

Seminarieuppsatser nr 103

Utveckling av en metodik för att med hjälp av lagerföljdsdata och geografiska informationssystem (GIS) modellera och rekonstruera våtmarker i Skåne

Lars Edlund

2004
Centrum för Geobiosfärvetenskap
Naturgeografi och ekosystemanalys
Lunds Universitet
Sölvegatan 12
223 62 Lund



Utveckling av en metodik för att med hjälp av
lagerföljdsdata och geografiska informationssystem
(GIS) modellera och rekonstruera våtmarker i Skåne

Lars Edlund, 2004

Handledare:

Anna Broström

Institutionen för naturgeografi och ekosystemanalys

GIS-centrum, Lunds Universitet

Per Lagerås

Riksantikvarieämbetet UV Syd

Abstract

Wetlands are of uttermost biological importance as they function as natural purifiers, absorb nitrogen, and contribute to the landscape biodiversity. In a long term, the history and change, in area- and volume extent, of wetlands reflect climate trends through time. This master's thesis is an attempt to develop a methodology that in a simple and robust way reconstructs wetland changes using sediment records and geographical information systems (GIS). The reconstructions would then be a base for guidelines for restoration and management of wetlands in Scania. The methodology involves several steps: (1) structuring and selection of relevant data from a large amount of geographic and geological information; (2) creation of age models from dated sediment records for calculation of the growth rate of different soil types; (3) development of a software program for calculation of the wetland surface in different time steps. These calculations are based on the growth rate of different soil types achieved from the age models; (4) interpolation of the height values to continuous surfaces where the area and volume in the different time steps can be determined. Taking into consideration archeological issues and the rapid growth rate of peat lands during the last millennia, the time steps chosen were 0, 1000, 2000 and 6000 years ago. Two wetlands were studied in detail.

The results show two kinds of wetland/peat land that differ in their history of formation. Both wetlands have increased in area and volume through time. 6000 years ago their volumes were about 60 % smaller than today and their areas about 20 % smaller than today. This large increase in area and volume can be explained by a long term climatic trend where a cooler and wet climate results in expansion of peat lands.

This master's thesis has prepared for deeper studies of wetland fluctuations using sediments and GIS. Growth rates have been calculated based on dated sediments. These growth rates can be applied to undated sediments, which allow reconstruction in a larger area. A flexible computer program that calculates wetland surface at any time step is now ready to use. Interpolation of computed height values has created continuous surfaces where the change in area and volume has been determined.

Innehållsförteckning

1. <i>Introduktion</i>	5
1.1 Bakgrund.....	5
1.1.1 Våtmarker	5
1.2 Syfte.....	7
2. <i>Studieområde</i>	8
3. <i>Material</i>	10
3.1 Lagerföljdsdata.....	10
3.2 Digitala kartdata	10
4. <i>Metod</i>	13
4.1 Urval/modifiering av lagerföljdsdata och digitala kartdata	13
4.2 Beräkning av tillväxthastigheten för våtmarkernas jordarter	13
4.3 Datorprogram för beräkning av våtmarksnivå.....	14
4.5 Interpolering.....	16
5. <i>Resultat</i>	20
5.1 Urval/modifiering av lagerföljdsdata och digitala kartdata	20
5.2 Åldersmodeller.....	20
5.2.1 Tillväxthastighet.....	23
5.2 Datorprogram för beräkning av våtmarksnivå.....	26
5.3 Interpolering.....	27
6 <i>Diskussion</i>	31
6.1 Urval/modifiering.....	31
6.2 Åldersmodeller.....	31
6.3 Datorprogram för beräkning av våtmarksnivån.....	32
6.4 Interpolation.....	32
7. <i>Slutsatser</i>	35
8. <i>Framtid</i>	36
9. <i>Tacksida</i>	37
10. <i>Referenser</i>	38
<i>Appendix 1</i>	40
<i>Appendix 2</i>	43
<i>Appendix 3</i>	44
<i>Appendix 4</i>	48
<i>Appendix 5</i>	50

1. Introduktion

Detta examensarbete är ett samarbete mellan GIS-centrum vid Lunds universitet och Riksantikvarieämbetet UV Syd. Samarbetet syftar till att utveckla en metodik som gör det möjligt att producera kartor som visar våtmarksutbredningen i Örkelljungatrakten för 1000, 2000 och 6000 år sedan baserad på lagerföljdsdata och geografiska informationssystem (GIS).

1.1 Bakgrund

Rekonstruktioner av förändringar i våtmarkers utbredning bidrar till förståelsen av en rad klimatiska och biologiska processer. Våtmarkernas historia speglar klimattrender i ett långtidsperspektiv, genom att deras tillväxt och utbredning är kopplad till klimatförändringar (Liljegren och Lagerås 1993). Dessutom har de växthusgaser (främst koldioxid och metan) som bildas och lagras i våtmarkerna, genom utbyte med atmosfären en påverkan på klimatet (Tonderski et al. 2002). Våtmarker är av stor biologisk betydelse, då de fungerar som naturliga reningsverk och verkar kväveabsorberande samt hyser en stor biologisk mångfald. Genom att anlägga våtmarker kan läckage av kväve från jordbruksmark begränsas vilket minskar problem med övergödning av vattendrag och sjöar. Undersökningar visar att våtmarksrestaurering är en billig metod för kväverening (Sjunnesson 2003). Förändringar i våtmarkers karaktär och utbredning har stor betydelse för den biologiska mångfalden i landskapet. De utgör biotoper som härbärgerar många specifika arter inom flora och fauna. Den biologiska mångfalden påverkas genom olika typer av förändring, t.ex. igenväxning av sjöar och försumpning av fastmark. Eftersom det rör sig om långsamma processer är ett långt tidsperspektiv på tusentals år en förutsättning för förståelsen av dessa biologiska fenomen. Rekonstruktioner av våtmarkers historia kan användas som beslutsunderlag när nyanläggning eller restaurering av våtmarker sker.

Våtmarkers utvecklingshistoria kan rekonstrueras genom att deras lagerföljd undersöks (Lindström et al. 1991). Genom att studera de sediment, växtdelar och pollen som en våtmark är uppbyggd av kan man dra slutsatser om hur den bildats och hur dess utbredning varierat på grund av klimatförändringar och/eller mänsklig påverkan. Riksantikvarieämbetet UV Syd har utfört arkeologiska och paleoekologiska undersökningar längs den nya vägsträckningen av E4:an i trakterna kring Örkelljunga (Wallin et al. 1997; Björkman och Ekström 2002). De preliminära resultaten visar spår av mänsklig aktivitet i landskapet under olika tidsepoker, främst jägarstenåldern, yngre stenåldern, medeltiden och fram till idag. Riksantikvarieämbetets undersökningar syftade också till att studera våtmarksutvecklingen under denna tidsperiod längs den nya vägsträckningen. Lagerföljden har beskrivits i 220 provpunkter i våtmarker längs den nya vägsträckningen.

1.1.1 Våtmarker

Begreppet våtmark innefattar sådan mark som vattendränks regelbundet av översvämmande ytvatten eller av utträngande grundvatten under längre eller kortare del av året (Boström och Persson 1991). I våtmarken finns en grundvattenyta som fluktuerar med årstiden och med torra och blöta perioder (Sjörs 1971).

Torvmark är en typ av våtmark och definieras som en landyta täckt med torv. Torvmarken kan antingen vara naturlig och opåverkad, eller dränerad och på annat sätt omformad av jordbruk, skogsbruk eller torvbrytning. För att en markyta skall

klassificeras som torvmark i geologisk mening krävs ett torvtäcke om minst 30 till 50 cm mäktighet, dvs ett tydligt skikt av sammanhängande torv skall finnas över mineraljorden. Vidare krävs att själva jordarten ska innehålla högst 80% oorganiskt material för att den skall benämnas torv (SGU 2002). I södra Sverige finns två typer av torvmark som skiljer sig åt genom bildningssätt. Den ena bildas genom *igenväxning* av en sjö och den andra genom *försumpning*.

1.1.1.1 Igenväxningsvåtmark

En sjö fylls successivt upp med gytta eller växer igen från kanterna genom vassar eller gungfly. Då gyttebottnen närmar sig vattenytan kan vass och fräkenväxter vandra ut på den och den öppna vattenytan försvinner. Efter hand vandrar även buskar och träd ut på den gamla sjöytan som förvandlas till ett kärr (Sjörs 1971). Detta kärr är en typ av torvmark som genom fortsatt ackumulation och tillväxt av vitmossetorv utvecklas till en mosse på samma sätt som beskrivs nedan i fallet försumpningsmark. En typisk igenväxningslagerföljd som speglar vägen från sjö till mosse är (nedifrån och upp), sand/morän - lera - gytta - vasstorv - kärrtorv - mosstorv (Lagerås 2001).

1.1.1.2 Försumpningsvåtmark

En klimatförändring som medför ett fuktigare klimat resulterar i en höjning av grundvattenytan. Det fuktigare och kallare klimatet hindrar nedbrytningen av organiskt material och en torvtillväxt börjar i lågt liggande delar av terrängen. Ett kärr bildas med bland annat starr och vitmossa samt ofta ett trädskikt med al eller björk som tillförs näringsrikt markvatten. Allt eftersom torven tillväxer blir torvmarken alltmer näringsfattig och kärret kan övergå i ett öppet starrkärr med gles eller ingen trädvegetation. När vatten endast tillförs genom nederbörd är näringstillgången för låg även för starrarter och torvmarken övergår då i en mosse. Den vegetation som klarar av mosseförhållanden är bland annat vitmossa, tuvull, ljung och klockljung. Småvuxna tallar hör också till mossevegetationen (Wallin et al. 1997; Björkman och Ekström 2002).

