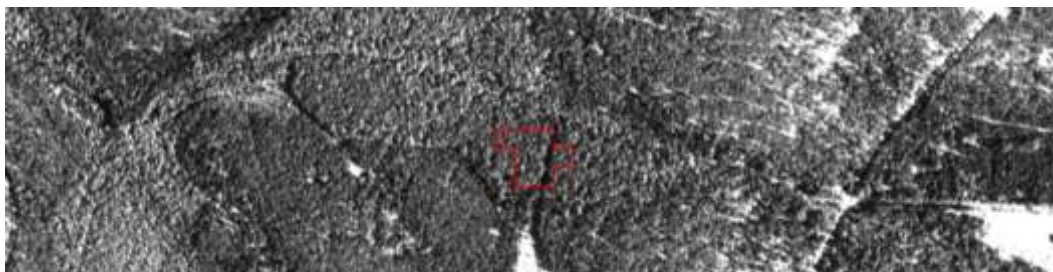
3.10.1 Bedömning av myrmasken

I de flesta fall låg utvärderingsytorna inom eller till största delen inom myrmasken. Av de ingående 200 utvärderingsytorna var det 79 % som utifrån flygbildstolkningen verkligen låg inom öppen myr (myrmask rätt), medan 15 % förekom delvis inom öppen myr (myrmask delvis fel). Däremot låg 6 % av ytorna till största delen utanför myrmasken (myrmask fel), t.ex. då krontäckning var större än 30 % eller annan naturtyp än myr identifierades (Figur 34).



Figur 34. Bedömning av hur bra myrmasken varit i undersökningsområdet genom att undersöka träffsäkerheten i 200 utvärderingsytor i flygbild.

De utvärderingsytor som till övervägande del låg inom icke-öppen myr plockades bort från vidare bearbetning i utvärderingen (se exempel i Figur 35).



Figur 35. Exempel på utvärderingsyta som bedömts som "myrmask fel" eftersom krontäckningen är större än 30 % (utvärderingsområde 1, yta nr 101, Sinkmossen, Heby kommun, Uppsala län). Ortofoto från 1995 där en röd linje markerar den 0,5 ha stora utvärderingsytan.

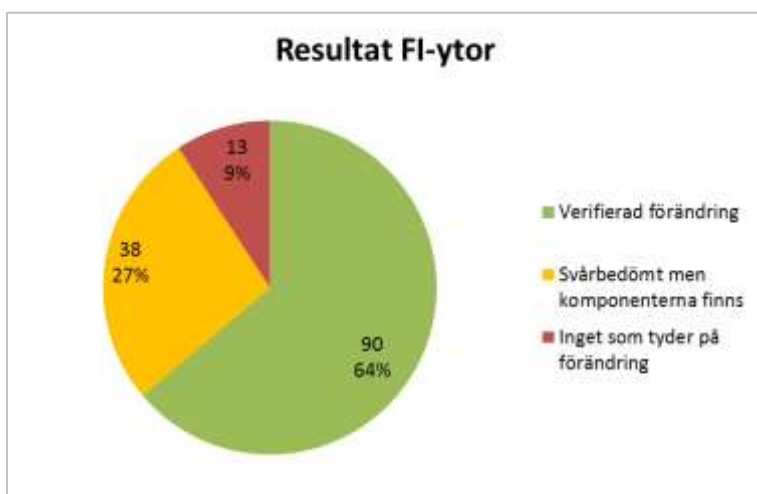
Av de 200 utvärderingsytorna var det 12 som fick utgå p.g.a. fel i myrmasken. I de fall där myrmasken varit delvis felaktig har ytorna behållits i utvärderingen men då har enbart den delen av ytan som var myrmark utvärderats.

För de återstående 188 utvärderingsytorna var fördelningen 75 % (141 st.) FI-yltor och 25 % (47 st.) referensyltor.

3.10.2 Överensstämmelse för FI-yltor

Under utvärderingen vid flygbildstolkningen eller vid fältbesök beskrevs varje yta utifrån en rad parametrar (se avsnitt "2.5 Utvärdering"). Inventeraren bedömer sedan om förändringen i ytan kunde säkerställas i klasserna: "verifierad förändring", "svårbedömt men komponenterna finns" och "inget som tyder på förändring" (se avsnitt "2.5.5 Slutlig bedömning av utvärderingsyta").

Av de 141 FI-yltor som tolkats i fält eller med hjälp av flygbilder var det 90 ytor (64 %) som bedömdes som "verifierad förändring", 38 ytor (27 %) bedömdes som "svårbedömt men komponenterna finns" och 13 ytor (9 %) bedömdes som "inget som tyder på förändring" (Figur 36).

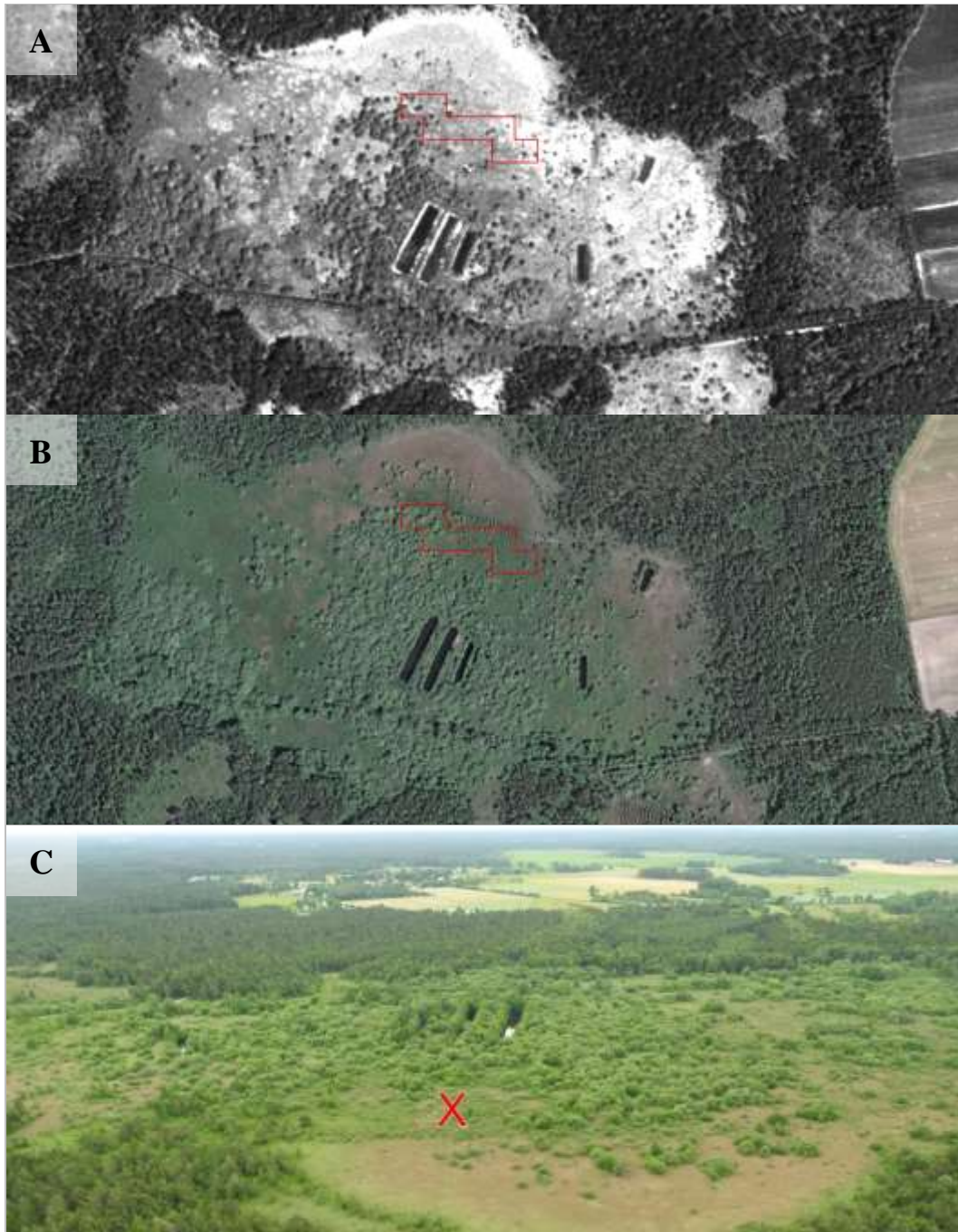


Figur 36. Resultat FI-yltor. Överensstämmelsen för de slumpmässigt valda FI-yltor ligger mellan 64 % och 91 %.

Flera av de ytor som bedömts som "svårbedömt men komponenterna finns" hade frodig vegetation, som eventuellt fått en ökad biomassa mellan tidpunkterna, men att de inte med säkerhet kunde kopplas till en verifierad förändring. Det kan alltså vara så att en riktig förändring identifierats i satellitanalysen, men att det sedan inte går att med säkerhet dokumentera den i fält eller med hjälp av flygbilder.

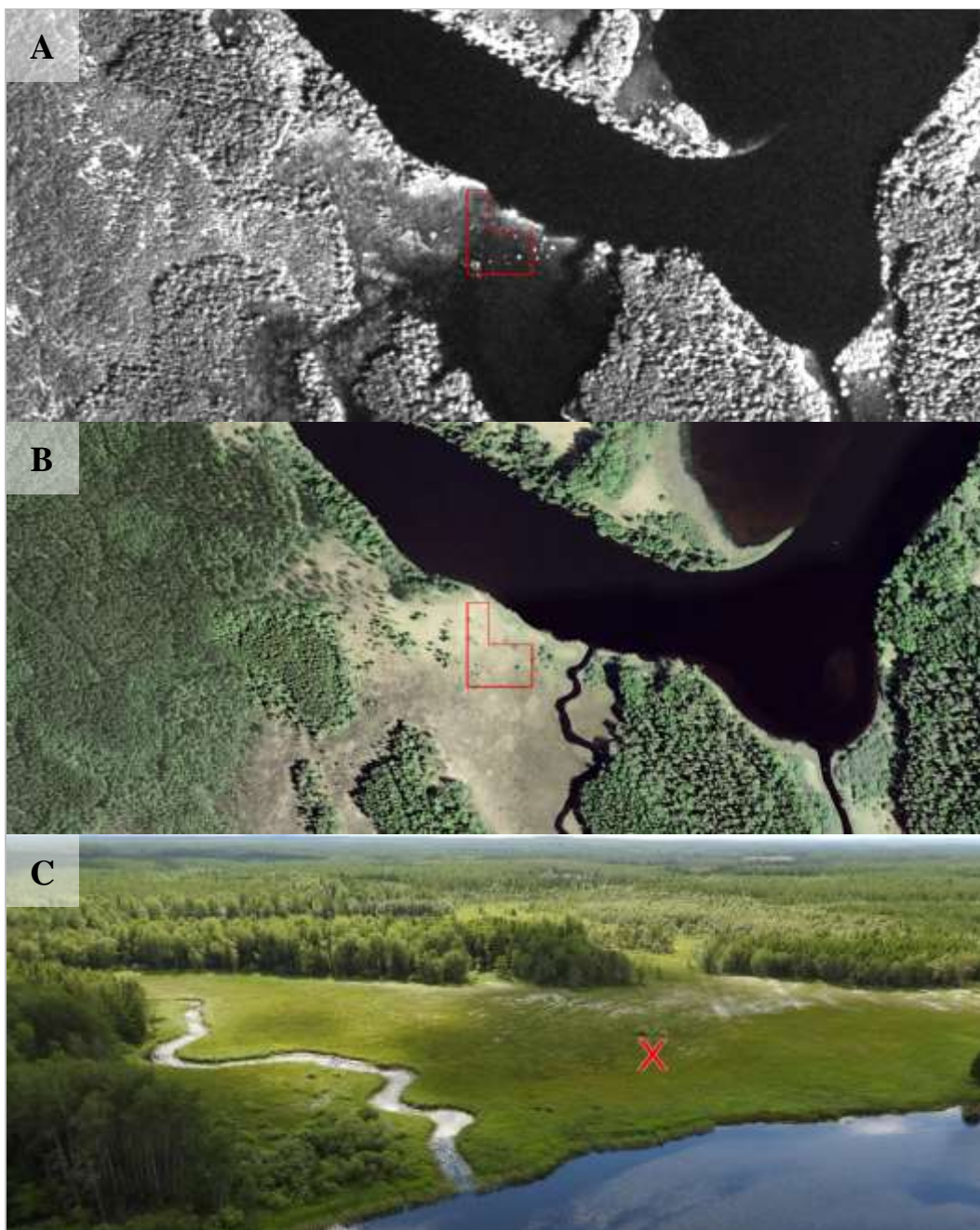
Utvärderingen visar att överensstämmelsen för de slumpmässigt valda FI-yltor ligger minst på 64 % och max på 91 % (Figur 36).

Figur 37 visar en FI-yta från Skäringsmyr på Gotland som bedömts som "verifierad förändring". Notera de vattenfyllda bassängerna som är grävda för att skapa öppet vatten (viltvatten).



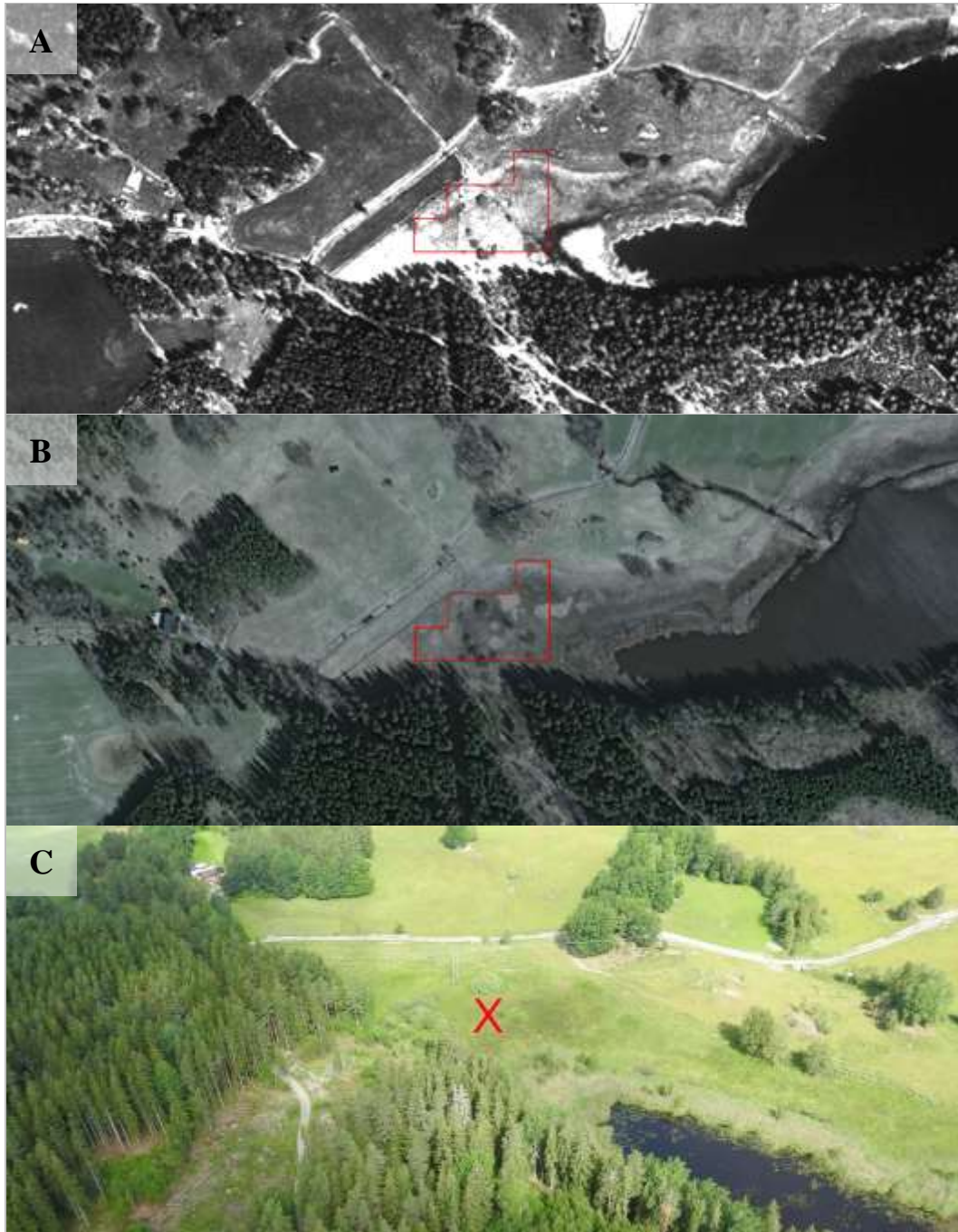
Figur 37. FI-yta bedömd som "verifierad förändring" (utvärderingsområde 4, yta nr 9, Skäringsmyr, Gotland). A) Ortofoto från 1998 där en röd linje markerar den 0,5 ha stora utvärderingsytan. B) Ortofoto från 2010. C) Foto från 2016 i sydlig riktning där ett rött kryss markerar utvärderingsytan, Tomas Johansson, Länsstyrelsen Gotland.

7 av de 38 FI-ytor som bedömts som "svårbedömt men komponenterna finns" ligger i översvämningssområden, främst längs Dalälvens strandkant. Vid tidpunkt 1 så är dessa ytor relativt blöta jämfört med tidpunkt 2 då det blivit torrare och ökad biomassa detekteras i förändringsanalysen. Figur 38 visar en av dessa svårbedömda FI-ytor. Översvämningarna idag är sannolikt mindre frekventa, vilket leder till ökad igenväxning.



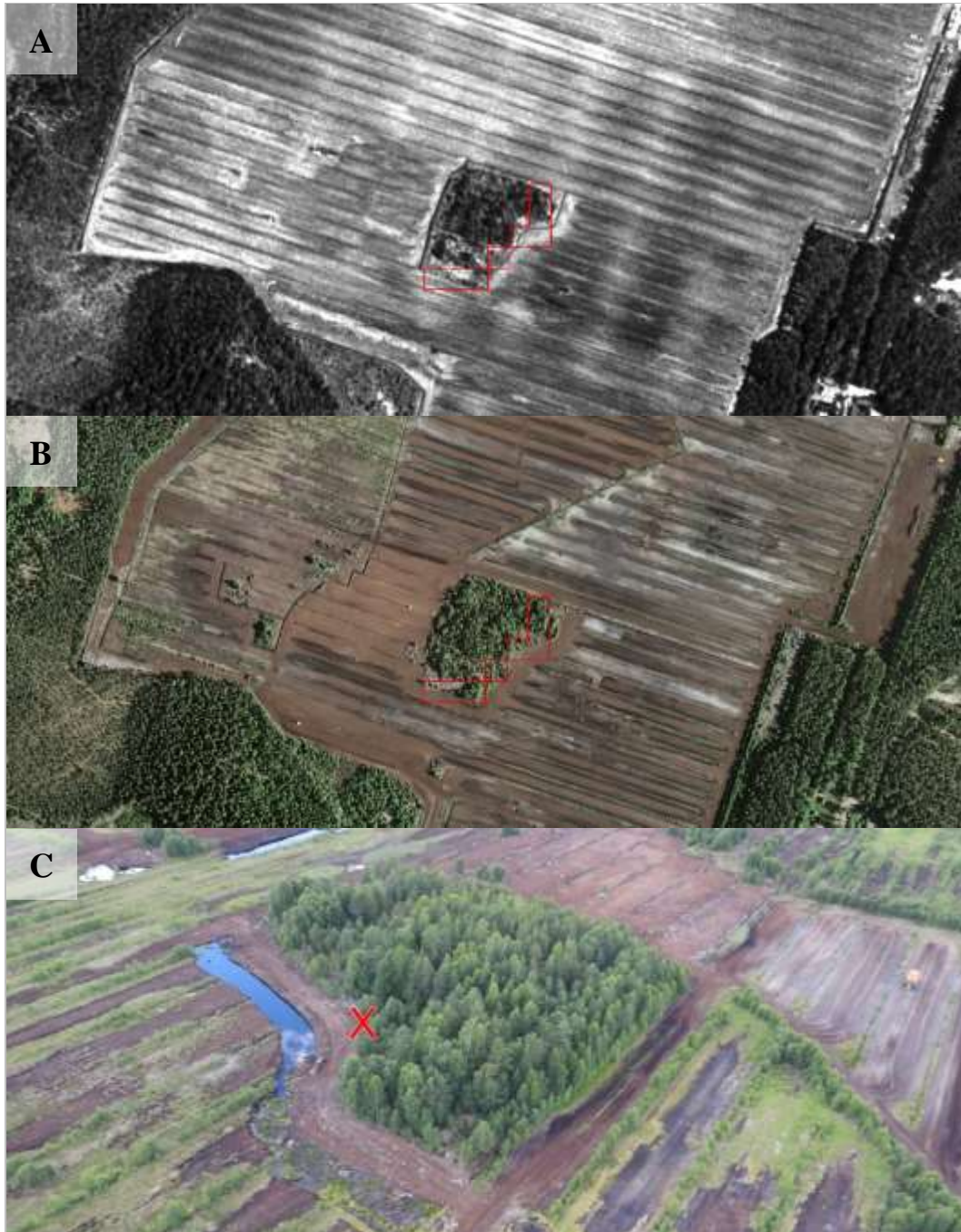
Figur 38. Fältundersökt FI-yta bedömd som "svårbedömt men komponenterna finns" (utvärderingsområde 1, yta nr 67, Ängsösundet, Sala kommun, Västmanlands län) där förändringarna främst beror på översvämningar. A) Ortofoto från 1995 där en röd linje markerar den 0,5 ha stora utvärderingsytan. B) Ortofoto från 2009. C) Foto från 2016 i sydlig riktning där ett rött kryss markerar utvärderingsytan, Henrik Berg, Länsstyrelsen Västmanland.

2 av de 38 FI-ytor som bedömts som "svårbedömt men komponenterna finns" ligger inom områden där det förekommer aktivt bete (se exempel i Figur 39).



Figur 39. Fältundersökt FI-yta bedömd som "svårbedömt men komponenterna finns" (utvärderingsområde 2, yta nr 12, Mellösa, Flens kommun, Södermanlands län) där förändringarna främst beror på aktivt bete. A) Ortofoto från 1997 där en röd linje markerar den 0,5 ha stora utvärderingsytan. B) Ortofoto från 2007. C) Foto från 2016 i nordvästlig riktning där ett rött kryss markerar utvärderingsytan, Mats Thuresson, Länsstyrelsen Stockholm.

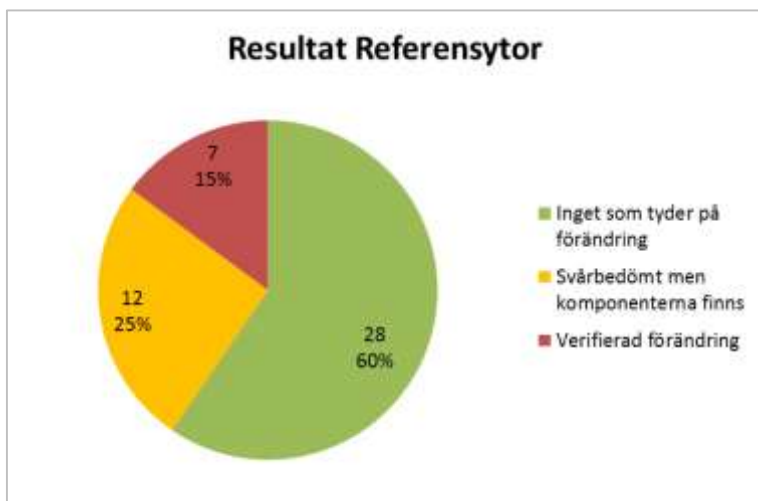
2 av de 13 FI-ytor som bedömts som "inget som tyder på förändring" ligger inom aktiv torvtäkt (se exempel i Figur 40).



Figur 40. Den fältundersökta FI-ytan bedömd som "ingen förändring" (utvärderingsområde 1, yta nr 10, Stormossen, Heby kommun, Uppsala län) ligger delvis inom en aktiv väg i utkanten av torvtäkten. A) Ortofoto från 1995 där en röd linje markerar den 0,5 ha stora utvärderingsytan. B) Ortofoto från 2009. C) Foto från 2016 i sydvästlig riktning där ett rött kryss markerar utvärderingsytan, Henrik Berg, Länsstyrelsen Västmanland.

3.10.3 Överensstämmelse för referensytorna

För de 47 undersökta referensytorna var det 28 ytor (60 %) som bedömdes som "inget som tyder på förändring", 12 ytor (25 %) bedömdes som "svårbedömt men komponenterna finns" och 7 ytor (15 %) bedömdes som "verifierad förändring". Utvärderingen visar att överensstämmelsen för de slumpmässigt valda referensytorna ligger mellan 60 % och 85 % (Figur 41).

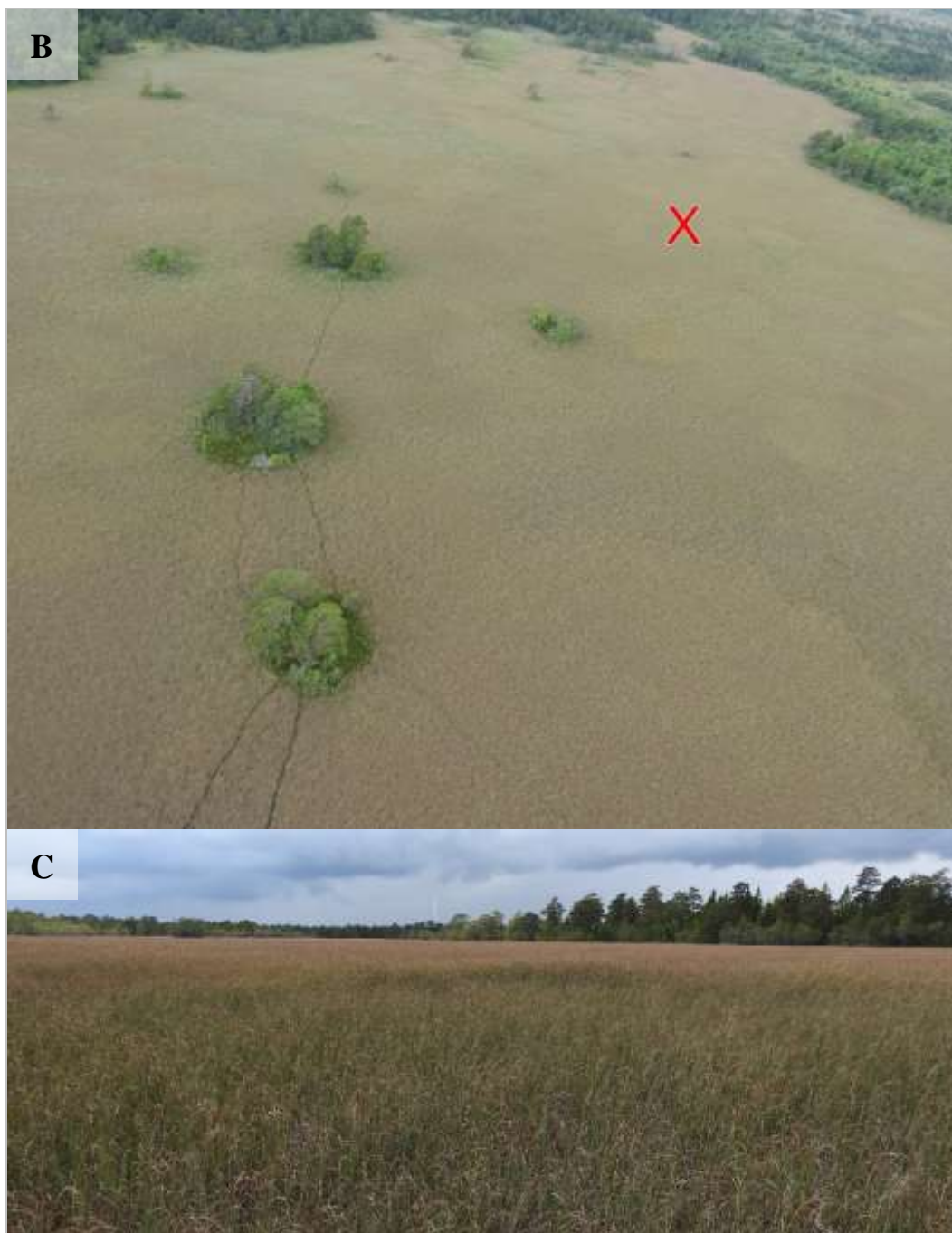


Figur 41. Resultat referensytor. Överensstämmelsen för de slumpmässigt valda referensytorna ligger mellan 60 % och 85 %.

Unikt för denna länsgrupp är förekomsten av agkärr. I Sverige finns ca 7 500 ha agkärr, med de klart största arealerna på Öland och Gotland (Martinsson, 2015).

Figur 42 visar en referensyta inom ett Gotländskt agkärr som bedömts som "inget som tyder på förändring". Notera djurstigarna mellan holmarna som syns på fotot i Figur 42 B.