1.1.1.3 Torvtillväxt

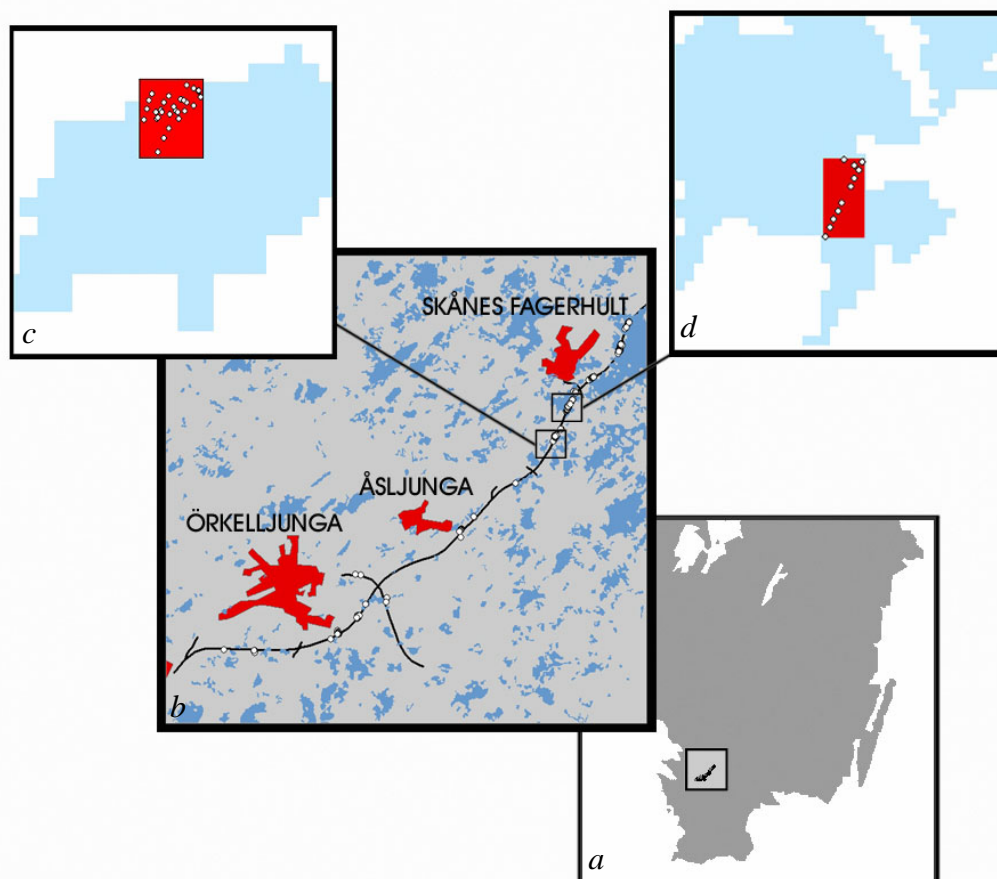
Tillväxthastigheten, d.v.s. nettoackumuleringen av torv är ett resultat av att produktionshastigheten av organiskt material är större än nedbrytningshastigheten (Aaby 1986; Clymo et al. 1998). Modelleringsstudier visar att nettoackumuleringen av torv avtar i ett långtidsperspektiv på grund av att nedbrytningshastigheten ökar med tiden medan produktionshastigheten är konstant. Studier baserade på torvtillväxt i finska våtmarker visar att nettoackumuleringen avstannar efter ca 12000 år på grund av att nedbrytningshastigheten då blir större än produktionshastigheten (Clymo et al. 1998). Torv tillväxer både på höjden och bredden, teorier om hur stor denna tillväxt är har debatterats under lång tid. En faktor som diskuterats, vid uppskattning av tillväxthastighet, är effekten av kompaktion. Allteftersom torv tillväxer ökar tyngden på underliggande torv vilket borde innebära att denna trycks ihop och att beräknade tillväxthastigheter blir missvisande. Studier visar dock att den högre tillväxthastigheten i yngre torvlager (ytliga) är ett resultat av att torven ännu inte kompakterats. Den högre hastigheten gäller bara för den allra översta delen av torvlagret. Redan 20 cm ner i torven är tillväxthastigheten 3% av den ursprungliga. Denna hastighet förblir sedan konstant (med jordart) oavsett djupet och motsvarar en maximal kompaktion av torven (Aaby 1986).

1.2 Syfte

Syftet med detta arbete är att, med hjälp av GIS och lagerföljdsdata, utforma en metodik för modellering och förståelse av våtmarker och deras utbredning. Metodiken ska, med hjälp av GIS, underlätta och förbereda för en mera automatiserad analys av lagerföljdsdata. Detta involverar flera steg: (1) strukturering och urval av relevanta data utifrån en stor mängd geografisk och geologisk information; (2) framtagning av åldersmodeller utifrån daterade borrhärdar för beräkning av tillväxthastighet hos olika jordarter; (3) utveckling och implementering av ett datorprogram för beräkning av våtmarksnivå vid olika tidpunkter. Beräkningen skall baseras på de, utifrån åldersmodellerna, beräknade tillväxthastigheterna för jordarter i olika borrhärdar. Framräknade höjdvärden skall interpoleras till kontinuerliga ytor där förändring av våtmarkernas area och volym vid olika tidpunkter kan bestämmas. I denna studie beräknades utbredningen vid tiderna 0, 1000, 2000 och 6000 år sedan. Tidsstegen valdes med hänsyn till arkeologiska frågeställningar och torvmarkernas snabba tillväxt under de senaste årtusendena.

2. Studieområde

Studieområdet är beläget i trakterna kring Örkejlunga i norra Skåne. Det ligger på gränsen mellan Skånes skogslandskap och sydsvenska höglandets torvmarksrika västsida och tillhör det sydsvenska moränområdet (Nordiska Ministerrådet 1977) (figur 1a).



Figur 1. a) Studieområdet, b) den nya vägsträckningen, c) igenväxningsvåtmarken och d) försumpningsvåtmarken.

De minerogena jordarterna i området har bildats under den senaste nedisningen och isavsmältningen. I de högre partierna är den vanligaste jordarten normalblockig sandig-moig morän. Moränen har bildats då isen bröt loss material från berggrunden och krossade det till block sten, grus, sand, silt och lera. Dessa krossprodukter avsattes efterhand som osorterat material – morän (Lindström et al. 1991). Isälvsavlagringar, som bildas genom transport och avsättning av smältvatten från isen, återfinns i dalgångarna kring vattendragen och består till största delen av sand men också av grus. Avlagringarna utgör ofta utfyllnad i dalgångarna där överytan kan vara relativt jämn, bitvis med markanta ryggformer. Organogena jordarter såsom torv bildas fortfarande och förekommer frekvent i området, framförallt i den nordöstra delen. Två topografiska kategorier i området kan utskiljas, det stora torvmarkslandskapet i nordost med flack topografi och stora torvmarker och det kuperade moränområdet i sydväst med mer backig topografi och små smala våtmarker (Wallin et al. 1997; Björkman och Ekström 2002). Markanvändningen utgörs av skog (51%), odlad mark (18%), öppen mark (13%), öppet vatten (3%), våtmark/torvmark (13%) och bebyggelse (2%) (Swedish CORINE Land Cover 2002). Höjden över havet varierar

från ca 70 meter i sydväst till ca 130 meter i nordost. Klimatet domineras året runt av västliga vindar från Nordatlanten. Den årliga medeltemperaturen är 7 grader, den högsta medeltemperaturen på 16 grader har juli och den lägsta på 1,5 grader har januari. Skåne har en årsmedelnederbörd på 662 mm. Örkelljunga utgör med sina 960 mm den plats som har högst nederbörd (Germundsson och Schlyter 1999). 220 borrhöjningar har beskrivits av Riksantikvarie-ämbetet och återfinns i våtmarker längs den nya vägsträckningen (figur 1b). Bland dessa valdes två våtmarker ut och studerades i detalj. Den ena har bildats genom igenväxning av en sjö och benämns hädanefter igenväxningsvåtmark (figur 1c). Den andra är resultatet av försumpning och kallas hädanefter försumpningsvåtmark (figur 1d).

3. Material

3.1 Lagerföljdsdata

220 borrhäls punkter finns beskrivna och av dessa är 15 daterade (Wallin et al. 1997; Björkman och Ekström 2002). Måktigheten av dessa lagerföljder varierar. Två borrhäls kärnor har lagerföljder som sträcker sig 2000 år bakåt i tiden. Tre borrhäls kärnor har lagerföljder som sträcker sig ca 4000 år bakåt i tiden. En borrhäls kärna har en lagerföljd som sträcker sig 6000 år bakåt i tiden. De resterande 9 borrhäls kärnorna har lagerföljder som sträcker sig 11000 år bakåt i tiden. Våtmarkerna är namngivna med nummer i stigande ordning i en sydväst/nordostlig riktning längs med den nya vägsträckningen. (tabell 1).

Tabell 1. De 15 ¹⁴C daterade lagerföljderna, deras namn, djup, tidsintervall samt antal dateringar i varje borrhäls kärna.

Våtmark	Borrhäls punkt	Djup (cm)	Tidsintervall	Antal ¹⁴ C dateringar
13	13.13	600	nutid - 9200 f.K.r	5
15	15.15	240	nutid - 9200 f.K.r	4
16	16.1	145	nutid – år 0	4
V24	V24.1.1	300	nutid - 9200 f.K.r	5
24	24.2	635	nutid - 9200 f.K.r	5
34	34.1	200	nutid - 1800 f.K.r	4
38	38.5	560	nutid - 9200 f.K.r	3
38	38.16	500	nutid - 9200 f.K.r	3
38	38.25	300	nutid - 9200 f.K.r	3
38	38.36	600	nutid - 9200 f.K.r	5
40	40.2	170	nutid - 1800 f.K.r	4
45	45.3	185	nutid - 1700 f.K.r	4
43	43.14	358	nutid - 9200 f.K.r	3
53	53.2	225	nutid - 3800 f.K.r	2
53	53.27	100	nutid – år 0	2

3.2 Digitala kartdata

Ett antal digitala kartor har använts i analysen av studieområdet (tabell 2).

Tabell 2. Det ursprungliga digitala kartmaterialet

Karta	Koordinatsystem	Ursprung
VMI våtmark	RT 90 2.5 gon v	Länsstyrelsen Skåne, Halland och Kronobergs län
Jordartskartan	RT 90 2.5 gon v	Sveriges Geologiska Undersökning (SGU)
Ekonomiska kartan	RT 90 2.5 gon v	Riksantikvarieämbetet UV syd (RAÄ)
Gröna kartan	RT 90 2.5 gon v	GIS-centrum, Lunds Universitet
Svensk marktäckedata	RT 90 2.5 gon v	GIS-centrum, Lunds Universitet
Röda kartan	RT 90 2.5 gon v	GIS-centrum, Lunds Universitet
Preliminär grundvattenkarta	RT 90 2.5 gon v	Sveriges Geologiska Undersökning (SGU)
Höjddata	RT 90 2.5 gon v	Riksantikvarieämbetet UV syd (RAÄ)
Borrhäls punkter	RT 90 2.5 gon v	Riksantikvarieämbetet UV syd (RAÄ)

De skikt i nedanstående kartor som använts samt de modifieringar som gjorts av dessa (tabell 3).

Tabell 3. De modifieringar av digitala dataskikt som genomförts.

Original	Åtgärd	Resultat
Corinedata från tre län	ihopslagning (merge)	ihopslagen Corinedata
ihopslagen Corinedata	klippt ur studieområdet	Corinedata i studieområdet
Corinedata för området	plockat ut våtmark	våtmarker i området
VMI våtmark från tre län	ihopslagning (merge)	ihopslagen VMI våtmark
VMI våtmark	plockat ut alla inom området (intersect)	VMI våtmark i området
tätorter röda kartan	plockat ut alla inom området (intersect)	tätorter från röda kartan inom området
vattendrag röda kartan	plockat ut alla inom området (intersect)	vattendrag från röda kartan i området
vattendrag ekonomiska kartan	plockat ut alla inom området (intersect)	vattendrag från ekonomiska kartan i området
sjöar från fyra olika jordartskartblad	ihopslagning (merge)	sjöar i studieområdet
hus från fyra olika jordartskartblad	ihopslagning (merge)	hus/byggnader i studieområdet
vägar från fyra olika jordartskartblad	ihopslagning (merge)	vägar i studieområdet
gränslinjer från fyra olika jordartskartblad	ihopslagning (merge)	gränslinjer i studieområdet
borrpunkter från RA	plockat ut alla som är daterade (manuellt)	punkter med ålder i området
borrpunkter från RA	plockat ut alla inom igenväxningsvåtmarken	punkter i igenväxningsvåtmarken
punkter i igenväxningsvåtmarken	plockat ut de inom studieområdet för igenväxningsvåtmarken	punkter i studieområdet för igenväxningsvåtmark
borrpunkter från RA	plockat ut alla inom försumpningsvåtmarken	punkter i försumpningsvåtmark
punkter i försumpningsvåtmark	plockat ut de inom studieområdet för försumpningsvåtmark	punkter i studieområdet för försumpningsvåtmark

Våtmarksinventeringen (VMI) från Länsstyrelsens våtmarkinventering i ursprungsskala 1:50 000. VMI är en landsomfattande inventering av Sveriges våtmarker, som påbörjades i början av 1980-talet av Naturvårdsverket på uppdrag av regeringen. Datasetet visar våtmarker klassade i fyra naturskyddsklasser där klass 1 har högst skyddsvärde och klass 4 lägst.