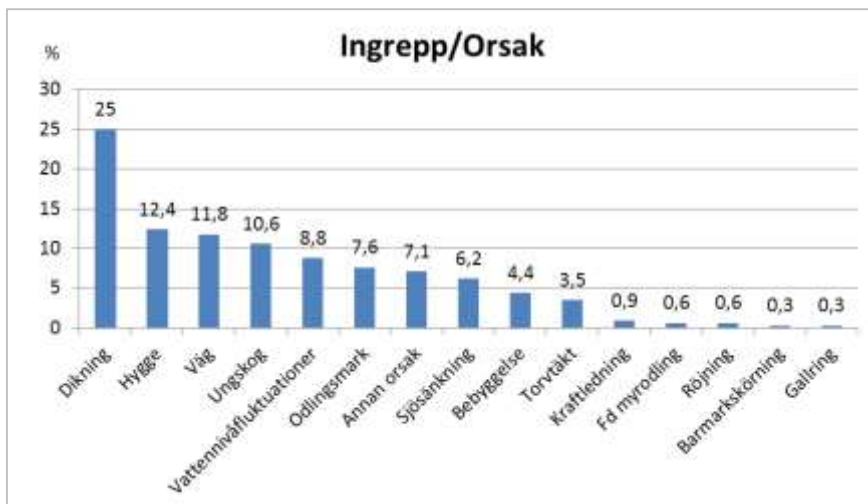




Figur 42. Referensyta inom ett Gotländskt agkärr som bedömts som "inget som tyder på förändring" (utvärderingsområde 4, yta nr 10, Diksmyr, Gotland). A) Ortofoto från 2010 där en röd linje markerar den 0,5 ha stora utvärderingsytan. B) Foto från 2016 i västlig riktning där ett rött kryss markerar utvärderingsytan, Tomas Johansson, Länsstyrelsen Gotland. C) Under fältkalibreringen besöktes Mölner myr, ett i vissa avseenden liknande agkärr på norra Gotland. Foto från 2015 i östlig riktning, Tomas Johansson, Länsstyrelsen Gotland.

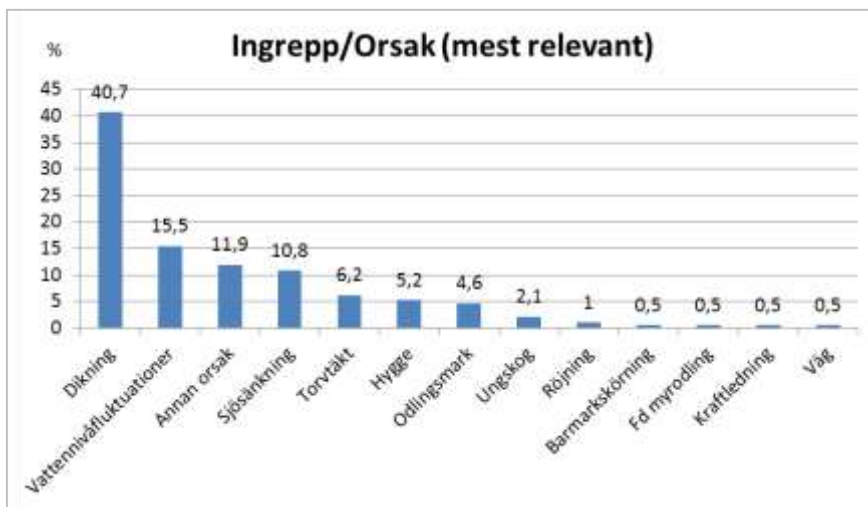
3.10.4 Ingrepp/orsak

Vid flygbildstolkning och fältbesök dokumenteras alla ingrepp/orsaker som syns i ytorna och inom en 500 meter buffertzoon. För respektive ingrepp/orsak redovisas även en inbördes relevans. Fördelningen av alla noterade ingrepp/orsaker (oavsett relevans) kring FI-ytorna visas i figuren nedan (Figur 43). Där framgår det att vanligast ingrepp/orsak var dikning (25,0 %); därefter var fördelningen hygge (12,4 %), väg (11,8 %), ungskog (10,6 %) och vattennivåfluktuationer (8,8 %).



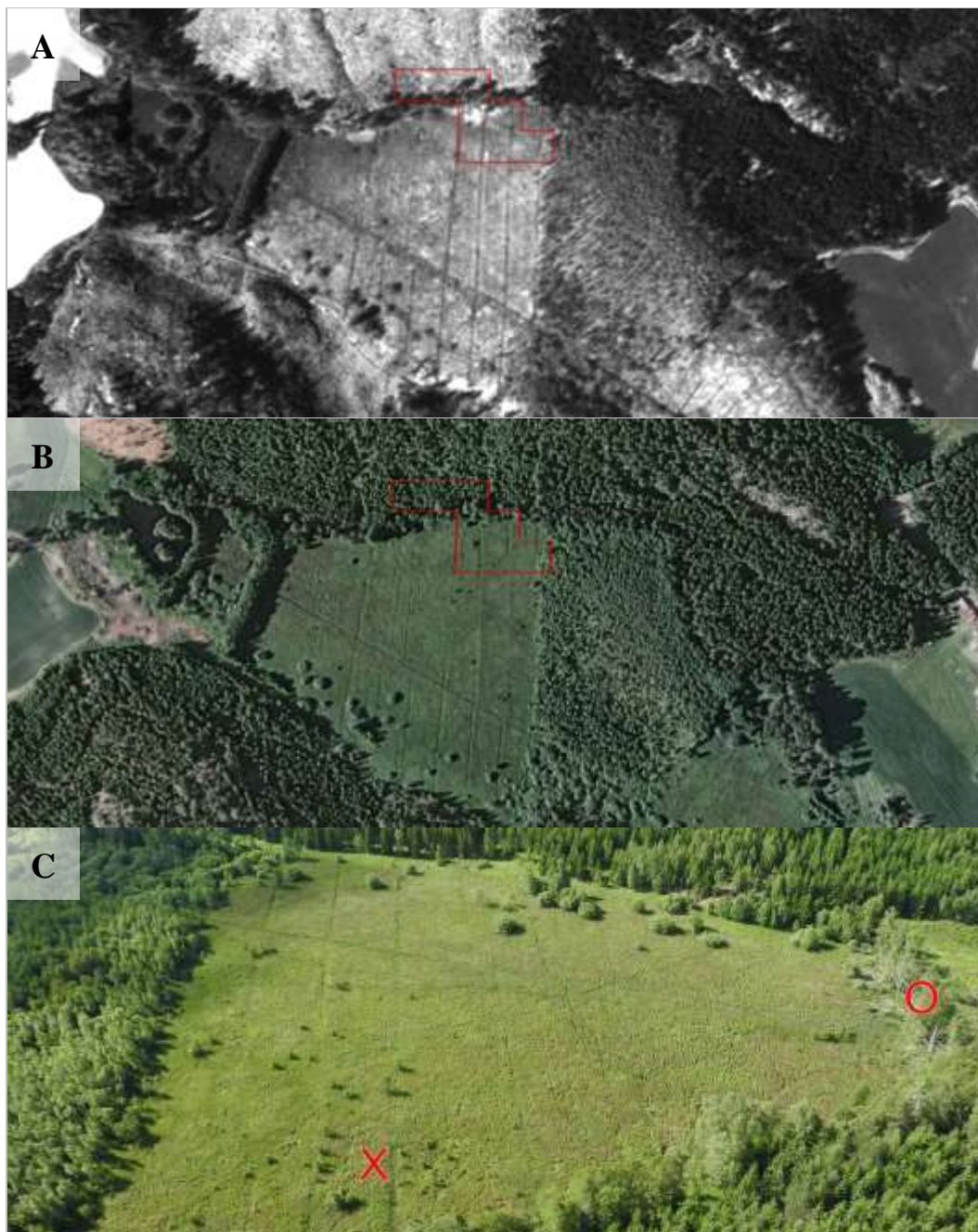
Figur 43. De vanligaste ingreppen/orsakerna för ytor med förändringsindikation då alla noterade ingrepp/orsaker anges utan att ta hänsyn till relevans.

Om man enbart tittar på de ingrepp/orsaker som hade högst relevans för respektive utvärderingsyta framträder dikning som det mest relevanta ingreppet för förändringsindikationen med 40,7 % av alla ingrepp/orsaker (Figur 44); därefter var fördelningen vattennivåfluktuationer (15,5 %), annan orsak (11,9 %), sjösänkning (10,8 %) och torvtäkt (6,2 %).



Figur 44. De vanligaste ingreppen/orsakerna då enbart de med högst relevans för respektive FI-yta inkluderats.

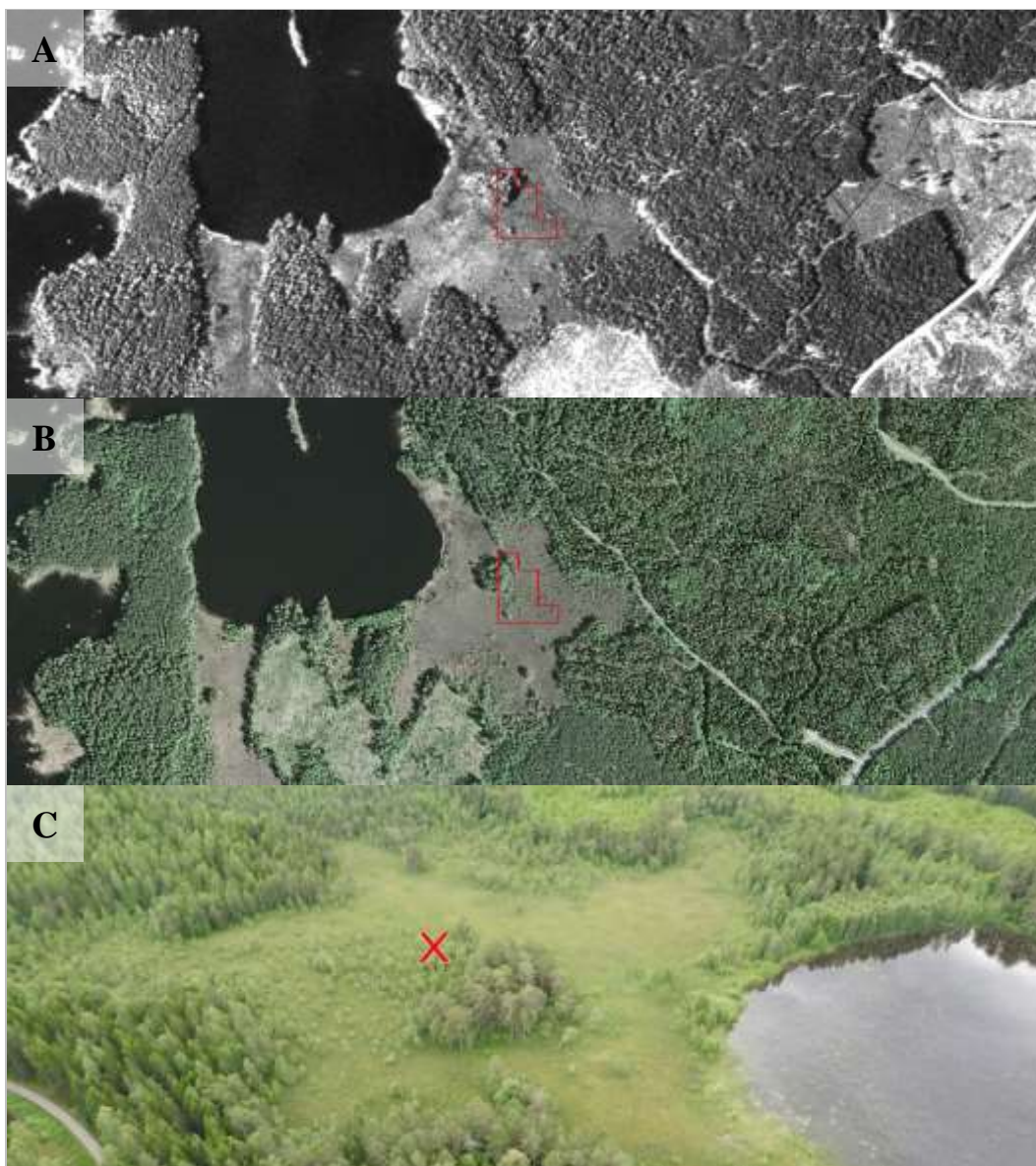
Dikning är med 40,7 % det i särklass vanligaste ingreppet/orsaken enligt utvärderingen (se Figur 44). Figur 45 visar en FI-yta där ett flertal diken finns inom och utanför ytan med kommentar: ”Ytan skiljer sig från myren i stort, mer gräs och tuvor i ytan. Diket gammalt och igenvuxet”. På fotot i Figur 45 C syns spår av bäver (markerat med en röd cirkel).



Figur 45. FI-yta där främsta orsaken är dikning (utvärderingsområde 2, yta nr 9, Malmköping, Flens kommun, Södermanlands län). A) Ortofoto från 1998 där en röd linje markerar den 0,5 ha stora utvärderingsytan. B) Ortofoto från 2011. C) Foto från 2016 i sydlig riktning där ett rött kryss markerar utvärderingsytan och en röd cirkel markerar spår av bäver, Mats Thuresson, Länsstyrelsen Stockholm.

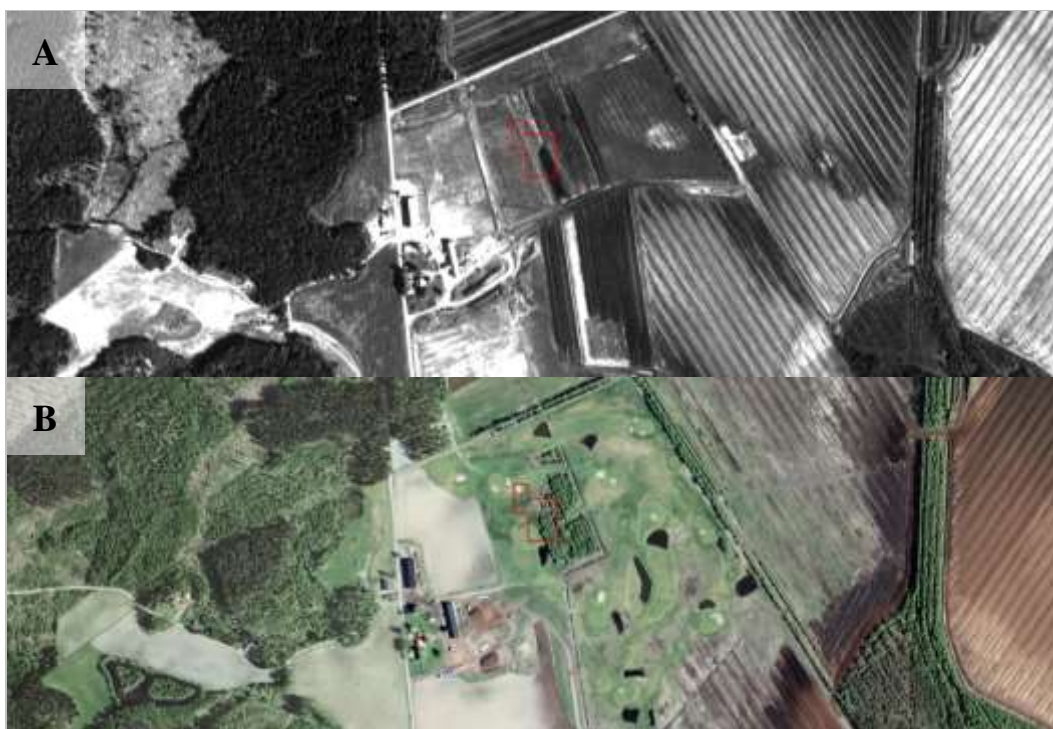
Vattennivåfluktuationer (15,5 %, Figur 44) inom översvämningsområden är det näst vanligaste ingreppet/orsaken enligt utvärderingen. Ett exempel på detta visas i Figur 38 (avsnitt "3.10.2 Överensstämmelse för FI-ytorna").

De ingrepp/orsaker som i utvärderingen angetts som "Annan orsak" (11,9 %, Figur 44) utgörs främst av "uteblivna översvämningar p.g.a. vattennivåreglering" alternativt "minskad översvämningsfrekvens" längs Dalälven (Figur 46). Innan vattennivåregleringarna hade bl.a. gran svårt att etablera sig eftersom områdena ofta översvämmades i samband med vår- och höstfloder.



Figur 46. FI-yta där främsta orsaken är uteblivna översvämningar p.g.a. vattennivåreglering (utvärderingsområde 1, yta nr 50, Bredviken, Tierps kommun, Uppsala län). A) Ortofoto från 1995 där en röd linje markerar den 0,5 ha stora utvärderingsytan. B) Ortofoto från 2009. C) Foto från 2016 i sydlig riktning där ett rött kryss markerar utvärderingsytan, Henrik Berg, Länsstyrelsen Västmanland.

Figur 47 visar en FI-yta i Uppsala där en golfbana anlaggs på en torvtäkt.



Figur 47. FI-yta där en golfbana anlaggs på en torvtäkt (utvärderingsområde 1, yta nr 52, Heby, Heby kommun, Uppsala län). A) Ortofoto från 1995 där en röd linje markerar den 0,5 ha stora utvärderingsytan. B) Ortofoto från 2009.

3.11 Exempelområden

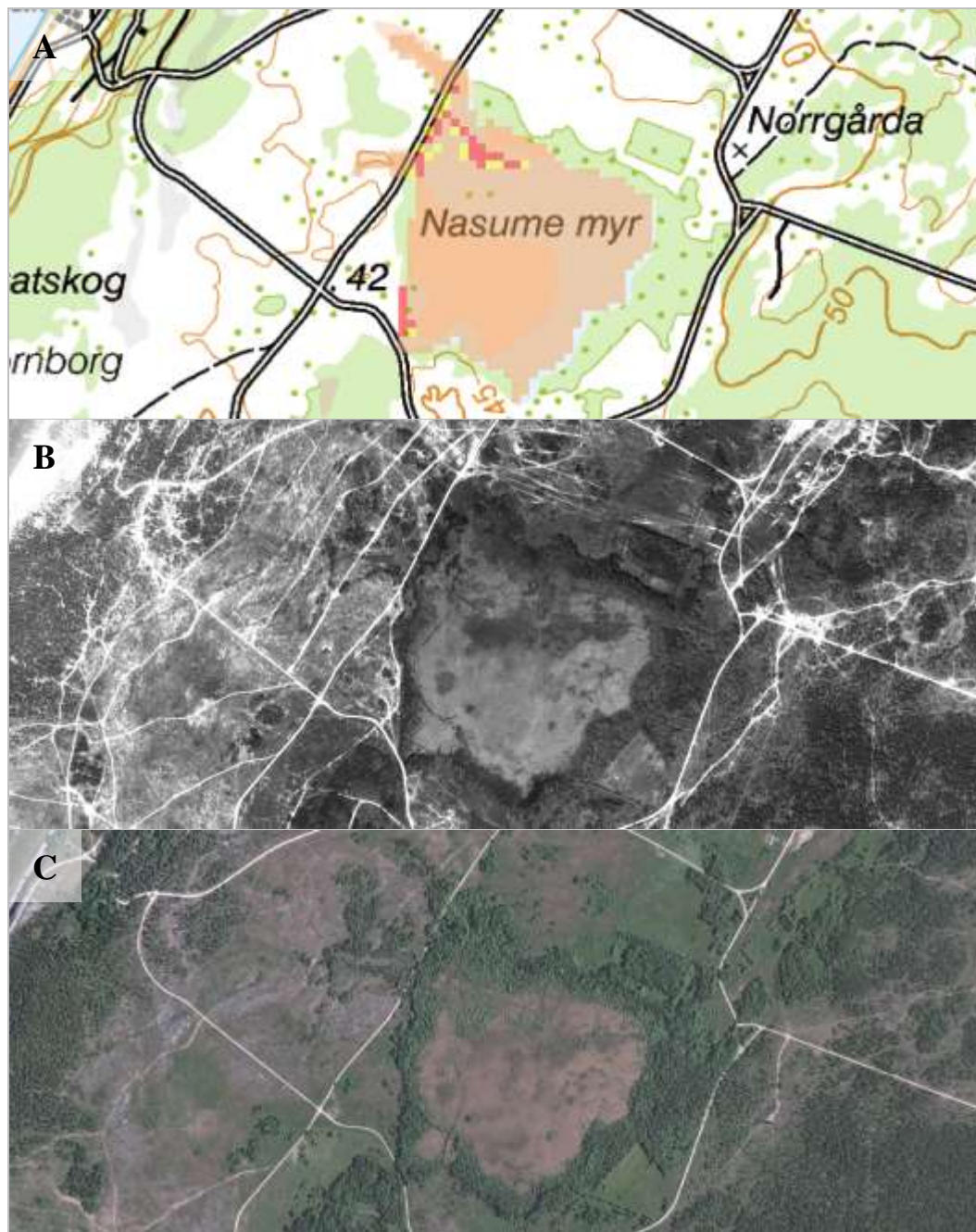
Ett antal exempel har tagits fram för att illustrera olika typer av ingrepp/orsaker som gett upphov till förändringar i den öppna myren. Figur 48 visar en översiktskarta för de exempelområden som beskrivs nedan.



Figur 48. Översiktskarta exempelområden.

Nasume myr (Gotland)

Figur 49 visar Nasume myr som ligger på Tofta skjutfält några mil söder om Visby. Sedan 1998 har delar av myren växt igen vilket också detekterats av förändringsanalysen, t.ex. i nordvästra hörnet samt i sydvästra kanten (röda och gula markeringar i Figur 49 A).



Figur 49. Nasume myr på västra Gotland är en hydrologiskt störd myr. A) Förändringsindikation från analysen visas med säker förändring i rött; potentiell förändring i gult och analyserat område i ljusbrunt. I bakgrunden visas terrängkartan. B) Ortofoto från 1998. C) Ortofoto från 2010.

Myrvidden var tidigare helt öppen och dominerad av ag, i princip helt opåverkad från dränerade åtgärder. Idag är Nasume myr hydrologisk störd p.g.a. ett dränerande dike (i nord-sydlig riktning). Vattennivån har sänkts och de forna öppna vattenspeglarna är nästan försvunna, samtidigt har agen slutit sig och vedväxter har vandrat ut i myrytan. En första åtgärd för att rädda myren från igenväxning är att lägga igen diket.

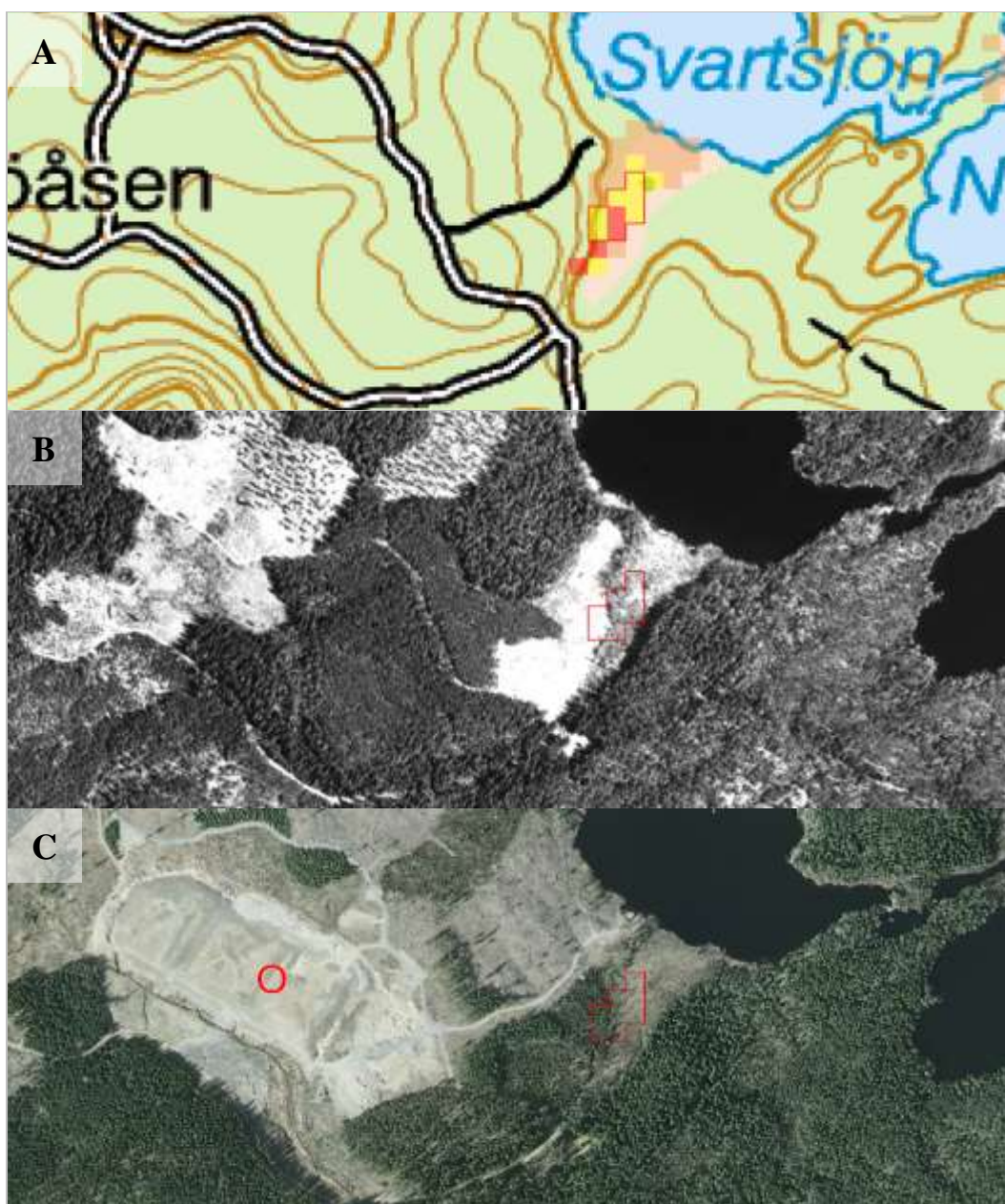
Figur 50 visar ett foto över Nasume myr från ett fältbesök i september 2014.



Figur 50. Nasume myr, september 2014, Foto: Magnus Martinsson, Länsstyrelsen Gotland.

Övre Svartsjön (Hultfreds kommun, Kalmar län)

Figur 51 visar en FI-yta som bedömts som "verifierad förändring" där främsta orsaken är ett tillflöde från en deponi av kvicksilversediment. Deponin (markerad med en röd cirkel i Figur 51 C) kommer från rensning av Svartsjöarna som ligger i närheten. Deponin tillkom under studerad tidsperiod och bidrar sannolikt till en ökad närings- och vattentillförsel genom utvärderingsytan.



Figur 51. Deponi av kvicksilversediment intill FI-yta bedömd som "verifierad förändring" (utvärderingsområde 3, yta nr 3, Övre Svartsjön, Hultfreds kommun, Kalmar län).
 A) Förändringsindikation från analysen visas med säker förändring i rött; potentiell förändring i gult och analyserat område i ljusbrunt. I bakgrunden visas terrängkartan.
 B) Ortofoto från 1995 där en röd linje markerar den 0,5 ha stora utvärderingsytan.
 C) Ortofoto från 2009 där en röd cirkel markerar deponin av kvicksilversediment.

Figur 52 visar ett foto från fältutvärderingen 2016 taget i västlig riktning över deponin av kvicksilversediment (markerad med en röd cirkel) som avvattnas genom utvärderingsytan (markerad med ett rött kryss).



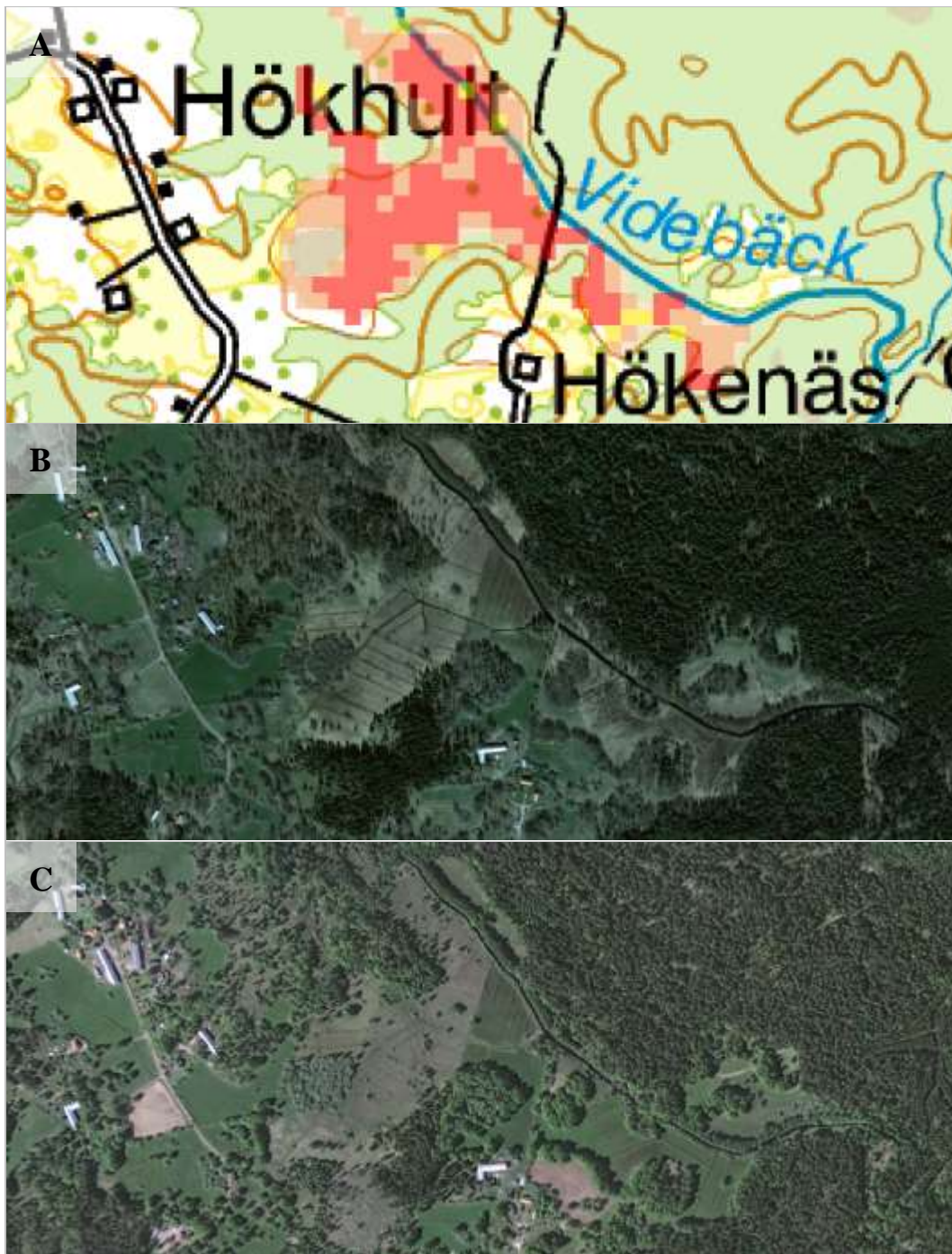
Figur 52. Foto från 2016 i västlig riktning över deponin av kvicksilversediment (markerad med en röd cirkel) som avvattnas genom utvärderingsytan (markerad med ett rött kryss). Foto: Nicklas Jansson, Länsstyrelsen Östergötland.