Sveriges Geologiska Undersökning (SGU):s jordartskarta i ursprungsskala 1:50 000 som visar jordarternas utbredning, tex. morän, isälvsediment och torvmark. Kartan visar också landskapets geomorfologiska karaktär såsom rullstensåsar och blockighet.

Ekonomiska kartan över Örkelljungaområdet i ursprungsskala 1:10 000. Kartan innehåller bilvägar, järnvägar, bebyggelse, strandlinjer för sjöar och större vattendrag, åkermark, administrativ indelning, naturvårdsobjekt och fornlämningar.

Gröna kartan över Skåne i ursprungsskala 1:50 000. Kartan innehåller vägar och järnvägar, symboler för stationer, rörliga broar och tunnlar. Kartan innehåller också övriga linje- och punktobjekt såsom gränser, bäckar, vatten, skog, åkermark, hygge, bebyggelse och öppen mark.

Svensk Marktäckedata (SMD) som visar markanvändningen med 25x25 m upplösning enligt ett klassificeringssystem framtaget inom projektet *Svenska Corine Marktäckedata*. Projektet var en del av Corineprogramet inom EU som syftade till att ta fram standardisering av markanvändningsklassificering. De 57 markanvändningsklasserna är grupperade i anlagda ytor, jordbruksmarker, skog, naturliga marker, våtmarker och vatten, där varje huvudklass har ett flertal underklasser.

Röda kartan över Skåne i ursprungsskala 1:250 000. Kartan visar administrativ indelning, riks- territorial- läns- kommun- och församlingsgränser större än 1 km², samt bebyggelse.

Preliminär grundvattenkarta över Örkelljunga och Ängelholms kommuner från SGU. Materialet innehåller data om vattenkapacitet i jordlagren, berggrund och lagerföljder.

Höjddatamodell från lantmäteriet som anger höjden, i meter över havet (m.ö.h.), för punkter i ett raster med 50x50 meters upplösning. En noggrannhet om högst 2,5 meters medelfel i höjd eftersträvas.

Borrpunkter från Riksantikvarieämbetet i shapeformat som visar var borrkärnorna är tagna. Shapeformat är ett vektorformat för data som används i flertalet GIS program från företaget ESRI (Environmental Systems Research Institute). De flesta borrpunkter är inmätta med totalstation vilket gör att de har en hög noggrannhet i sin höjdgivelse. Totalstation är ett instrument som mäter vinklar, avstånd och höjd med hög precision.

4. Metod

Metodbeskrivningen är indelad i 4 delar: *Urval/modifiering av lagerföljdsdata och digitala kartdata, beräkning av tillväxthastigheter för våtmarkernas jordarter, datorprogram för beräkning av våtmarksnivå samt interpolering.*

4.1 Urval/modifiering av lagerföljdsdata och digitala kartdata

Anpassning och modifiering av befintliga data har företrädesvis skett i programmet ArcView 3.3 men även i ArcMap och Microsoft Excel.

Svensk Marktäckedata (SMD) som täcker hela Skåne, Halland och Kronobergs län sattes samman till ett skikt i ArcView. Ett mindre studieområde innehållande Svensk Marktäckedata med sidan 50 km och mittpunkt strax nordost om Örkelljunga skapades. Det nya skiktet har formen av en kvadrat med koordinaterna 1325000 6225000 SV, 1375000 6275000 NO och är i referenssystemet RT90 2,5 gon V. Det nya området sammanfaller med jordartskartans bladindelning. Då SMD innehåller mycket information, var en urskiljning nödvändig. Våtmarkerna plockades därför ut med hjälp av tabellsökningar och lades i ett eget skikt. SMD har en detaljerad indelning av våtmarksklasser. De som plockades ut till våtmarkskiktet var följande: *lövskog på myr, barrskog på myr, blandskog på myr, limnogen våtmarker, blöt myr, övrig myr* samt *torvtäkt*. Våtmarksinventeringen (VMI) från Länsstyrelsen anpassades till studieområdet genom att alla VMI-våtmarker i området valdes ut och tilldelades ett eget skikt. Våtmarksutbredningen i VMI användes till att på ett mycket överskådligt sätt "kontrollera" våtmarksutbredningen i SMD. Ur röda kartan togs vattendrag och tätorter, ur ekonomiska kartan togs vattendrag och ur jordartskartan togs vägar, sjöar, hus och gränslinjer inom området. Objekten tilldelades egna shapefiler. Från Riksantikvarieämbetets borrhypor valdes de 15 lagerföljder som daterats med ^{14}C metoden. Urvalet skedde genom att, från det dokument som beskriver lagerföljder, manuellt ta ut de lagerföljder som daterats och, i Arcview, leta upp lagerföljderna i attributtabeln för borrhyporna, markera dem och konvertera dem till en egen shapefil. Genom att studera lagerföljdsbeskrivningar valdes en igenväxningsvåtmark och en försumpningsvåtmark ut för att studeras i större detalj (fig. 1c & 1d).

För rekonstruktion av *igenväxningsvåtmarken* valdes den del av våtmarken ut där borrhypor var belägna. Området har formen av en kvadrat med sidan 90 meter och koordinaterna 1354969 6248402 SV, 1355059 6248505 NO. De punkter som befinner sig inom kvadraten valdes ut och tilldelades ett eget skikt. För *försumpningsvåtmarken* valdes den del av våtmarken ut där det finns borrhypor. Det nya området har formen av en rektangel med koordinaterna 1355482 6249495 SV, 1355596 6249712 NO. De punkter som befinner sig inom denna rektangel valdes ut och tilldelades ett eget skikt.

4.2 Beräkning av tillväxthastigheten för våtmarkernas jordarter

4.2.1 Åldersmodeller

För att göra en uppskattning av tillväxthastigheter för våtmarkernas jordarter konstruerades åldersmodeller för de femton daterade lagerföljderna. ^{14}C -dateringarna kalibrerades om till kalenderår med hjälp av programmet Oxcal (Stuiver och Plicht 1998; Bronk Ramsey 2002). Resultatet av kalibreringen är två tidsintervall med 1σ (68,2%) respektive 2σ (95,4%) konfidens samt max- och minvärde. Utifrån max- och minvärdena beräknades ett mittvärde som användes i den fortsatta analysen. I de fall

datering av bottensediment saknades i lagerföljder med minerogent innehåll sattes de till 9500 fKr, dvs gränsen mellan seneglacial och preboreal tid (Björck et al. 1998). Detta är ett rimligt antagande då inlandsisen hade försvunnit vid denna tid och produktionen av organiskt material i sjöar började (Lindström et al. 1991; Harrison och Digerfeldt 1993)

4.2.2 Tillväxthastigheter

För var åldersmodell plottades dateringarna och sammanbands med linjer. Syftet med att markera tjockleken av de ingående jordarterna är att åskådliggöra åldern på lagerföljdernas jordarter. Ett blockdiagram av lagerföljderna skapades i Excel utifrån dokumentationen över borrhämnarna. Med hjälp av räta linjens ekvation beräknades tillväxthastighet (*k-värde*) för de olika jordarterna enligt följande:

$$k = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$$

där Y_2 och Y_1 är djup för dateringar och X_1 och X_2 är ålder vid dessa djup. Vid det kända djupet Y_0 räknas åldern på sedimentet vid detta djup (X_0) fram genom att använda k enligt följande:

$$Y_0 = k(X_0 - X_1) + Y_1 \Rightarrow$$

$$X_0 - X_1 = (Y_0 - Y_1) / k \Rightarrow$$

$$X_0 = X_1 + (Y_0 - Y_1) / k$$

Om en jordart har mer än en tillväxthastighet har alla i jordarten ingående *k-värden* använts och ett viktat medelvärde med avseende på tiden har räknats fram enligt formeln:

$$(K_1 * T_1 + K_2 * T_2) / \sum T$$

K-värden som varit gällande under lång tid får på så vis större betydelse än *k-värden* som varit gällande under kortare tid. Jordarternas tillväxthastigheter ställdes samman i en tabell (appendix 1) och visualiserades i ett diagram (appendix 2). Jordarter med liknande bildningsätt kunde slås samman i större klasser baserat på bland annat tillväxthastigheten. Sammanslagningen har skett i samråd med Per Lagerås på Riksantikvarieämbetet UV Syd. Efter sammanslagningen beräknades standardavvikelse på de nya klasserna och ett medelvärde på tillväxthastigheten (*k-värde*).

4.3 Datorprogram för beräkning av våtmarksnivå

Ett datorprogram skrevs för att kunna rekonstruera var markytan i de utvalda våtmarkspunkterna legat vid olika tider, baserat på lagerföljdens tillväxthastighet. Programmeringen gjordes i matlab (Redfern 1998). Programmet läser in de jordarter som återfinns i varje borrhämnings lagerföljd. Varje jordarts tillväxthastighet (*k-värde*) som beräknats tidigare används för att fastställa lagerföljdens nivå vid en viss tidpunkt. Nedan beskrivs i steg hur programmet arbetar. Arbetsgången visas grafiskt i figur 2 och i appendix 3 redovisas programmet som programkod.

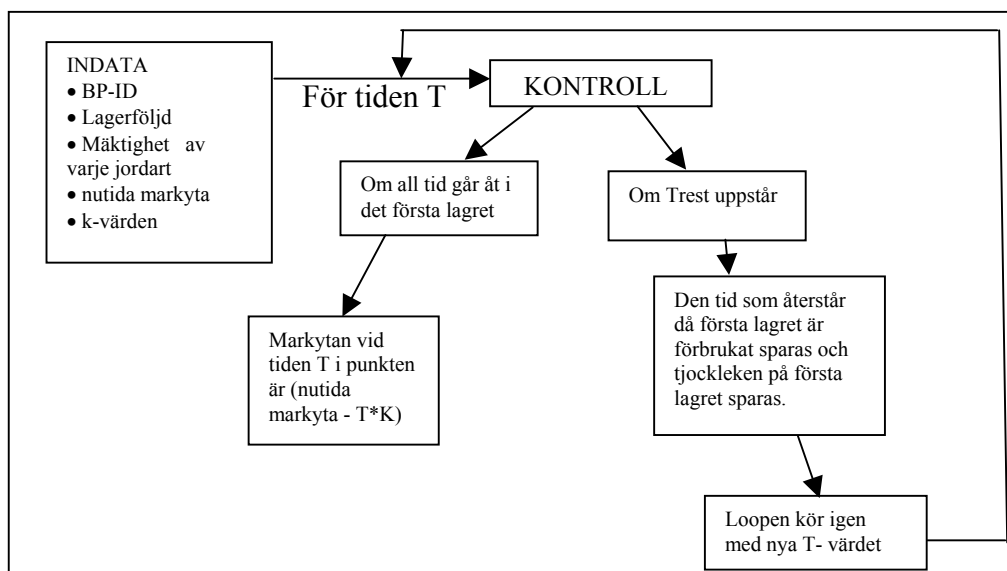
- 1) Matriser med följande information om varje borrhämnings lagerföljd skapas i programmet:
borrpunktsID
nutida markyta
k-värden och mäktigheter på de i borrhämnings lagerföljden förekommande jordarterna

slutmarkering

information om var i resultatmatrisen svaret skall lagras

Slutmarkeringen består av tre nollor och visar att man kommit till botten av lagerföljden.