Hökhult (Mönsterås kommun, Kalmar län)

Figur 53 visar ett dikat område med förändringsindikation vid Hökhult i Kalmar län.

De yttre delarna av området med förändringsindikation utgörs av aktiv slåtter- och betesmark. I slåttermarken i den nordöstra och östra delen av områden har det inte tillkommit några träd eller buskar, och förändringsindikationen i just dessa områden kan bero på skillnader i fenologi eller blöthet mellan satellitbilderna som använts i analysen.

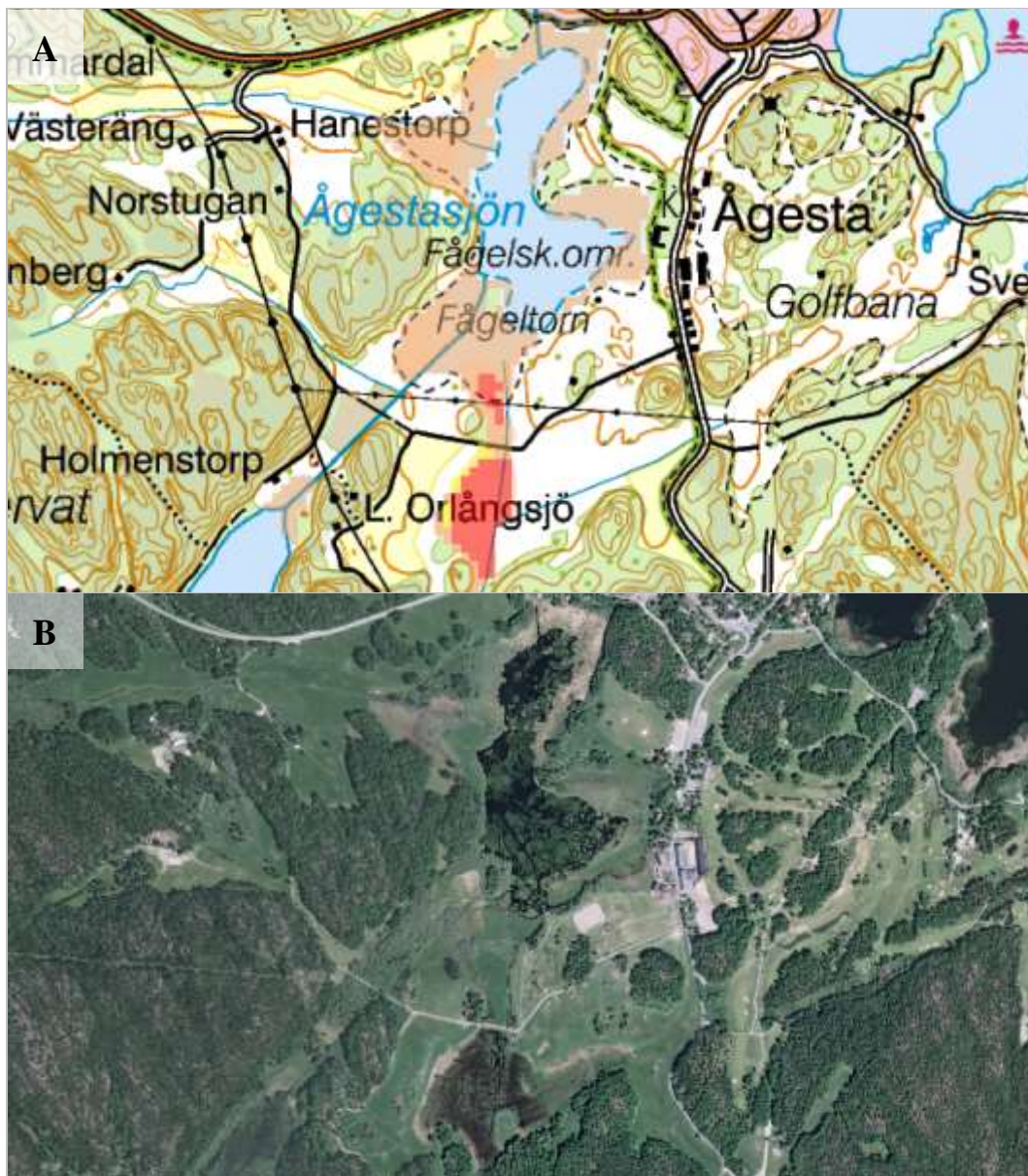
I den centrala delen av området med förändringsindikation hävdas inte marken och man kan ana att mängden träd och buskar ökat. En ökad igenväxning kan följas i ortofoton från 2007 och framåt.



Figur 53. Ett dikat område som delvis består av slåttermark. (Hökhult, Mönsterås kommun, Kalmar län). A) Förändringsindikation från analysen visas med säker förändring i rött; potentiell förändring i gult och analyserat område i ljusbrunt. I bakgrunden visas terrängkartan. B) Ortofoto från 2007. C) Ortofoto från 2010.

Ågestasjön med omgivande våtmarker (Huddinge kommun, Stockholms län)

Figur 54 visar Ågestasjön som är en grund och näringsrik sjö i Huddinge kommun. Området är ett klass 1-objekt (mycket högt naturvärde) från våtmarksinventeringen och har ett stort värde för fågellivet, både som häck- och rastlokal. Ågestasjön med dess omgivningar ingår i det kommunala Orlångens naturreservat. Söder om sjön ligger våtmarksområdet Pumphusängen där analysen gav förändringsindikation (röd markering vid "L. Orlångsjö" i Figur 54 A).



Figur 54. Ågestasjön med dess omgivning ingår i det kommunala Orlångens naturreservat (Huddinge kommun, Stockholms län). A) Söder om sjön vid L. Orlångsjö ligger våtmarksområdet Pumphusängen. Förändringsindikation från analysen visas med säker förändring i rött; potentiell förändring i gult och analyserat område i ljusbrunt. I bakgrunden visas terrängkartan. B) Ortofoto från 2011.

Vid Ågestasjön med omgivningarna har det under den aktuella tiden för satellitanalysen genomförts omfattande restaureringsåtgärder (Figur 55).



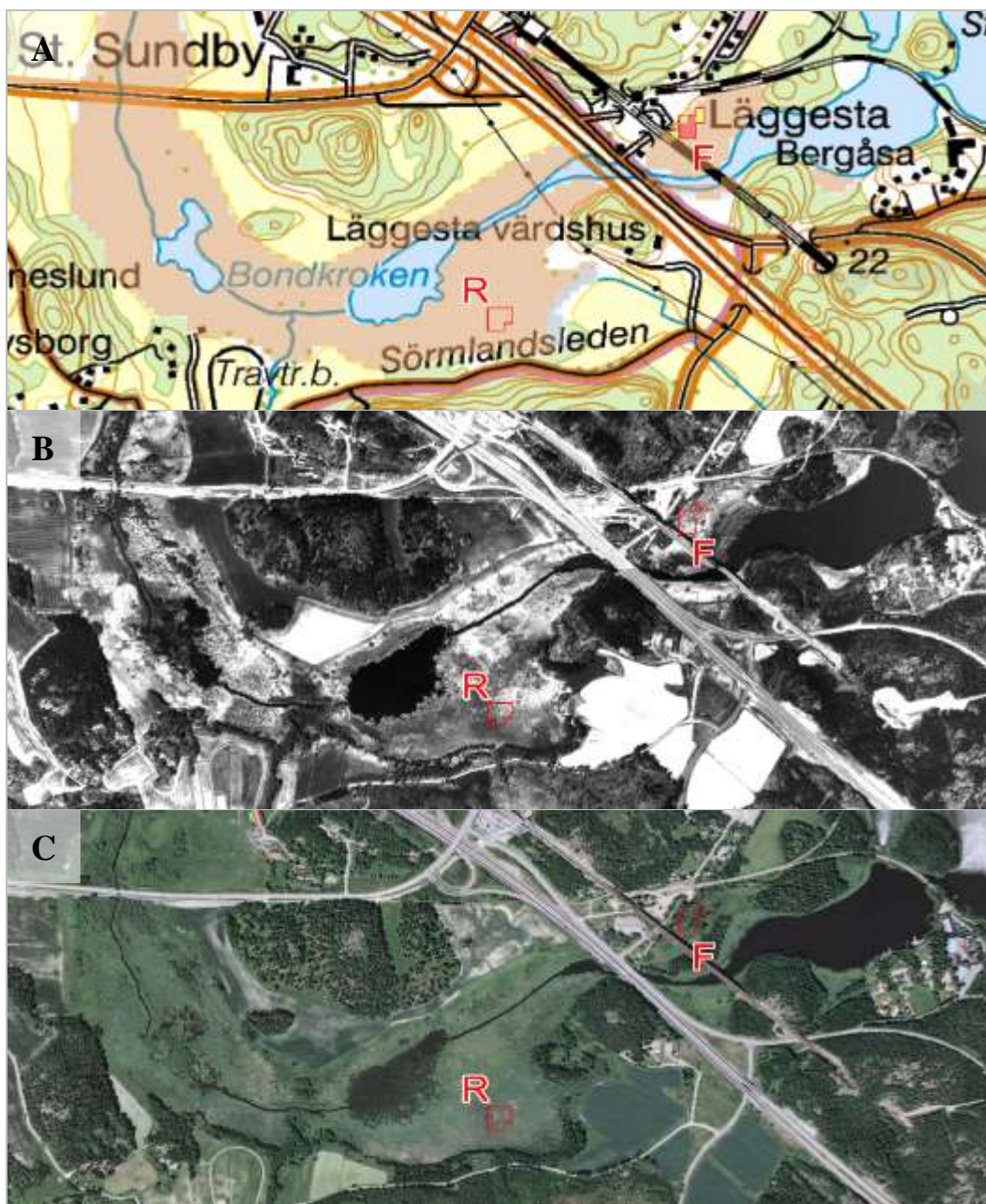
Figur 55. Restaurering av Ågestasjön med 16-hjulig amfibietraktor. Foto: Thomas Strid, Huddinge kommun.

Förutom fräsning och röjning av fuktmarkerna vid sjöns strand så anlades det år 1999 en mindre vattenregleringsanläggning, en så kallad munk, söder om sjön vid Pumphausängen. Syftet är att åstadkomma ett högt vårvattenstånd som bland annat gynnar vadarfåglar. Under torrare sommarperioder kan området betas av nötkreatur och/eller hästar. Ratorna, d.v.s. de områden betesdjuren väljer att inte beta, bearbetas ibland maskinellt.

Orsaken till resultatet av förändringsanalysen kan enligt Thomas Strid (personlig kommunikation, 2017) vara den stora vattenståndsvariationen mellan åren och inom åren. Vid torra förhållanden kan dessa våtmarker bli väl betade eller avslagna medan de andra år har upp till ca 1,5 meter djupt vatten och kan därmed ha en annan karaktär med betydligt mer vegetation.

Bondkroken (Strängnäs kommun, Södermanlands län)

Figur 56 visar Bondkroken, som ligger vid Räcksta å mellan Åkers styckebruk och Mariefred. Utöver bebyggelsen kännetecknas trakten av odlingsmark, ädellövskog och rekreationsområden. Våtmarken innehåller två utvärderingsytor, dels en verifierad förändringsyta (F) och dels en verifierad referensyta (R).



Figur 56. Våtmarken Bondkroken med en verifierad referensyta (R) och en verifierad förändringsyta (F), utvärderingsområde 2, yta nr 22 (F) och yta nr 42 (R), Strängnäs kommun, Södermanlands län. A) Förändringsindikation från analysen visas med säker förändring i rött; potentiell förändring i gult och analyserat område i ljusbrunt. I bakgrunden visas terrängkartan. B) Ortofoto från 1998. C) Ortofoto från 2011.

I trakten har odling och järnbruk varit den dominerande verksamheten under lång tid. För att öka tillgången av odlingsbar mark dränerades översvåmningsmarker i området med början på sent 1800-tal. Uppströms i Bondkroken finns markavvattningsföretag från denna tid. I modern tid har regionen exploaterats och genomkorsas i dagsläget av storskalig infrastruktur.

Området i sin helhet är av riksintresse med särskilt stora natur- och kulturvärden, samt av betydelse för friluftsliv och turism. Till exempel omfattas Åkers styckebruk och Gripsholm-Mariefred av riksintresse för kulturmiljövård. Enligt rapporten Strategi för formellt skydd av skog (Länsstyrelsen i Södermanlands län, 2006) ligger Bondkroken inom den skogliga värdestrakten *Mälarens öar och strandskogar med omgivning*. Figur 57 visar den verifierade referensytan (R) i Bondkroken som ligger i ett av de värdefulla landskapsområden som utpekats i rapporten Landskapsstrategi för Södermanlands län (Länsstyrelsen i Södermanlands län, 2010).



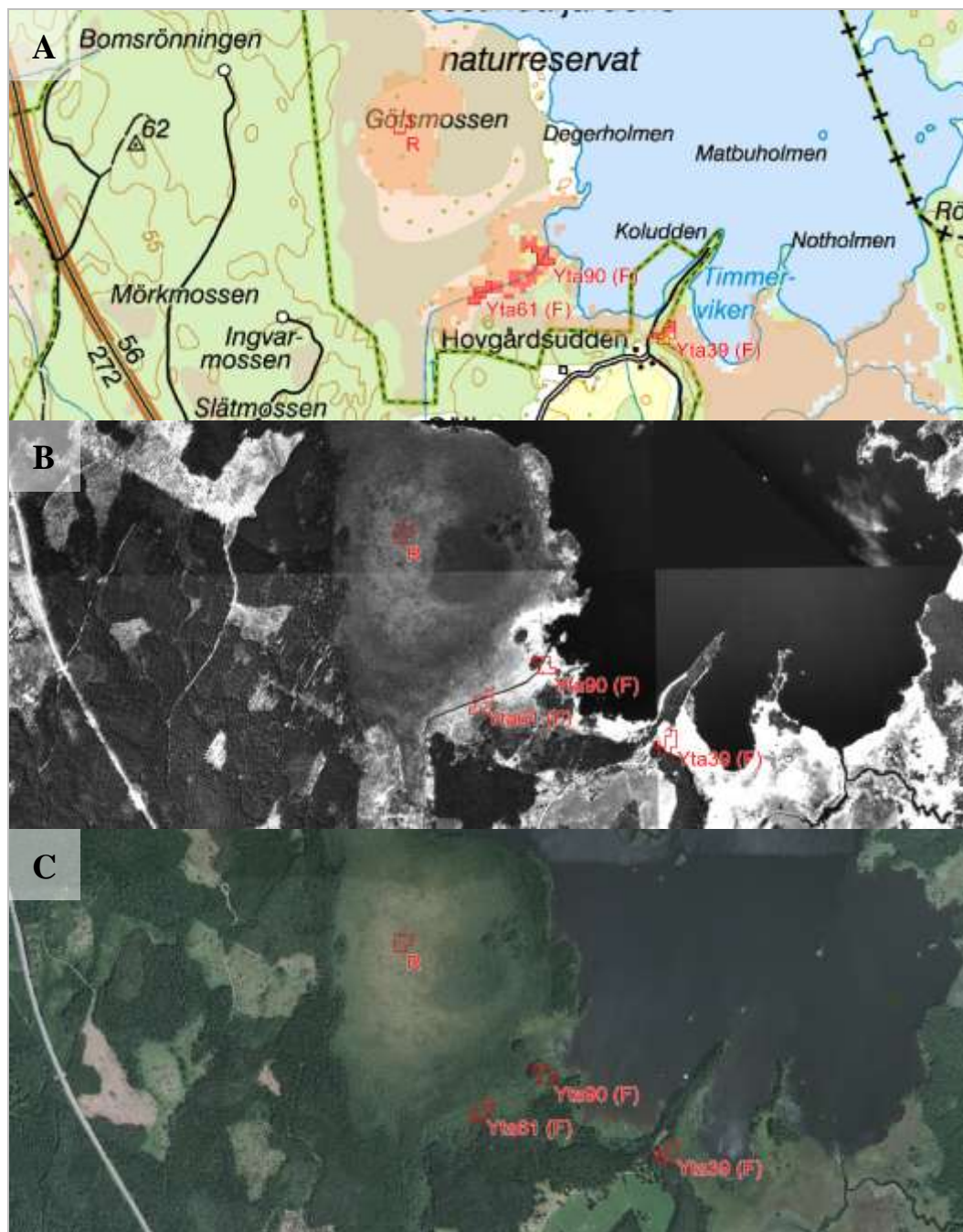
Figur 57. Vy i östlig riktning över Bondkroken med den verifierade referensytan (R) från fältutvärderingen 2016. Foto: Mats Thuresson, Länsstyrelsen Stockholm.

De utmärkande formerna i landskapet är höjdområden med mellanliggande låga partier och dalgångar. Råcksta å rinner fram genom en av dessa dalgångar och åns sydligaste sträckning kallas Bondkroken – antagligen för att ett höjdområde i söder tvingar flödet att göra en krok österut in i Mariefredsviken. Hela vattensystemet är ett våtmarksområde med mycket högt naturvärde enligt våtmarksinventeringen. Vid högflöden kan Bondkroken översvämmas.

Den verifierade förändringen i ytan (F) förklaras med att ytan genomgår naturlig igenväxning.

Gölsmossen (Heby kommun, Uppsala län)

Figur 58 visar Gölsmossen i Hedesundafjärdens naturreservat. Reservatet ligger vid en fjärd i Dalälven. Dalälven är en av de älvar i Sverige som tidigast byggdes ut med vattenkraft varför kraftverken här är relativt gamla.



Figur 58. Gölsmossen i Hedesundafjärdens naturreservat med en verifierad referensyta (R) och tre verifierade förändringsytor, utvärderingsområde 1, yta nr 6 (R), yta 39 (F), yta 61 (F) och yta 90 (F), Heby kommun, Uppsala län. A) Förändringsindikation från analysen visas med säker förändring i rött; potentiell förändring i gult och analyserat område i ljusbrunt. I bakgrunden visas terrängkartan. B) Ortofoto från 1994. C) Ortofoto från 2011.

En tänkbar förklaring till förändringarna som kunde påvisas i analysen på denna plats är att just denna del av älven sedan 1979 korttidsreglerats. Vattenytans förändringar i amplitud har troligen minskat sedan regleringen. Den påverkan på miljön som denna reglering innebär pågår fortfarande. Det medför att svämmarkerna har blivit torrare vilket succesivt leder till att vedartade växter tränger in. Frågan är komplex, många av de här markerna har påverkats av slåtter eller bete vilket har bidragit till att hålla dem öppna.

Figur 59 visar en helikoptervy från fältutvärderingen 2016 taget i nordlig riktning över den verifierade förändringsytan (yta nr 39).



Figur 59. Foto från 2016 i nordlig riktning där utvärderingsyta nr 39 är markerad med röd text, Henrik Berg, Länsstyrelsen Västmanland.

Ställbergsmossen (Skinnskattebergs kommun, Västmanlands län)

Figur 60 visar Ställbergsmossen, ett mindre våtmarkscomplex som fått klassningen "Högt naturvärde" i våtmarksinventeringen. Våtmarken ligger i ett landskap med brukad skogs- och åkermark, och består till största delen av ett sumpkärr med genomgående surdråg. Området är relativt blött och analysen visar att en relativt stor del har förändringsindikation.

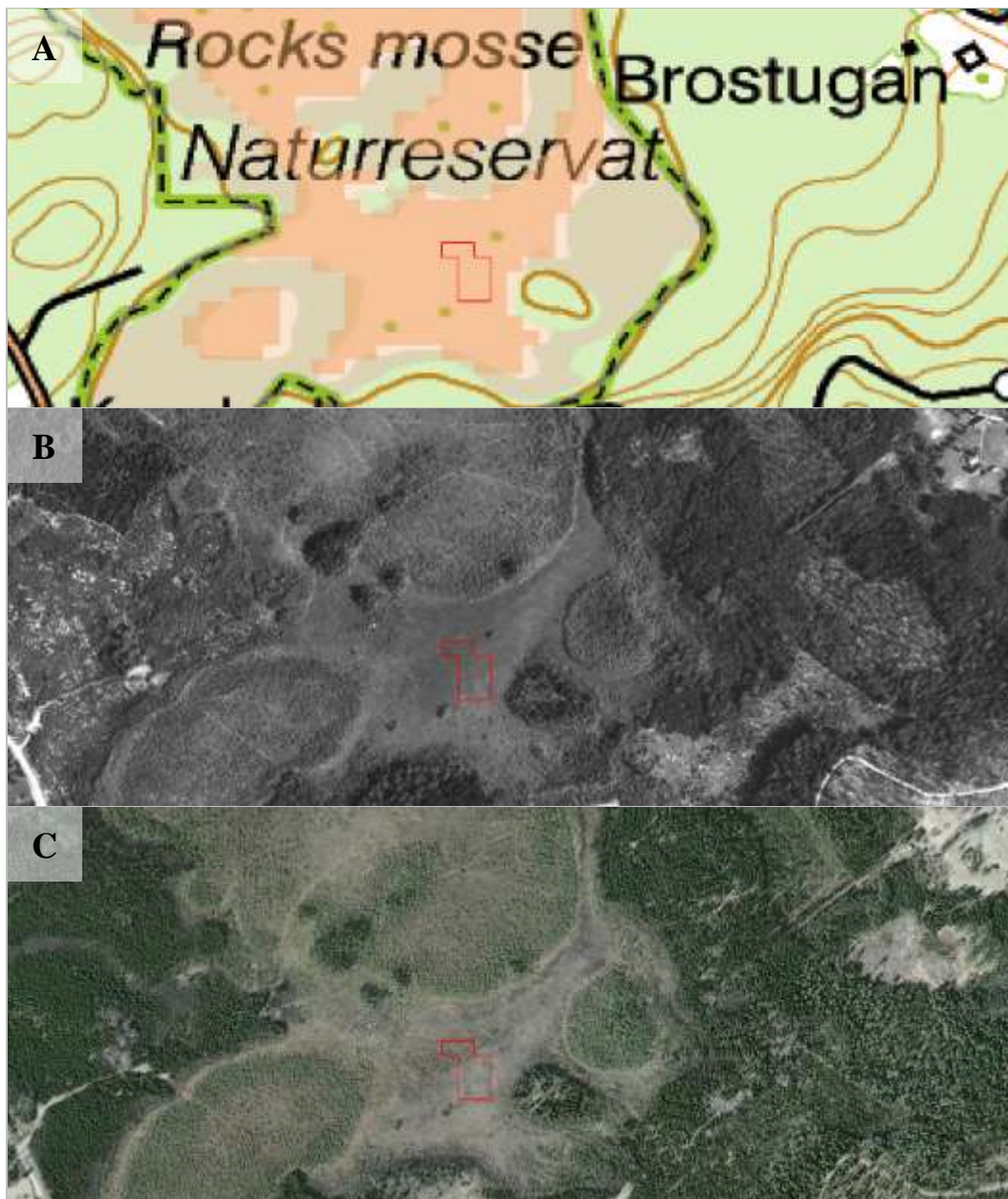


Figur 60. Ställbergsmossen som fått klassningen "Högt naturvärde" i våtmarksinventeringen (Skinnskattebergs kommun, Västmanlands län).
 A) Förändringsindikation från analysen visas med säker förändring i rött; potentiell förändring i gult och analyserat område i ljusbrunt. I bakgrunden visas terrängkartan.
 B) Ortofoto från 2010.

En ökad igenväxning kan också följas i ortofoton från 2007 och framåt, och är uppenbar vid en jämförelse med ekonomiska kartan från 1960-talet. Våtmarken är inte tydligt dikningspåverkad, även om ett dike går längs dess södra kant. Vattenföringen i kärret varierar mellan fototillfällena, men det ser inte ut som om den har minskat med tiden. En förklaring till den ökade igenväxningen skulle kunna vara näringstillförsel från närliggande åkermarker, främst uppströms våtmarken. Skogsavverkningar uppströms kan också ha bidragit.

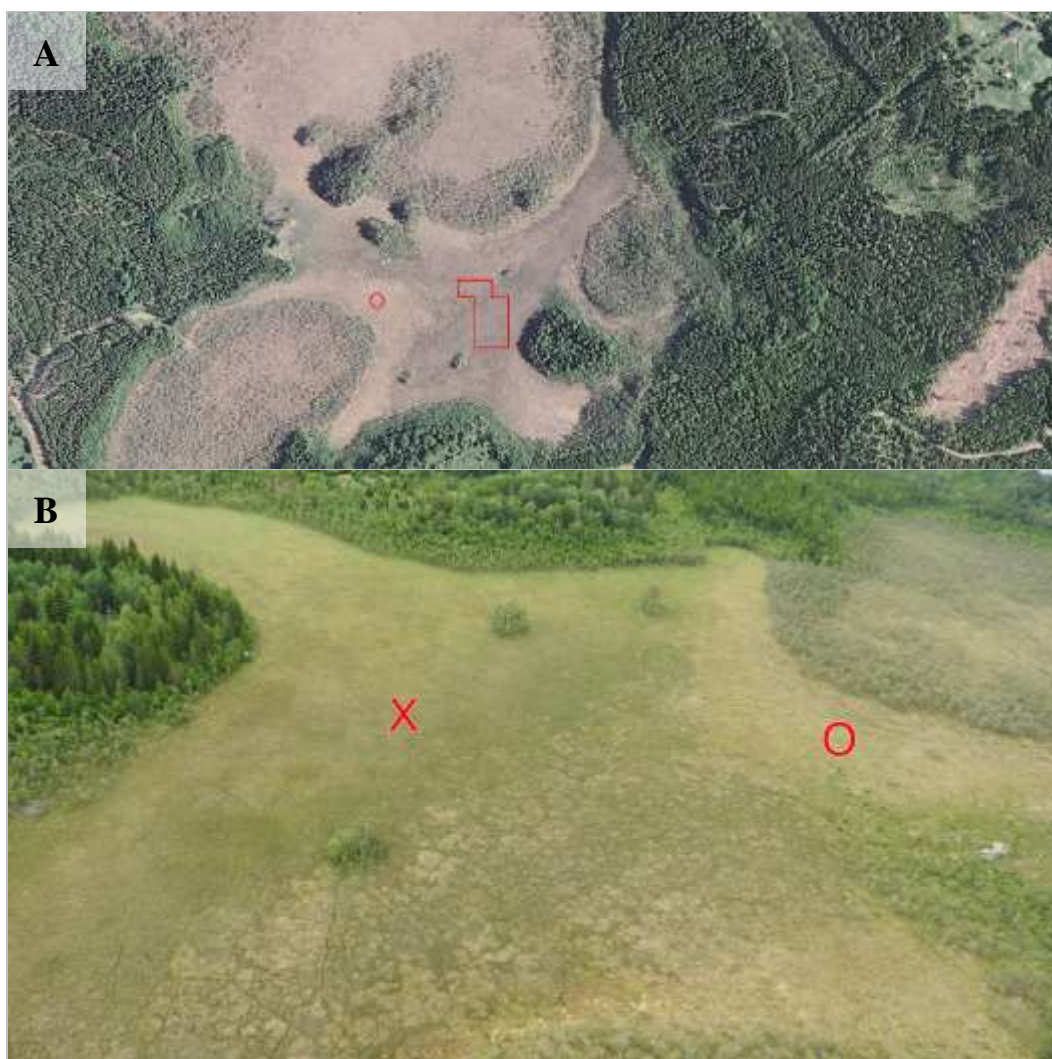
Rocks mosse (Ydre kommun, Östergötlands län)

Figur 61 visar Rocks mosse som är ett naturreservat på drygt 90 ha, varav hälften består av högmossar och rikkärr och andra hälften av lövsumpskogar och skogbevuxen myr. I området finns en verifierad referensyta (röd linje). Enligt förändringsanalysen är hela det analyserade området oförändrat (Figur 61 A) även om det förekommer busk- och träduppslag längs skogskanterna vid både tidpunkt 1999 (Figur 61 B) och tidpunkt 2009 (Figur 61 C).



Figur 61. Referensyta som ligger inom ett naturreservat (utvärderingsområde 3, yta nr 14, Rocks mosse, Ydre kommun, Östergötlands län). A) Förändringsindikation från analysen visas med säker förändring i rött; potentiell förändring i gult och analyserat område i ljusbrunt. I bakgrunden visas terrängkartan. B) Ortofoto från 1996 där en röd linje markerar den 0,5 ha stora utvärderingsytan. C) Ortofoto från 2009.

Figur 62 A från sommaren 2013 visar samma område som Figur 61. På bilden syns tydligt att den igenväxning som noterades som busk- och träduppslag avverkats (under vår-vintern 2013). Det område på bilden där avverkning genomförts indikeras med en röd cirkel. Vid överflygning med helikopter under sommaren 2016 (Figur 62 B) noterades att avverkade buskar och träd lämnats i terrängen.