- 2) Kontroll av hur mycket tid som ”förbrukas” i det första jordlagret. Om all tid går åt, är den mängd som försvunnit vid tiden T k -värdet för jordarten multiplicerat med T . Höjden i aktuell provpunkt vid tiden T är då nutida höjd subtraherat med den mängd som försvunnit.
- 3) Om det finns tid kvar då första jordlagret ”är slut” beräknas ett restvärde på T (Trest) och den mängd som försvunnit sparas temporärt (Hbktemp). Sedan körs loopen igen med det nya T -värdet (Trest) och den första mängden (Hbktemp) adderas till den nya beräknade höjden.
- 4) Programmet kör till Trest är noll eller till slutmarkeringen i matrisen för borrhöjden nås.



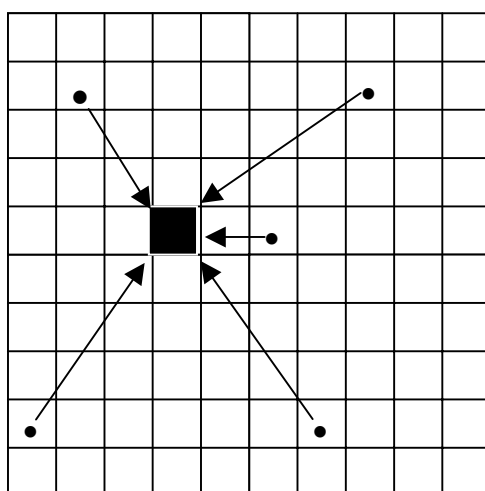
Figur 2. Programmets arbetsgång för tillbakaräkning i lagerföljd

Informationen om måktighet och lagerföljder för borrhöjderna i de två våtmarkerna fanns ursprungligen inte i digital form. Informationen har därför manuellt skrivits in i programmet men skall inom en snar framtid automatiseras. Programmet körs för de olika tidsstegen: 1000, 2000 och 6000 kalibrerade kalenderår sedan. Resultatet (höjd i cm över havet) för varje tidssteg sparas i en matris där varje borrhöjd har sin unika plats. I de fall lagerföljden i en borrhöjd enligt programmet nått fastmark, dvs om det finns tid kvar då botten av lagerföljden nås, har den av programmet tilldelats höjdvärdet (Z) 0. De framräknade höjdvärdena för varje tidssteg förs över i en tabell och kopplas där till den X- och Y-koordinat som respektive borrhöjd har. Koordinaterna för respektive våtmarks borrhöjder plockas från de tidigare skapade skikten över alla punkter i varje våtmark. Resultatet av programkörningen för varje tidssteg läses in och visualiseras som punkter i ArcView. De punkter i varje tidssteg som enligt programmet är fastmark, dvs. om hela lagerföljdens tjocklek förbrukats vid

tillbakaräkning, och de punkter som fortfarande är våtmark valdes ut och tilldelades egna skikt. Punkter som nått fastmark har i detta skede höjdvärdet 0. Två olika tillvägagångssätt tillämpas för igenväxningsvåtmarken respektive försumpningsvåtmarken för att få de faktiska höjdvärdena i punkterna. För igenväxningsvåtmarken kopplas fastmarksskiktet ihop med skiktet med alla punkter i våtmarken. Det sistnämnda innehåller ett attributfält med information om höjdvärde i botten av borrhämnarna. För punkterna i försumpningsvåtmarken saknas detta fält och där har höjdvärden i botten av borrhämnarna manuellt beräknats och skrivits in genom att subtrahera nutida höjd med lagerföljdens mäktighet. De nutida höjdvärdena togs från höjddatamodellen över hela området och lagerföljdens mäktighet tas från dokumentationen över borrhämnarna. Höjdvärdena i samtliga skikt omvandlas från centimeter till meter och alla skikt läses därefter in i ArcMap.

4.5 Interpolering

Interpolering innebär uppskattning av okända värden genom att använda omgivande kända värden. Oftast används ett raster där varje cell skall tilldelas ett värde (figur 3).



Figur 3. Ett okänt värde (cell) skattas utifrån kända omgivande punkter.

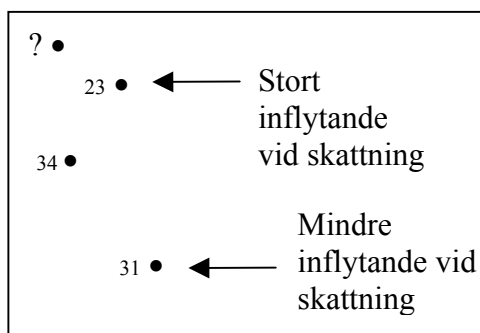
Utifrån ett interpolationsförfarande kan punktoobservationer omvandlas till kontinuerliga ytor. Ett grundläggande antagande vid all interpolation är att punkter som ligger nära varann är mer lika än de som ligger långt ifrån varann (t.ex. temperaturmätningar vid olika platser). Sambandet kallas rumslig autokorrelation och är en förutsättning för all interpolation. Alla kontinuerliga rumsliga variabler är autokorrelerade. Avståndet för vilket det finns ett rumsligt beroende och styrkan på autokorrelationen kan dock skilja sig mellan olika variabler. Ett lokalt utsläpp av t.ex. en tungmetall kanske bara är autokorrelerat över en mycket kort sträcka, för att efter ett visst avstånd upphöra (Eklundh 2001).

Vid interpolering är det önskvärt att på något sätt utvärdera riktigheten i de interpolerade värdena. I ArcMap kan man validera sina data genom att vid interpolation exkludera vissa kända punkter och sedan jämföra det interpolerade resultatet mot dessa. De punktdata som finns att tillgå för interpolering är skikt med borrhämnar vid de olika tidsstegen; nutid, 1000, 2000 och 6000 år sedan. Skikten innehåller ett attributfält med information om nivå i meter över havet vid tiden T. Definitionen för vad som är våtmark respektive fastmark i de olika tidsstegen bestäms

av om en borrhäna enligt programmet är fastmark eller inte. Problemet med dessa data är att antalet punkter är alltför få. Validering i ArcMap kräver minst 10 punkter. En utvärdering av interpolationen är därmed inte möjlig. De interpoleringar som gjorts skall därför *inte* betraktas som statistiskt säkerställda. Syftet med interpolationen är att, tillsammans med andra faktorer, bland annat geologi, göra en uppskattning av hur våtmarkernas area och volym varierat i tiden. Interpolationen utgör alltså en del av denna tolkning. I Arcmap har interpolering av våtmarkspunkter/fastmarkspunkter med avståndsviktad medelvärdesinterpolation, kriginginterpolation och bikubisk splineinterpolation genomförts. Dessa interpolationsmetoder beskrivs kortfattat nedan.

4.5.1 Avståndsviktad medelvärdesinterpolation

Denna metod interpolerar genom ett viktat medelvärde där avståndet till kända punkter avgör hur stort inflytande de kända punkterna skall ha på den punkt som för tillfället interpoleras (figur 4).

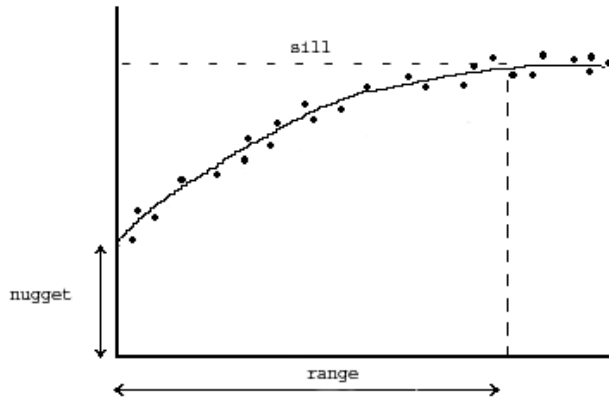


Figur 4. Punkter närmare den okända punkten är viktigare vid skattning av denna än punkter längre bort.

Matematiskt används ofta det inverterade avståndet ($1/\text{avstånd}$) som gör att inverkan blir ett stort tal för korta avstånd och ett litet tal för långa avstånd. Detta är den totala vikten och ju större den är desto större betydelse får *avståndet* då interpolationen görs (Pilesjö 2003).

4.5.2 Kriging

Denna metod bygger på geostatistik. Inom geostatistiken har en metod utarbetats för att statistiskt kunna modellera hur en kontinuerlig variabel varierar i rummet. Variationen hos variabeln delas upp i tre komponenter: Den konstanta trenden, t.ex. att det blir kallare norrut i Europa, en lokal rumsligt relaterad komponent, t.ex. avstånd till havet, samt en störningskomponent vilken utgörs av störningar som inte kan förklaras logiskt. Tonvikten i kriginginterpolationen ligger på att förklara den lokala variationen med hjälp av ett *semivariogram* (figur 5).



Figur 5. Ett semivariogram där sill, nugget och range markerats

Range är det längsta avstånd för vilket det finns ett rumsligt beroende i materialet. Semivariansen vid *range* benämner man *sill* och avståndsviktningen bestäms av avståndet från kurvan till *sill*. Ju större avstånd desto högre vikt. Punkten där kurvan korsar y-axeln kallas *nugget* och semivariansen i denna punkt utgörs av residualvariationen, det vill säga störningskomponenten vilken enligt krigingmodellen inte kan förklaras logiskt (Eklundh 2001).

4.5.3 Bikubisk spline

Denna metod anpassar tvådimensionella kubiska polynom till små delar av punktmängden. Med polynom av olika grad kan geometriska former beskrivas. Ett polynom av första graden beskriver en rät linje, polynom av andra graden en kvadratisk kurva, polynom av tredje graden en kubisk kurva osv. Ett polynom till n punkter måste vara av graden $n-1$ för att gå igenom alla punkter. Ju högre polynomgrad desto mer komplicerade kurvor kan polynomet beskriva men de har också egenskaper som gör att de bör undvikas. Framförallt riskerar man att få stora variationer mellan punkterna i ytterdelarna av punktintervallet (runiges fenomen). På grund av att linjer som används i datorgrafik och GIS ofta innehåller många datapunkter skapar runiges fenomen ett problem då anpassning med bara ett polynom görs. För att lösa detta används istället delpolynom som anpassas till ett antal punkter i taget. För att det inte skall uppstå skarpa gränser i övergångarna mellan de olika segmenten ställs villkor upp som säger att första och andra derivatorna skall vara kontinuerliga. Förstaderivatet anger lutningen på en linje i en punkt och andra derivatet anger lutningens förändring. Kravet om kontinuitet för derivatorna gör att linjens lutning inte ändras abrupt någonstans vilket skapar en jämn kurva. Dessa kurvor kallas bikubiska splines (Eklundh 2001).