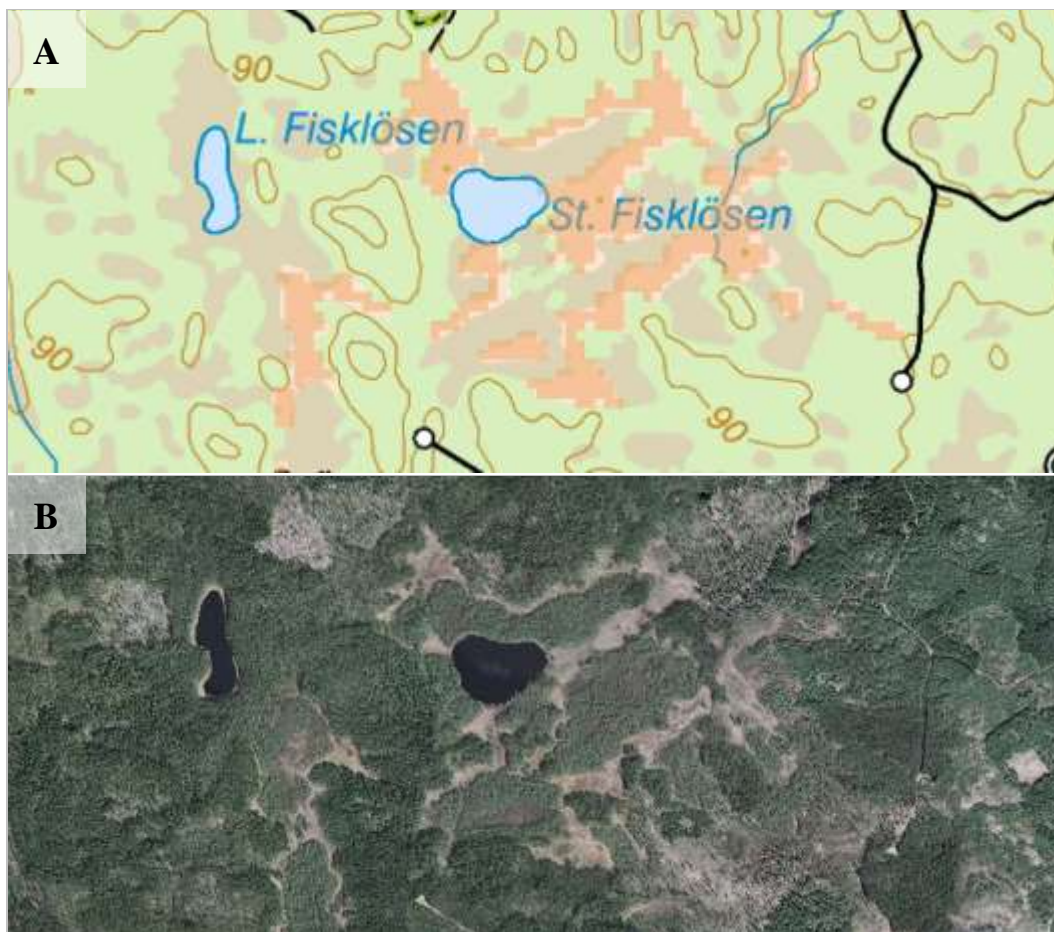


Figur 62. Rocks mosse där trädavverkning (röd cirkel) genomförts efter 2009 (jmf med Figur 61). A) Ortofoto från 2013 där en röd linje markerar den 0,5 ha stora utvärderingsytan. B) Helikoptervy från 2016 i sydlig riktning där ett rött kryss markerar utvärderingsytan. Foto: Nicklas Jansson, Länsstyrelsen Östergötland.

De trädavverkningar som sågs vid helikopterfärden över området 2016, och nämns i bildtexten till Figur 62, utgörs av ungträd som röjts bort som en åtgärd inom EU:s Life-projekt "Life to ad(d)mire". Syftet med Life-projektet är att återskapa ytor som en gång i tiden hävdats och var öppna mosseplan. Förhoppningen är att fåglar som behöver stora, öppna våtmarksytor för att häcka återkommer.

Fisklösemossen (Finspångs kommun, Östergötlands län)

Figur 63 visar Fisklösemossen, ett område som är planerat att bli naturreservat. Området som är ca 80 ha, har höga naturvärden i form av småskalig mosaik med mossar och kärr av olika karaktär, myrholmar och kringliggande sumpskogar samt fastmarker med gammal skog. Enligt förändringsanalysen är området oförändrat, vilket stärker områdets skyddsvärde ytterligare.

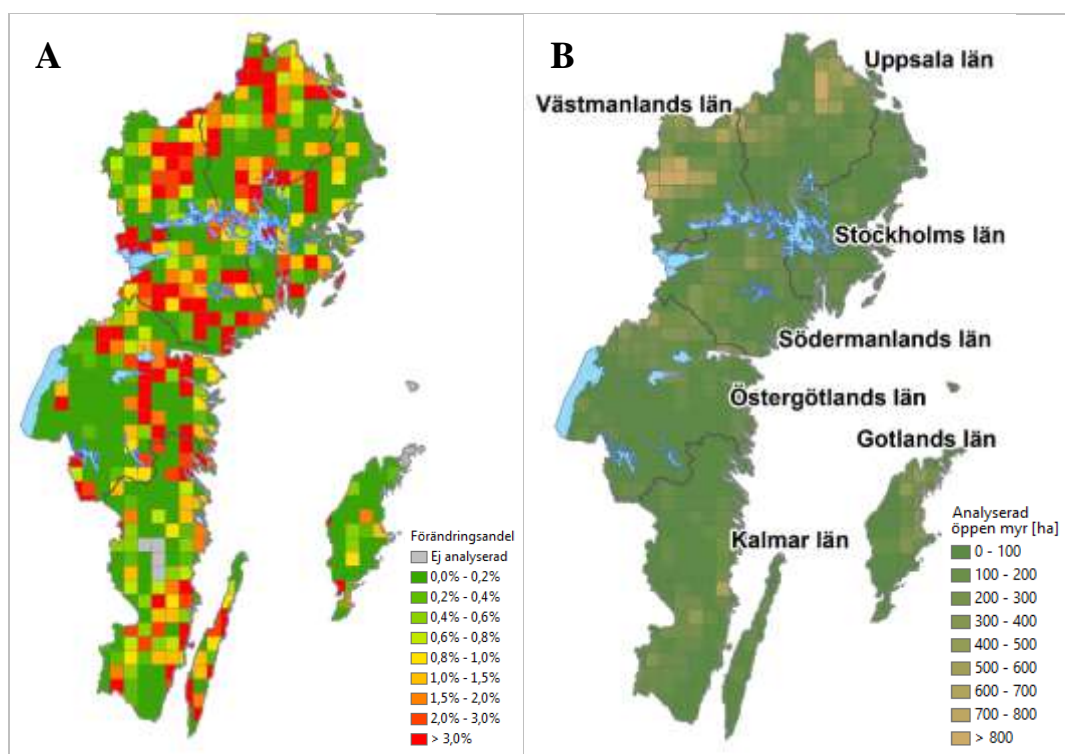


Figur 63. Fisklösemossen är planerat att bli naturreservat (Finspångs kommun, Östergötlands län). A) Förändringsindikation från analysen visas med säker förändring i rött; potentiell förändring i gult och analyserat område i ljusbrunt. I bakgrunden visas terrängkartan. B) Ortofoto från 2008.

4 Diskussion

Den satellitbaserade metoden detekterar snabba förändringar i den öppna myren som beror på mänsklig påverkan, till exempel om myren börjar växa igen på grund av skogsbruk, dikningar, dikesrensningar, skyddsdikning, tillförsel av luftburna näringsämnen, upphörd hävd, vägbyggen, med mera i dess närhet.

Ett intressant resultat från förändringsanalysen är hur förändringsindikationerna fördelar sig över undersökningsområdet. Figur 64 visar en förändringskarta (indexruta 10 km) tillsammans areal analyserad myr per indexruta 10 km.



Figur 64. A) Förändringskarta (10 km-ruta). B) Areal analyserad myr (10 km-ruta).

Förändringskartan (Figur 64) visar en låg andel förändrad myr för Gotland och centrala Östergötland.

Ett relativt stort och myrrikt område med hög andel förändrad myr finns i norra delen av Uppsala län (Figur 64). Förändringarna sammanfaller väl med upprätthållande av markavvattningsföretag där vattennivån är sänkt för att gynna odling. Äldre diken har ofta fortsatt markavvattande effekt på våtmarkerna, speciellt om de rensas regelbundet.

I området som omger Hjälmaren (Västmanlands och Södermanlands län) visar förändringskartan hög andel förändrad myr (Figur 64). Den satellitbaserade våtmarksövervakningen som genomfördes för Värmland/Västra Götaland/Örebro 2014-2015 (Hahn & Wester, 2015) visade också att andelen förändrad myr var hög för området kring den västra delen av Hjälmaren (Örebro län).

4.1 Användningsområden

De huvudsakliga användarna av resultaten består framför allt av nationella, regionala och lokala myndigheter som Naturvårdsverket, länsstyrelser och kommuner.

Resultatet ger i första hand möjlighet att urskilja igenväxningstrender i enskilda våtmarker som avviker från synkron storskalig variation eller storskaliga trender som kan orsakas t.ex. av regional ökning av luftburna näringsämnen.

Förändringskartorna utgör ett viktigt underlag för att beskriva tillståndet i våtmarkerna. Var finns de största förändringarna, var är det oförändrat?

Resultatet kan kombineras med respektive läns naturvärdesklassningar från VMI och användas för att detektera vegetationsförändringar i enskilda VMI-objekt (Hahn et al, 2015; Jonson, 2007). Vilka VMI-objekt och klasser har förändrats mest?

Befintliga skydd av våtmarker och genomförda restaureringsåtgärder kan följas upp med stöd av resultatet från undersökningen. Har skyddet hjälpt? Har restaureringen gett effekt?

Områden som identifierats med stor andel förändring utgör ett underlag inför nya restaureringar av våtmarker. På detta sätt kan t ex länsstyrelserna identifiera/prioritera vilka våtmarksobjekt som behöver restaureras (Hahn et al, 2013).

Resultatet från den satellitbaserade våtmarksövervakningen ingick även som delmängd av indata i en omfattande behovsanalys över Norrbotten som syftade till att besvara frågan "Var i länet finns behov av att restaurera våtmarker?" (Backe et al, 2016). Kartor som visar mått för naturvärden och påverkan togs fram. Med hjälp av detta underlag kan restaureringssatsningar göras på rätt plats för att förbättra och bibehålla funktionen i länets myllrande våtmarker.

Utanför delprogrammets ordinarie verksamhet har myrvegetationstypskartor tagits fram för Norrbottens, Dalarnas och Gävleborgs län. De framtagna myrvegetationstypskartorna baseras på översättningstabeller från "basklassningens spektrala våtmarksenheter" till välkända hydrologiska vegetationstyper (Hahn et al, 2014; Hahn et al, 2016). Myrvegetationstypskartan har flera tillämpningsområden, t.ex. att hitta unika livsmiljöer för viktiga arter och studier av biologisk mångfald. En intressant redan genomförd tillämpning är "Biogeografisk uppföljning av myrfåglar" i Norrbotten (Engström & Backe, 2013). I pilotstudien gjordes ett urval av de våtmarksenheter från basklassningen som ansågs vara lämpliga biotoper för de aktuella fågelarterna. De utvalda myrtyperna utgjordes av blöta myrar, framför allt frodiga och magra lösbottnar.

Underlaget som tas fram kommer att utgöra ett unikt material även för framtida analyser av våtmarkernas tillstånd och utveckling. Exempel på analys av fler tidsperioder finns beskrivet i länsrapporten för Dalarna/Gävleborg (Hahn et al, 2015).

Referenser

- Backe, S., Eriksson, K. & Gunnarsson, U., 2012. *Markanvändningsrelaterade vegetationsförändringar inom öppen myr*. Länsstyrelsen i Norrbottens län, Rapport 2012:4.
- Backe, S., Hahn, N., Wester, K., 2016. *Var finns det behov av att restaurera våtmarker i Norrbottens län?* Länsstyrelsen i Norrbottens län, Rapport 6/2016.
- Boresjö Bronge, L. & Näslund-Landenmark, B., 2002. *Wetland classification for Swedish CORINE Land Cover adopting a semi-automatic interactive approach*. Canadian Journal of Remote Sensing, vol. 28, No 2, s 139-155.
- Boresjö Bronge, L., 2006. *Satellitdata för övervakning av våtmarker - Slutrapport*. Länsstyrelsen Gävleborgs län, Rapport 2006:36, Länsstyrelsen Dalarnas län, Rapport 2006:38.
- Engström, H. & Backe, S., 2013. *Inventering av myrfåglar i Norrbotten - Pilotstudie inom Biogeografisk uppföljning*. Länsstyrelsen i Norrbottens län, Rapport 19/2013.
- Eriksson, K., Wester, K., Hahn, N., Hedvall, T. & Alsam, S., 2012. *Satellitbaserad övervakning av våtmarker - Slutrapport Västerbotten*. Länsstyrelsen Västerbotten, Meddelande 24:2012.
- Fredén, C. (red), 1998. *Berg och jord*. SNA Förlag.
- Gunnarsson, U. & Löfroth, M., 2009. *Våtmarksinventeringen - resultat från 25 års inventeringar*. Naturvårdsverket, Rapport 5925.
- Hahn, N. & Wester, K., 2015. *Satellitbaserad övervakning av våtmarker - Slutrapport Värmlands, Västra Götalands och Örebro län*. Länsstyrelsen Värmland, Publikationsnummer 2015:40, Länsstyrelsen Västra Götaland, Rapport 2015:57, Länsstyrelsen Örebro, Publ.nr. 2015:38.
- Hahn, N., Wester, K., Eriksson, K., Gunnarsson, U. & Kellner, O., 2015. *Hur förändras våtmarkerna och varför? Satellitbaserad övervakning av vegetationsförändringar i Dalarna och Gävleborg*. Länsstyrelsen Dalarnas län, Rapport 2015:09, Länsstyrelsen Gävleborgs län, Rapport 2015:07.
- Hahn, N., Wester, K., Gunnarsson, U. & Kellner, O., 2016. *Kartering av vegetation på öppna myrar i Dalarna och Gävleborg - myrvegetationskartan*. Länsstyrelsen Dalarnas län, Rapport 2016:01.
- Hahn, N., Wester, K., Hedvall, T., Backe, S., Gunnarsson, U. & Kellner, O., 2014. *Satellitbaserad övervakning av våtmarker - Kartering av vegetation på öppna myrar*. Rymdstyrelsen, Dnr: 230/12.
- Hahn, N., Wester, K., Hedvall, T., Eriksson, K. & Alsam, S., 2013. *Satellitbaserad övervakning av våtmarker - Slutrapport Jämtlands och*

- Västernorrlands län. Länsstyrelsen Jämtland, Rapport 2013:11, Länsstyrelsen Västernorrland, Rapport 2013:05.
- Jonson, M., 2007. *Vegetationsförändringar i våtmarker med höga naturvärden - En fältuppföljning av förändringsindikationer från satellitbild*. Länsstyrelsen Gävleborgs län, Rapport 2007:19.
- Länsstyrelsen i Södermanlands län, 2006. *Strategi för formellt skydd av skog i Södermanlands län*. Länsstyrelsen i Södermanlands län, Rapport 2006:7.
- Länsstyrelsen i Södermanlands län, 2010. *Landskapsstrategi för Länsstyrelsen i Södermanlands län 2010-2014*. Länsstyrelsen i Södermanlands län, Rapport 2010:13.
- Löfroth, M., 1991. *Våtmarkerna och deras betydelse*. Naturvårdsverket, Rapport 3824, 93 s.
- Martinsson, M., 2015. *Agkärr*. Länsstyrelsen i Gotlands län, Rapport 2015:14.
- Miljömål.se – den svenska miljömålsportalen, 2013. <http://www.miljömål.se> (hämtad 2013-02).
- Naturvårdsverket, 2007. *Myllrande våtmarker - Underlagsrapport till fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet*. Naturvårdsverket, Rapport 5771.
- Nordiska ministerrådet. 1984. *Naturgeografisk regionindelning av Norden*. Arlöv.
- Nordiska ministerrådet, 1994. *Vegetationstyper i Norden*. Nordiska ministerrådet. Tema Nord 1994: 665.
- SMHI, 1997. Väder och Vatten. Nr 6, 8.
- SMHI, 1999. Väder och Vatten. Nr 6-9.
- SMHI, 2007. Väder och Vatten. Nr 6-9.
- SMHI, 2009. Väder och Vatten. Nr 6-9.
- SMHI, 2010. Väder och Vatten. Nr 6-9.
- Strid, T., 2017. Huddinge kommun.

Bilaga 1. Väderanalysdata

Väderanalysdata 1997 hämtade från Väder och Vatten, SMHI.

Gävleborgs, Örebro & Västmanlands län 1997	Gävle				Örebro				Västerås			
	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug
T (°C)	7,4		17,2		9,7		18,6		9,1		18	
T (°C) Normal 1961-90	8,5		15,5		10,5		16,3		10,5		16,6	
Antal frostnätter	11		0		3		0		2		0	
Nb (mm)	59		149		100		23		65		38	
Nb (mm) Normal 1961-90	35		64		41		76		32		66	

Uppsalas & Stockholms län 1997	Uppsala				Hårsfjärden			
	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug
T (°C)	9,3		19,2		9,5		19,6	
T (°C) Normal 1961-90	10,4		16,5		10,7		17,2	
Antal frostnätter	2		0		0		0	
Nb (mm)	54		46		60		33	
Nb (mm) Normal 1961-90	33		75		30		72	

Östergötlands län 1997	Norrköping				Malexander			
	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug
T (°C)	9,4		18,2		9,2		17,4	
T (°C) Normal 1961-90	10,8		16,5		10,5		16,2	
Antal frostnätter	2		0		2		0	
Nb (mm)	62		34		78		80	
Nb (mm) Normal 1961-90	35		60		38		66	

Kalmar & Gotlands län 1997	Kalmar				Visby			
	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug
T (°C)	9,1		18		8,2		18	
T (°C) Normal 1961-90	10,1		16,3		9,6		16,3	
Antal frostnätter	5		0		4		0	
Nb (mm)	49		40		34		43	
Nb (mm) Normal 1961-90	35		59		29		50	

Jönköpings, Kronobergs & Blekinges län 1997	Haghult				Växjö				Bredåkra			
	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug
T (°C)	8,5		17,4		9,1		17,4		9		17,7	
T (°C) Normal 1961-90	9,6		16,2		10,8		15,9		10,4		16,1	
Antal frostnätter	7		0		3		0		5		0	
Nb (mm)	59		80		81		102		66		60	
Nb (mm) Normal 1961-90	46		66		48		75		40		66	

Väderanalysdata 1999 hämtade från Väder och Vatten, SMHI.

Gävleborgs, Örebro & Västmanlands län 1999	Gävle				Örebro				Västerås			
	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug
T (°C)	8	15,1	17,8	13,9	9,8	15,3	18	15,1	9,9	16,1	18,7	15,5
T (°C) Normal 1961-90	8,5	13,8	13,5	14,1	10,5	15,1	16,3	15	10,5	15,3	16,6	15,5
Antal frostnätter	13	0	0	0	6	-	0	0	5	0	0	0
Nb (mm)	14	63	32	80	52	106	87	59	21	45	53	48
Nb (mm) Normal 1961-90	41	46	73	86	41	50	76	66	32	46	66	63

Uppsalas & Stockholms län 1999	Uppsala				Hårsfjärden			
	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug
T (°C)	9,5	16,5	19,2	15,5	10,1	17,2	20,2	17,1
T (°C) Normal 1961-90	10,4	15,2	16,5	15,3	10,7	15,6	17,2	16,2
Antal frostnätter	5	0	0	0	1	0	0	0
Nb (mm)	15	30	12	44	16	36	18	48
Nb (mm) Normal 1961-90	33	45	75	65	30	45	72	66

Östergötlands län 1999	Norrköping				Malexander			
	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug
T (°C)	9,7	15,8	18,7	16	9,2	15,2	17,9	15,6
T (°C) Normal 1961-90	10,8	15,2	16,5	15,7	10,5	15	16,2	15,3
Antal frostnätter	3	0	0	0	7	0	0	0
Nb (mm)	25	48	34	47	23	54	21	43
Nb (mm) Normal 1961-90	36	50	62	59	38	45	66	61

Kalmar & Gotlans län 1999	Kalmar				Visby			
	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug
T (°C)	9,5	15	18,5	16,5	8,5	15,2	18,6	16,4
T (°C) Normal 1961-90	10,1	14,7	16,3	15,7	9,6	14,3	16,3	15,9
Antal frostnätter	6	0	0	0	6	0	0	0
Nb (mm)	49	33	17	68	20	62	3	35
Nb (mm) Normal 1961-90	35	39	59	50	29	31	50	50

Jönköpings, Kronobergs & Blekinges län 1999	Haghult				Växjö				Bredåkra			
	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug
T (°C)	8,4	13,5	16,5	14,4	9,5	14,4	17,9	15,7	9,1	14,6	17,8	16
T (°C) Normal 1961-90	9,6	13,9	15	14,1	10,8	14,9	15,9	15,2	10,4	14,7	16,1	15,4
Antal frostnätter	9	0	0	0	5	-	0	0	9	0	0	0
Nb (mm)	47	138	39	116	60	95	52	69	43	80	38	101
Nb (mm) Normal 1961-90	50	61	83	75	48	55	75	57	40	46	66	52

Väderanalysdata 2007 hämtade från Väder och Vatten, SMHI.

Gävleborgs, Örebro & Västmanlands län 2007	Gävle				Örebro				Västerås			
	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug
T (°C)	9,5	14,1	18,4	15,6	10,8	15,9	19,7	15,8	10,9	16,1	20,2	17,1
T (°C) Normal 1961-90	8,8	13,8	15,4	13,9	10,4	14,8	16	14,8	10,6	15,4	16,7	15,6
Antal frostnätter	-	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Nb (mm)	50	59	14	59	62	57	52	71	53	53	50	35
Nb (mm) Normal 1961-90	40	51	75	81	37	48	64	63	35	50	72	69

Uppsalas & Stockholms län 2007	Uppsala				Hårsfjärden			
	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug
T (°C)	11	16,4	20,1	17,3	11,4	16,6	20,8	17,6
T (°C) Normal 1961-90	10,4	15	16,4	15,2	10,7	15,6	17,2	16,2
Antal frostnätter	2	0	0	0	0	0	0	0
Nb (mm)	52	33	26	45	25	67	33	17
Nb (mm) Normal 1961-90	33	45	75	65	30	45	72	66

Östergötlands län 2007	Norrköping				Malexander			
	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug
T (°C)	11,6	16,3	20,5	16,9	11,1	15,7	20	16,2
T (°C) Normal 1961-90	10,4	15,1	16,6	15,5	10,3	14,7	16,1	15,1
Antal frostnätter	1	0	0	0	1	0	0	0
Nb (mm)	46	80	55	57	62	94	35	59
Nb (mm) Normal 1961-90	31	43	57	52	37	49	72	70

Kalmar & Gotlans län 2007	Kalmar				Visby			
	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug
T (°C)	12,2	16,3	20,4	16,6	11,2	16,6	20,2	17,5
T (°C) Normal 1961-90	9,8	14,7	16,4	15,7	9,1	14	16	15,6
Antal frostnätter	3	0	0	0	2	0	0	0
Nb (mm)	37	58	10	75	17	24	70	53
Nb (mm) Normal 1961-90	35	39	60	50	29	31	49	50

Jönköpings, Kronobergs & Blekinges län 2007	Haghult				Växjö				Bredåkra			
	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug
T (°C)	10,1	14,9	18,9	14,7	11,5	16,1	19,8	15,8	11,6	16,5	19,9	16,3
T (°C) Normal 1961-90	9,3	13,6	14,8	14	10,2	14,3	15,8	14,9	10,4	14,7	16	15,4
Antal frostnätter	4	1	0	1	0	0	0	0	5	0	0	0
Nb (mm)	50	160	21	70	57	78	20	70	32	113	24	47
Nb (mm) Normal 1961-90	52	63	86	78	44	53	77	56	42	46	68	56

Väderanalysdata 2009 hämtade från Väder och Vatten, SMHI.

Gävleborgs, Örebro & Västmanlands län 2009	Gävle				Örebro				Västerås			
	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug
T (°C)	11,3	12,5	16,4	16	10,5	13,8	16,5	16	11,5	13,9	17,3	16,9
T (°C) Normal 1961-90	8,8	13,8	15,4	13,9	10,4	14,8	16	14,8	10,6	15,4	16,7	15,6
Antal frostnätter	5	1	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0
Nb (mm)	10	110	169	82	45	73	160	74	40	89	148	63
Nb (mm) Normal 1961-90	40	51	75	81	43	51	77	69	35	50	72	69

Uppsalas & Stockholms län 2009	Uppsala				Hårsfjärden			
	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug
T (°C)	11,8	13,7	17,6	16,9	12	14	17,8	17,5
T (°C) Normal 1961-90	10,4	15	16,4	15,2	10,7	15,6	15,7	16,2
Antal frostnätter	0	0	0	0	0	0	0	0
Nb (mm)	44	117	86	82	25	80	89	54
Nb (mm) Normal 1961-90	33	45	75	65	30	45	72	66

Östergötlands län 2009	Norrköping				Malexander			
	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug
T (°C)	11,5	14	17,3	16,8	10,6	13,3	16,6	16,1
T (°C) Normal 1961-90	10,4	15,1	16,6	15,5	10,3	14,7	16,1	15,1
Antal frostnätter	2	1	0	0	4	1	0	0
Nb (mm)	51	42	104	71	66	52	145	94
Nb (mm) Normal 1961-90	31	43	57	52	37	49	72	70

Kalmar & Gotlans län 2009	Kalmar				Visby			
	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug
T (°C)	10,9	13,7	17,4	16,6	10,1	13,1	17,1	16,6
T (°C) Normal 1961-90	9,8	14,7	16,4	15,7	9,1	14	16	15,6
Antal frostnätter	3	0	0	0	2	0	0	0
Nb (mm)	49	50	52	40	61	47	154	44
Nb (mm) Normal 1961-90	35	39	60	50	29	31	49	50

Jönköpings, Kronobergs & Blekinges län 2009	Haghult				Växjö				Bredåkra			
	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug
T (°C)	10	12,8	16,3	16,1	10,7	13,5	16,6	16	10,9	14	17,1	16,8
T (°C) Normal 1961-90	9,3	13,6	14,8	15,1	10,2	14,3	15,3	14,9	10,4	14,7	16	15,4
Antal frostnätter	5	2	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
Nb (mm)	57	72	108	94	58	90	98	48	70	57	112	23
Nb (mm) Normal 1961-90	52	63	86	70	44	53	72	56	42	46	68	56

Väderanalysdata 2010 hämtade från Väder och Vatten, SMHI.

Gävleborgs, Örebro & Västmanlands län 2010	Gävle				Örebro				Västerås			
	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug
T (°C)	9,2	13,2	19,3	15,6	11,2	15,3	19,1	16,5	11,3	15,3	20,1	16,5
T (°C) Normal 1961-90	8,8	13,8	15,4	13,9	10,4	14,8	16	14,8	10,6	15,4	16,7	15,6
Antal frostnätter	6	0	0	0	6	0	0	0	2	0	0	0
Nb (mm)	56	78	47	150	115	25	166	83	79	41	82	77
Nb (mm) Normal 1961-90	40	51	75	81	43	51	77	69	35	50	72	69

Uppsalas & Stockholms län 2010	Uppsala				Hårsfjärden			
	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug
T (°C)	11,4	15,2	20,7	16,6	11,3	15,7	21,2	17,2
T (°C) Normal 1961-90	10,4	15	16,4	15,2	10,7	15,6	17,2	16,2
Antal frostnätter	2	0	0	0	0	0	0	0
Nb (mm)	47	35	64	110	31	33	74	105
Nb (mm) Normal 1961-90	33	45	75	65	30	45	72	66

Östergötlands län 2010	Norrköping				Malexander			
	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug
T (°C)	10,8	15,3	20	16,8	10,1	14,3	19,2	15,9
T (°C) Normal 1961-90	10,4	15,1	16,6	15,5	10,3	14,7	16,1	15,1
Antal frostnätter	4	0	0	0	5	0	0	0
Nb (mm)	67	32	82	95	82	47	104	138
Nb (mm) Normal 1961-90	31	43	57	52	37	49	72	70

Kalmar & Gotlans län 2010	Kalmar				Visby			
	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug
T (°C)	9,4	14,3	19,1	16,8	9,1	13,6	19,9	17,2
T (°C) Normal 1961-90	9,8	14,7	16,4	15,7	9,1	14	16	15,6
Antal frostnätter	3	0	0	0	3	0	0	0
Nb (mm)	68	41	125	127	53	30	113	98
Nb (mm) Normal 1961-90	35	50	60	56	29	31	49	50

Jönköpings, Kronobergs & Blekinges län 2010	Haghult				Växjö				Bredåkra			
	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug	Maj	Juni	Juli	Aug
T (°C)	8,9	13,6	18,3	15,2	9,3	14,1	18,8	15,9	9,5	14,1	18,9	16,8
T (°C) Normal 1961-90	9,3	13,6	14,8	14	10,2	14,3	15,3	14,9	10,4	14,7	16	15,4
Antal frostnätter	6	0	0	0	2	0	0	0	5	0	0	0
Nb (mm)	70	84	98	141	44	39	92	127	49	34	116	75
Nb (mm) Normal 1961-90	52	63	86	78	44	53	72	56	42	46	68	56