Den interpolationsmetod som bedömdes som mest rimlig i visuell och geologisk mening antogs och användes sedan på samtliga interpolationer inom samma våtmark. För igenväxningsvåtmarken valdes bikubisk splineinterpolation och för försumpningsvåtmarken avståndsviktad medelvärdesinterpolation.

Igenväxningsvåtmarken

I de tidssteg det ansågs finnas tillräckligt med punkter som enligt programmet var fastmark användes interpolation för att rekonstruera gränsen mellan våt- och fastmark. Höjdkurvor genererade från interpolationen och våt- och fastmarkspunkter användes

vid gränsdragning av våtmarkskanten. En polygon med våtmarkens form skapades utifrån dragen gränslinje och volym- och areaberäkning på denna gjordes.

Försumpningsvåtmarken

Interpolation av alla punkter oavsett om de är fastmark eller våtmark i de olika tidsstegen har gjorts. Minskningen i våtmarksutbredning uppskattades utifrån jordarts-kartan och de punkter som nått fastmark och till viss del utifrån interpolationen. På samma sätt som för igenväxningsvåtmarken har area och volym beräknats utifrån bildade polygoner som visar uppskattad våtmarksutbredning vid de olika tidsstegen.

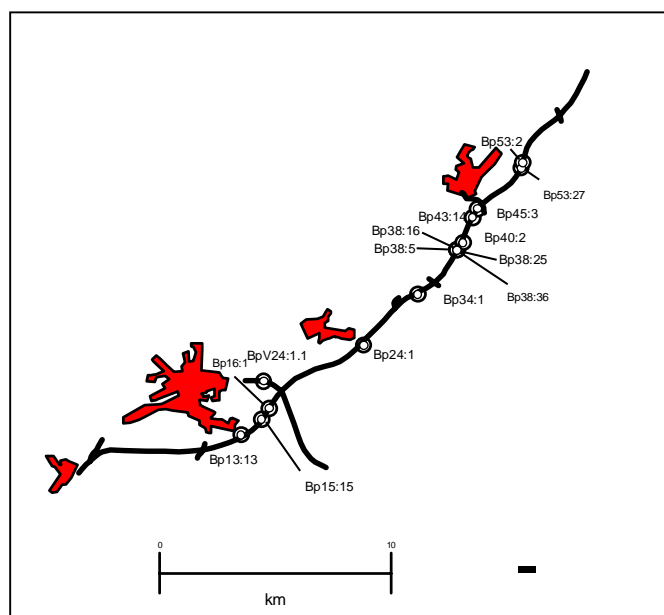
5. Resultat

5.1 Urval/modifiering av lagerföljdsdata och digitala kartdata

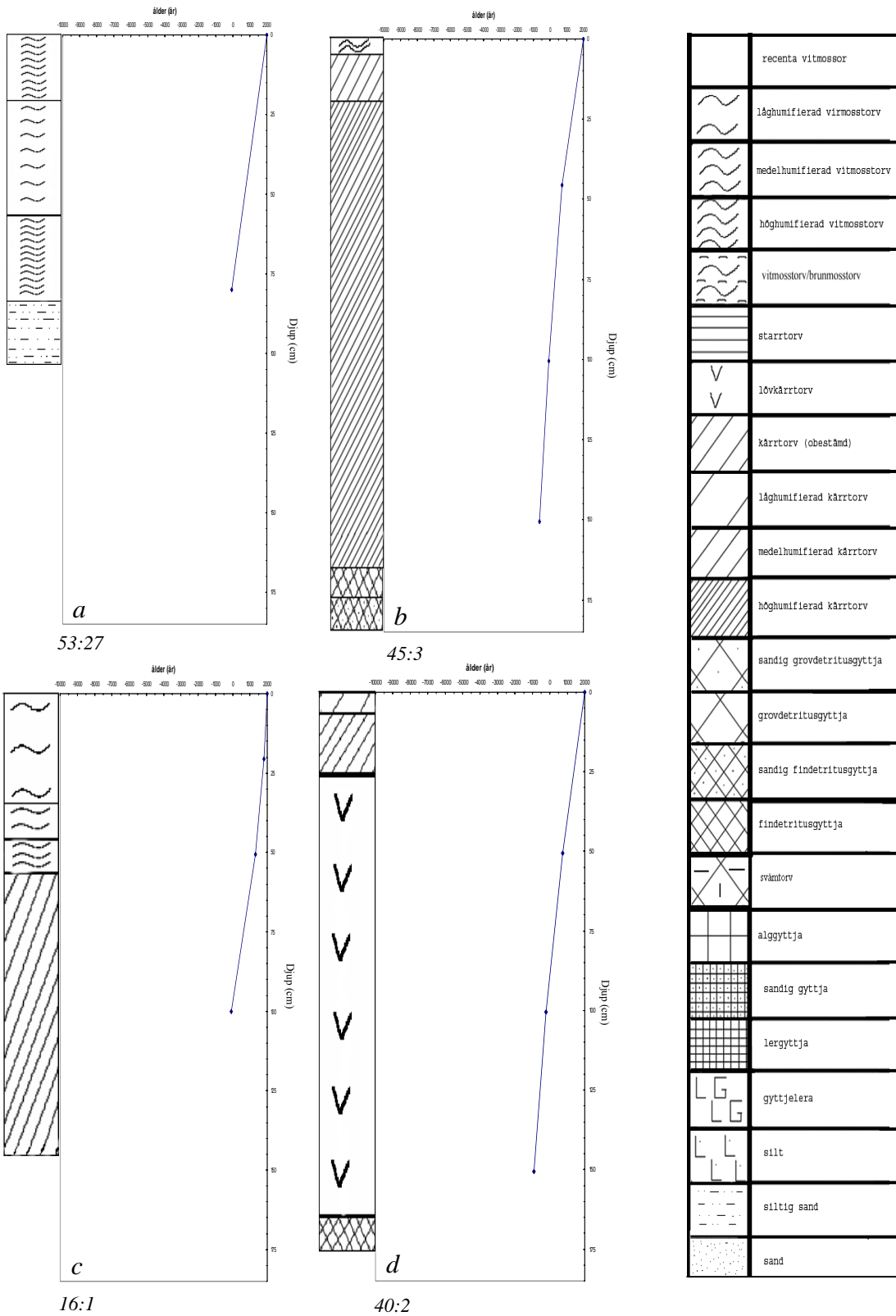
Relevanta data har samlats i ett ArcView- projekt, vilket ger en överblick av tillgängliga data. Projektet har konsekvent uppdaterats och information i projektet har givits beskrivande namn. En tabell med ingående skikt och genomförda modifieringar har skapats (tabell 3). Tabelldata har sammanställts i Microsoft Excel och strukturerats i en katalogstruktur där varje våtmark har sin katalog med tillhörande underkataloger.

5.2 Åldersmodeller

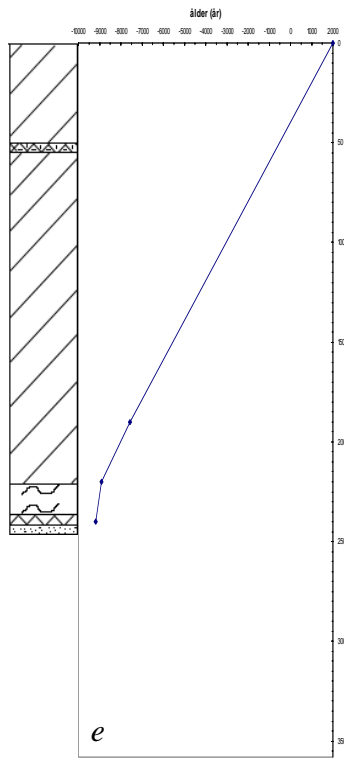
Placering av de 15 ^{14}C - daterade borrhämnarna längs den nya vägsträckningen framgår av figur 6. Åldermodeller och lagerföljderna visas i figur 7a-o. Lutningen på linjen mellan de daterade punkterna motsvarar ett *k-värde* som beskriver tillväxthastigheten (appendix 1 & 2). En jordart kan ha flera *k-värden*, som t.ex. lövkärrtorven i fig. 7k. Ett viktat medelvärde med avseende på tid har då räknats fram. Dateringar i nutid är inga ^{14}C - dateringar utan antagande att översta lagret i en lagerföljd är bildat i nutid. Bottendateringar på 9500 f.Kr. är inte heller de några ^{14}C - dateringar utan antagande om att produktionen av organogent material i sjöar började vid denna tid vilket tidigare nämnts.



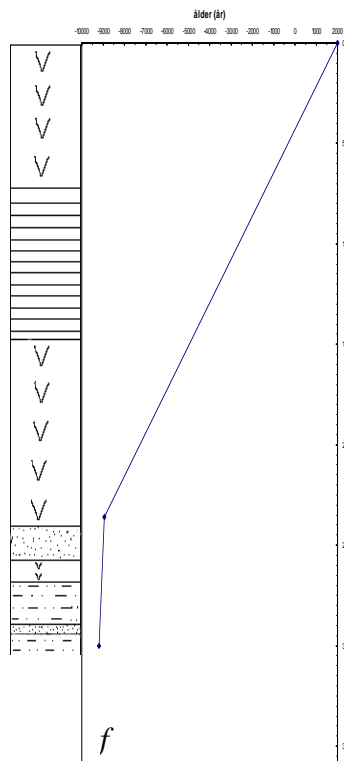
Figur 6. De 15 daterade borrhämnarnas placering längs den nya vägsträckningen.



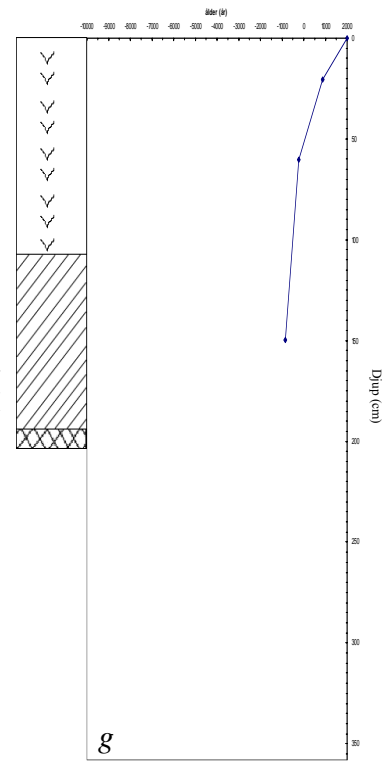
Figur 7. åldersmodeller och lagerföljder, a-o) i de 15 borrhöjningarna



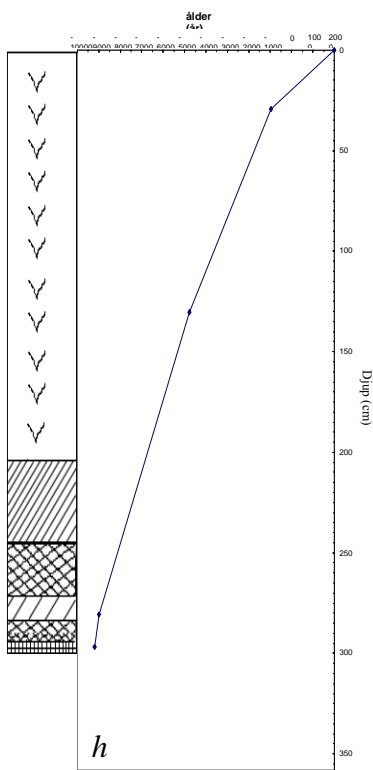
15:15



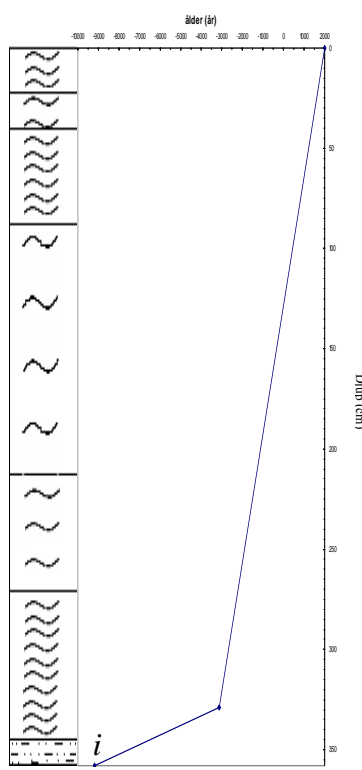
38:25



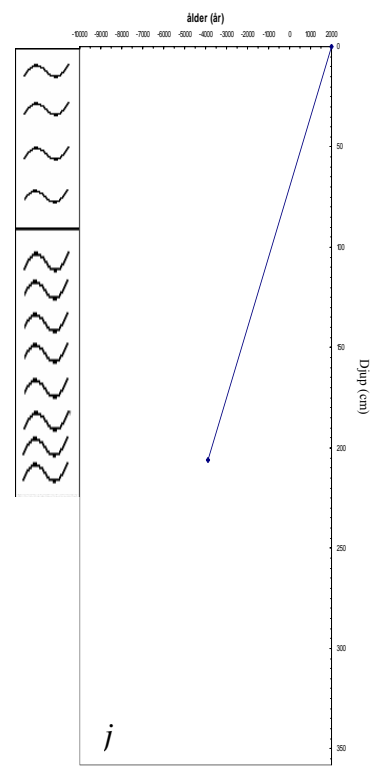
34:1



V24:1

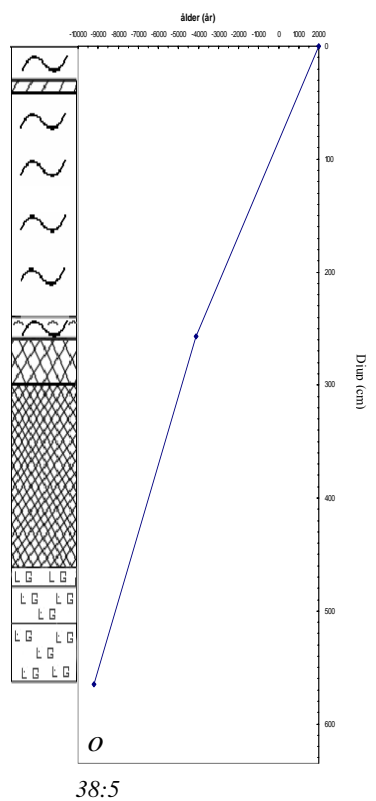
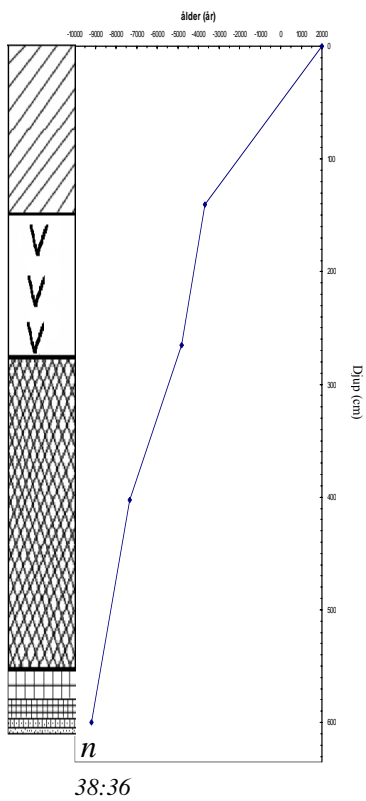
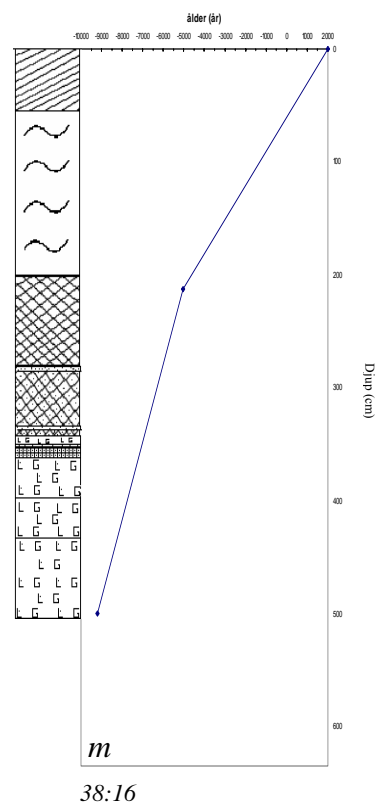
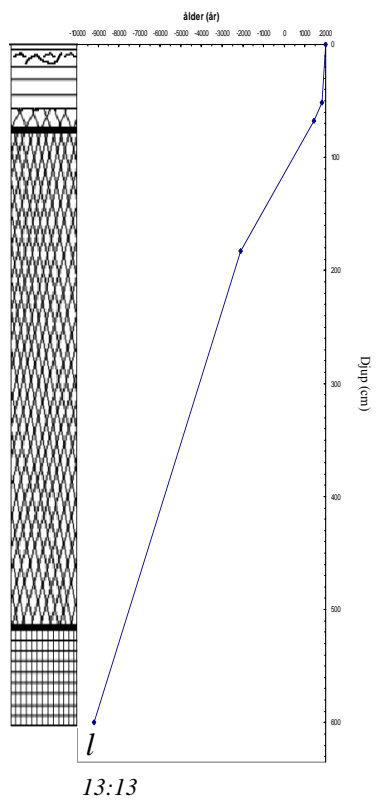
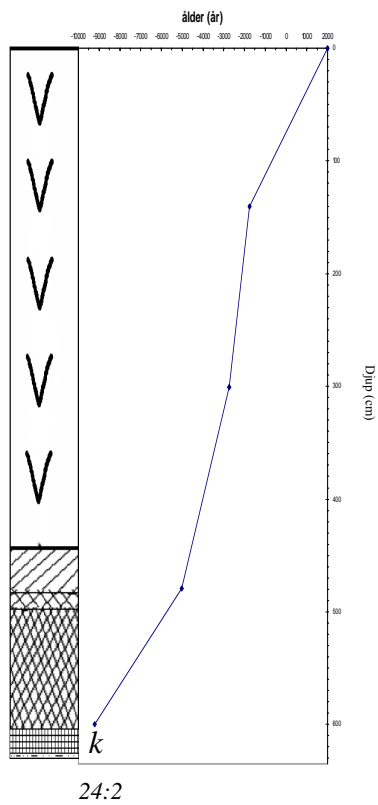


43:14



53:2

Figur 7. Fortsättning



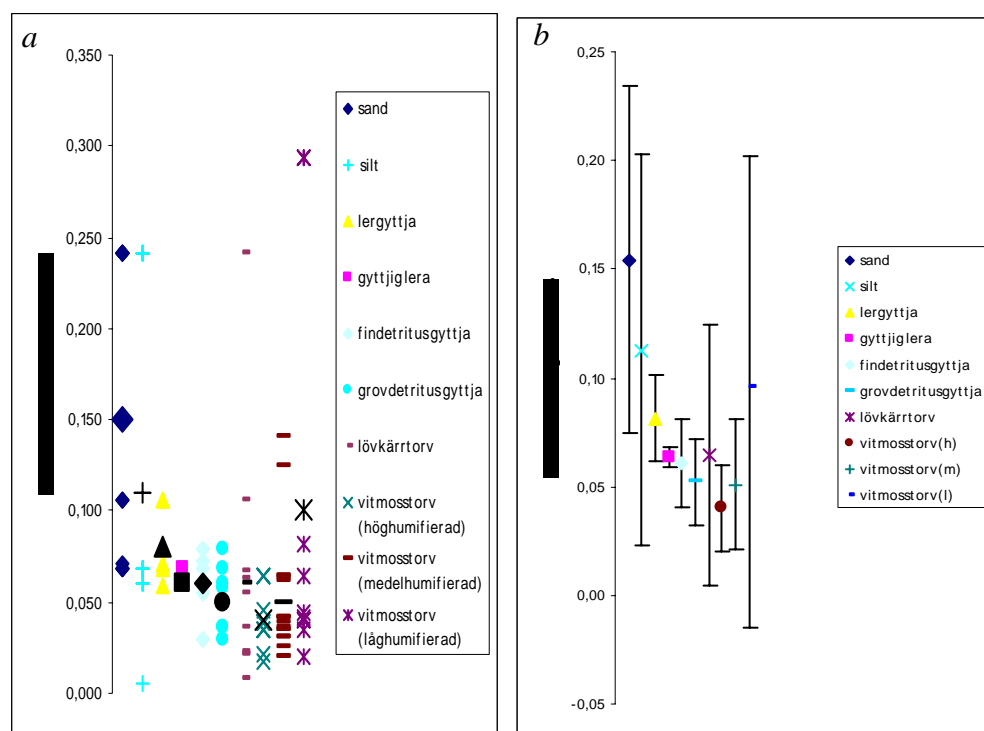
Figur 7. Fortsättning

5.2.1 Tillväxthastighet

Tjugotvå olika jordarter/humifieringsgrader blev efter sammanslagning tio stycken. Efter sammanslagningen beräknades standardavvikelse på de nya klasserna och ett medelvärde på tillväxthastigheten (*k-värde*) (tabell. 4 & figur 8a & 8b).

Tabell 4. De hopslagna klasserna, vilka jordarter klasserna innehåller samt medeltillväxt, standardavvikelse, medianvärde och antalet lager som beräkningarna är baserade på.

Klass	innehåller	tillväxt (k) cm/år	Standardavvikelse	Median	antal
Sand	sand	0,15	0,08	0,11	11
Silt	silt	0,11	0,09	0,07	10
Lergyttja	lergyttja	0,08	0,02	0,08	6
Gyttjig lera	gyttjig lera	0,06	0,02	0,06	3
Findetritusgyttja	findetritusgyttja	0,06	0,02	0,06	6
Grovdetritusgyttja	grovdetritusgyttja	0,05	0,02	0,06	7
Lövkärrtorv	lövkärrtorv, kärrtorv(hög)	0,06	0,07	0,05	10
Vitmosstorv(h)	vitmosstorv(h), starrtorv(h)	0,04	0,02	0,04	9
Vitmosstorv(m)	vitmosstorv(m), starr/vitmosstorv starr/vitmosstorv(m)	0,05	0,03	0,04	18
Vitmosstorv(l)	vitmosstorv(l), kärrtorv(l), kärrtorv(m) vitmossa, recent vitmossa, starr/vitmosstorv(l) svämtorv	0,10	0,11	0,04	10



Figur 8. Tillväxthastigheter för de 10 hopslagna jordartsklasserna med a) alla i de olika klasserna ingående värdena, med medelvärdet markerat i varje klass med större storlek, b) medelvärdet med standardavvikelsen markerad.

Nedan redovisas tillväxthastigheterna av de sammanslagna jordartsklasserna och de inom dessa ingående jordarterna.

5.2.1.1 Minerogena jordarter

Sand

I sandklassen ingår endast jordarten sand. Medeltillväxten är 0.15 cm/år baserat på 11 lager (tabell 4) som sinsemellan uppvisar variation mellan 0.07 och 0.24 cm/år (appendix 4)

Silt

I siltklassen ingår endast jordarten silt. Medeltillväxten är 0.11 cm/år baserat på 10 lager (tabell 4) som sinsemellan uppvisar variation mellan 0.005 och 0.24 cm/år (appendix 4).

Gyttjig lera

I gyttjig lera-klassen ingår endast jordarten gyttjig lera. Medeltillväxten är 0.06 cm/år baserat på 3 lager (tabell 4) som sinsemellan uppvisar variation mellan 0.006 och 0.07 cm/år (appendix 4).

5.2.1.2 Organogena jordarter

Lergyttja

I lergyttja-klassen ingår endast jordarten lergyttja. Medeltillväxten är 0.08 cm/år baserat på 6 lager (tabell 4) som sinsemellan uppvisar variation mellan 0.006 och 0.1 cm/år (appendix 4).

Findetritusgyttja

I findetritusgyttja-klassen ingår endast jordarten findetritusgyttja. Medeltillväxten är 0.06 cm/år baserat på 6 lager (tabell 4) som sinsemellan uppvisar variation mellan 0.03 och 0.08 cm/år (appendix 4).

Grovdetritusgyttja

I grovdetritusgyttja-klassen ingår endast jordarten grovdetritusgyttja. Medeltillväxten är 0.05 cm/år baserat på 7 lager (tabell 4) som sinsemellan uppvisar variation mellan 0.03 och 0.08 cm/år (appendix 4).

Lövkärrtorv

I lövkärrtorv-klassen ingår lövkärrtorv och höghumifierad kärrtorv. Medeltillväxten inom gruppen är 0.06 cm/år baserat på 10 lager (tabell 4) som sinsemellan uppvisar variation mellan 0.002 och 0.24 cm/år (appendix 4).

Höghumifierad vitmosstorv

I höghumifierad vitmosstorv-klassen ingår höghumifierad vitmosstorv och höghumifierad starrtorv. Medeltillväxten inom gruppen är 0.04 cm/år baserat på 9 lager (tabell 4) som sinsemellan uppvisar variation mellan 0.02 och 0.06 cm/år (appendix 4).

Medelhumifierad vitmosstorv

I medelhumifierad vitmosstorv-klassen ingår medelhumifierad vitmosstorv, medelhumifierad starr/vitmosstorv samt starr/vitmosstorv. Medeltillväxten inom gruppen är 0.05 cm/år baserat på 18 lager (tabell 4) som sinsemellan uppvisar variation mellan 0.02 och 0.12 cm/år (appendix 4).

Låghumifierad vitmosstorv

I låghumifierad vitmosstorv-klassen ingår låghumifierad vitmosstorv, låghumifierad kärrtorv, låghumifierad starrvitmosstorv medelhumifierad kärrtorv, vitmossa, recent vitmossa samt svämtorv. Medeltillväxten inom gruppen är 0.1 cm/år baserat på 10 lager (tabell 4) som sinsemellan uppvisar variation mellan 0.002 och 0.29 cm/år (appendix 4).

5.2 Datorprogram för beräkning av våtmarksnivå

Medelhöjdminskning i de två våtmarkerna relativt nutidsvärden visas i tabell 5. Beräkningen är gjord utifrån höjdminskning i borrhöjderna i de olika tidsstegen.

Tabell 5. Area- och volymförändring av de interpolerade ytorna, höjdförändring i punkterna samt fördelningen fastmark/våtmarkspunkter i de olika tidsstegen jämfört med nutid

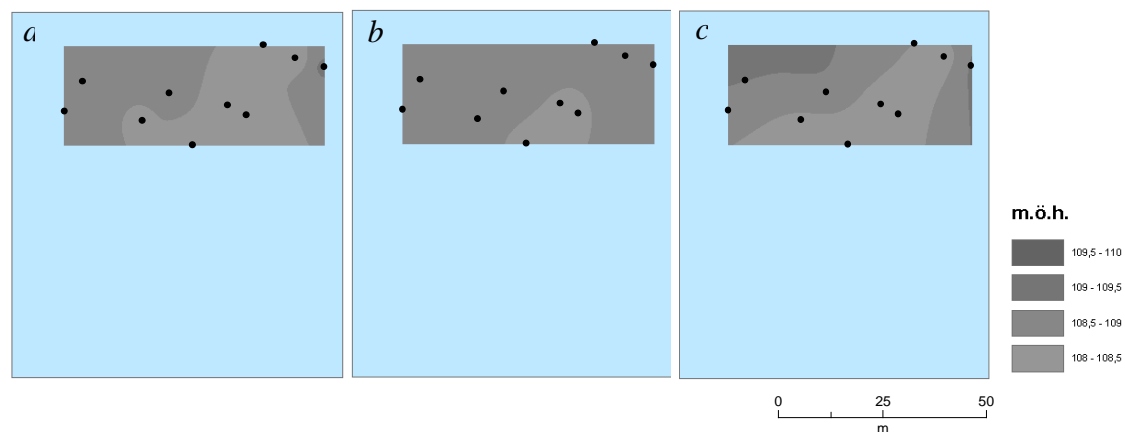
	igenväxningsvåtmark			
tid (år före nutid)	0 (nutid)	1000	2000	6000
fastmarkspunkter (antal)	0	0	3	19
våtmarkspunkter (antal)	29	29	26	10
höjdförändring medel (m)	-	0,47	0,89	1,96
area (m²)	6893	6893	6111	5283
skillnad i area jmf nutid (%)	0	0	-11	-23
volym (m³)	29675	26494	19550	10716
skillnad i volym jmf nutid (%)	0	-11	-34	-64
	försumpningsvåtmark			
tid (år före nutid)	0 (nutid)	1000	2000	6000
fastmarkspunkter (antal)	0	1	1	5
våtmarkspunkter (antal)	11	10	10	6
höjdförändring medel (m)	-	0,53	0,87	2,4
area (m²)	21455	21209	21209	17151
skillnad i area jmf nutid (%)	0	-1	-1	-20
volym (m³)	135590	118673	106912	55917
skillnad i volym jmf nutid (%)	0	-12.5	-21	-59

5.3 Interpolering

Resultat av de interpolationer som gjorts för de två våtmarkerna redovisas nedan.

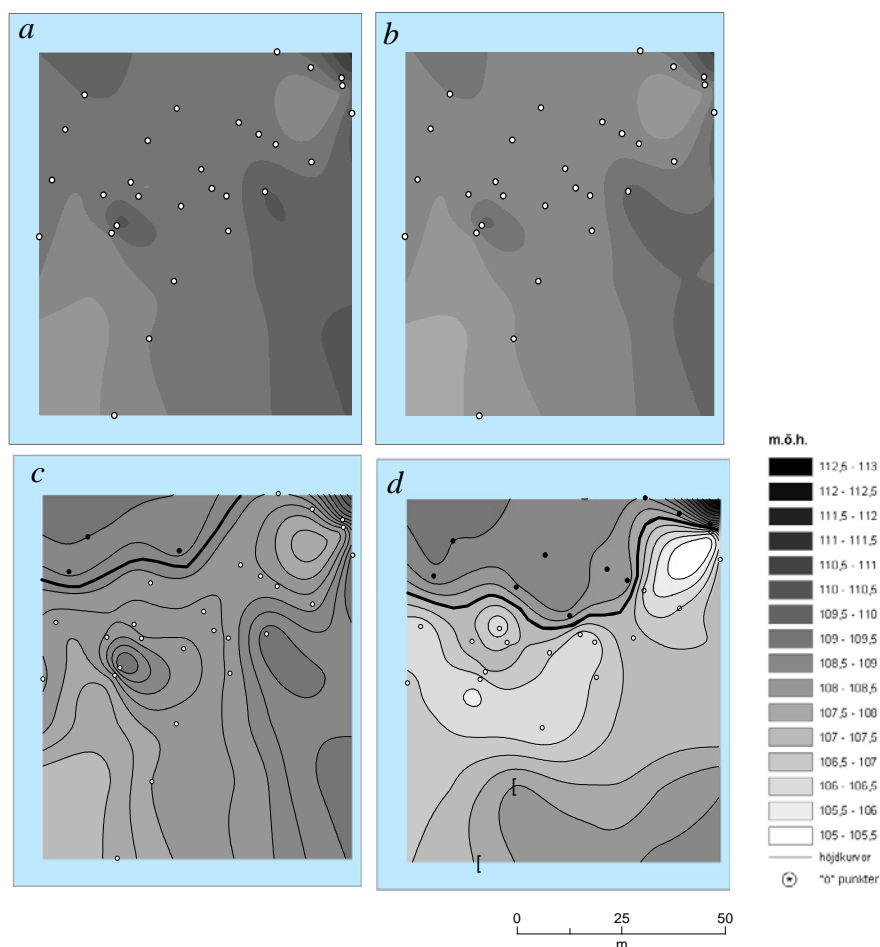
5.3.1 Igenväxningsvåtmarken

Interpolation av fastmarkspunkter vid tiden 6000 med de tre metoderna avståndsviktad medelvärdesinterpolation, kriginginterpolation och bikubisk splineinterpolation jämfördes (figur 9a-c). Bikubisk splineinterpolation bestämdes utifrån geologi och visuell tolkning som den mest lämpliga metoden för fortsatt interpolation av borrpunkter i denna våtmark.



Figur 9. Interpolation av fastmarkspunkter vid tiden 6000 med a) avståndsviktad medelvärdesinterpolation, b) kriginginterpolation och c) bikubisk splineinterpolation

Bikubisk splineinterpolering av alla borrpunkterna genomfördes för att få fram våtmarksytans nivå för 0, 1000, 2000 och 6000 år sedan. I nutid är samtliga punkter våtmark och höjdvärdena varierar mellan 108,6 och 110,0 m.ö.h. (figur 10a & appendix 5). För tidssteget 1000 år sen var samtliga punkter enligt programmet våtmark och höjdvärdena är lägre än i nutid och varierar mellan 108,1 och 109,5 m.ö.h. (figur 10b & appendix 5). Då alla punkter enligt programmet var våtmark kunde en gränsdragning mellan våt- och fastmark i detta tidssteg inte göras. För 2000 år sedan var tre borrpunkter enligt programmet fastmark d.v.s. våtmarken har minskat i både höjd och utbredning. Höjdvärdena varierar mellan 107,6 och 109,1 m.ö.h. (figur 10c & appendix 5). Utifrån den interpolerade ytan vid tidssteget 2000 genererades höjdkurvor med 0.25 meters ekvidistans. Punkter som nått fastmark och punkter som fortfarande var våtmark användes för att finna brytningen mellan fastmark och våtmark bland höjdkurvorna. Gränslinje för våtmarken drogs mellan de två höjdkurvor som avgränsar våtmarks- respektive fastmarkspunkterna.



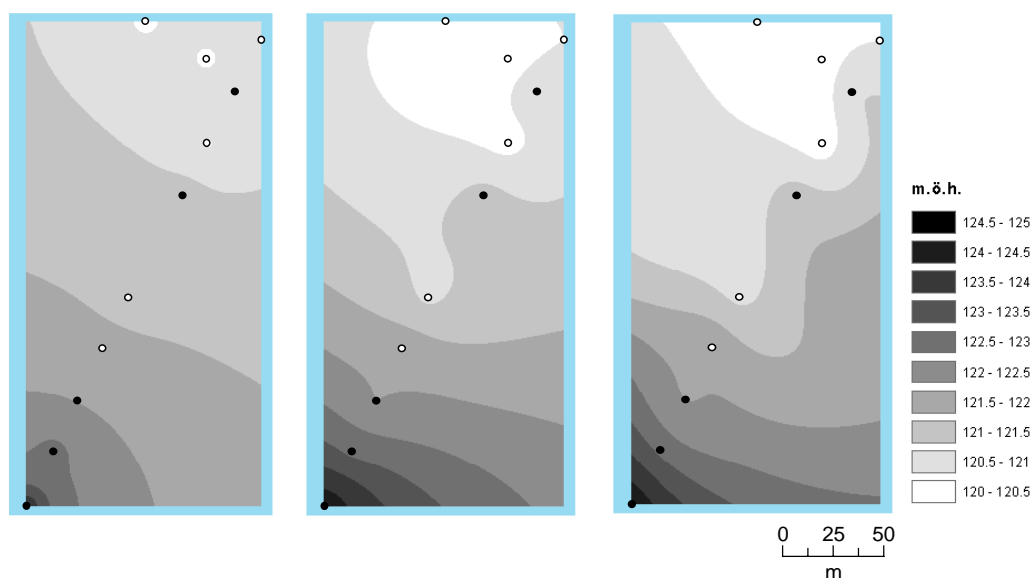
Figur10. Interpolerad yta med bikubisk-splineinterpolation. Vita punkter är våtmarkspunkter och svarta är fastmarkspunkter. Grå linje är den uppskattade våtmarkskanten, a) nutid, b) tiden 1000, c) tiden 2000 med höjdkurvor med 0,25 m ekvidistans markerade och d) tiden 6000 med höjdkurvor med 0,50 m ekvidistans markerade.

För 6000 år sedan har tio punkter enligt programmet nått fastmark. Våtmarken har alltså ytterligare minskat i höjd och utbredning. Höjdvärdena varierar mellan 106,1 och 109,0 m.ö.h. (figur 10d & appendix 5). Runda ringar med stjärna i är ”ö-punkter” vilket här betyder att de nått fastmark men inte räknas som fastmark då gränslinjen dras eftersom de befinner sig mitt i en stor våtmark. Utifrån den interpolerade ytan vid tidssteget 6000 genererades höjdkurvor med 0.50 meters ekvidistans. Punkter som nått fastmark och punkter som fortfarande var våtmark användes för att finna brytningen mellan fastmark och våtmark bland höjdkurvorna. Gränslinje för våtmarken drogs mellan de två höjdkurvor som avgränsar våtmark- respektive fastmarkspunkterna. Area- och volymeräkning av våtmarksutbredningen vid de olika tidsstegen genomfördes för att kvantifiera våtmarkens tillväxt (tabell 5). I nutid är arean 6893 m² och volymen 29675 m³. För 1000 år sedan var arean oförändrad eftersom ingen gränslinje mellan fast- och våtmark kunde dras. Volymen var 26494 m³, d.v.s. ca 11 % mindre än nutidsvolymen. För 2000 år sedan var arean 6111 m² och volymen 19550, d.v.s. ca 11 % respektive ca 34 % mindre än i nutid. För 6000 år sedan var arean 5283 m² och volymen 10716 m³, d.v.s. ca 23 % respektive ca 64 % mindre än i nutid.

5.3.2 Försumpningsvåtmark

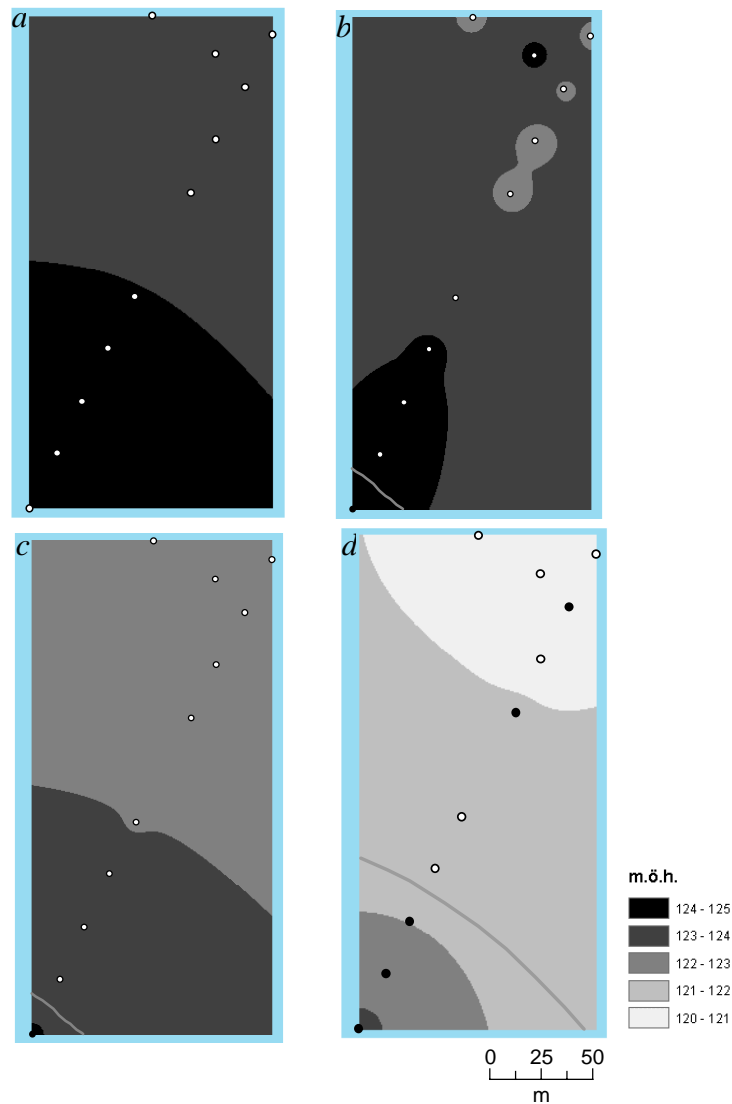
Eftersom punkterna i denna våtmark inte var inmätta med totalstation har höjdvärden vid analys tagits från höjddatamodellen över hela området, d.v.s. de har förhållandevis låg noggrannhet.

Interpolation av alla punkter vid tiden 6000 med de tre interpolationsmetoderna avståndsviktad medelvärdesinterpolation, kriginginterpolation och bikubisk splineinterpolation jämfördes (figur 11a-c). Avståndsviktad medelvärdesinterpolation bestämdes utifrån geologi och visuell tolkning som den mest lämpliga metoden för fortsatt interpolation av borrhöjningarna i denna våtmark.



Figur 11. Interpolation av alla punkter vid tidssteget 6000. Vita punkter är våtmarkspunkter och svarta är fastmarkspunkter a) avståndsviktad medelvärdesinterpolation, b) kriginginterpolation och c) bikubisk splineinterpolation.

Avståndsviktad medelvärdesinterpolation av alla borrhöjningarna genomfördes för att få fram våtmarksytans nivå för 0, 1000, 2000 och 6000 år sedan. Interpolationerna är baserad på samtliga punkter vid de olika tidsstegen. Den uppskattade våtmarkskanten har markerats i de interpolerade ytorna. I nutid är alla punkter våtmark och höjdvärdena varierar mellan 123,0 och 125,0 m.ö.h. (figur 12a & appendix 5). Vid tidssteget 1000 var en punkt enligt programmet fastmark, d.v.s. våtmarken har minskat i både höjd och utbredning. Höjdvärdena är lägre än i nutid och varierar mellan 122,5 och 124,4 m.ö.h. (figur 12b & appendix 5). Baserat på jordartskartan bestämdes att det i första hand var intressant att studera våtmarksminskningen i det sydvästra hörnet av studieområdet eftersom det är där våtmarken tydligt gränsar mot moränavlagringar. Gränslinjen mellan fast- och våtmark har dragits parallellt mot moränavlagringarna. För 2000 år sedan har inga nya fastmarkspunkter enligt programmet tillkommit. Höjden i punkterna har dock minskat och varierar mellan 122,1 och 124,4 m.ö.h (figur 12c & appendix 5).



Figur 12. Interpolerad yta med avståndsviktad medelvärdesinterpolation av alla punkter Vita punkter är våtmarkspunkter och svarta är fastmarkspunkter. Grå linje är uppskattad våtmarkskant. a) nutid, b) tiden 1000, c) tiden 2000 och d) tiden 6000.

För 6000 år sedan var fem punkter enligt programmet fastmark, våtmarken har alltså ytterligare minskat i höjd och utbredning. Höjdvärdena varierar mellan 120,2 och 124,1 möh (figur 12d & appendix 5). Interpolationen visar att våtmarken sluttar åt nordost. Även den nutida våtmarken har denna sluttningsriktning. Area- och volymberäkning av våtmarksutbredningen vid de olika tidsstegen genomfördes för att kvantifiera våtmarkens tillväxt (tabell 5). I nutid är arean 21455 m^2 och volymen 135590 m^3 . För 1000 år sedan var arean 21209 m^2 och volymen 118673 m^3 , d.v.s. ca 1 % respektive ca 13 % mindre än i nutid. För 2000 år sedan var arean oförändrad. Volymen var 106912 m^3 , d.v.s. ca 21 % mindre än nutidsvolymen. För 6000 år sedan var arean 17151 m^2 och volymen 55917 m^3 , d.v.s. ca 20 % respektive ca 59 % mindre än nutiden.

Diskussion

6.1 Urval/modifiering

Att samla och strukturera data i ett GIS ger en överblick för fortsatt arbete. En stor mängd olika informationsskikt har skapats/modifierats vilket gör det helt nödvändigt att konsekvent namnge och spara information på ett logiskt sätt. Den våtmark som använts som bakgrund till borrh punkterna är Svensk Marktäckedata (SMD) och denna jämfördes med motsvarande våtmark i Våtmarksinventeringen (VMI) för att visuellt kontrollera hur väl de båda överensstämmer. SMD innehåller betydligt fler våtmarker än VMI. Det beror på att VMI endast innehåller våtmarker över en viss storlek. Då borrh punkterna från riksantikvarieämbetet lades ovanpå våtmarksskiktet låg ett antal av punkterna utanför våtmarkerna. Dessa punkter har tillsammans med Per Lagerås, som gjort fältobservationer, diskuterats och rimliga förklaringar till deras placering har resonerats fram. I de flesta fall är det upplösningen på SMD som orsakar problem. En pixel på gränsen till en våtmark kanske egentligen skulle klassas som våtmark om man gjort ett fältbesök och konstaterat detta. I den automatiserade klassningen har den dock ansetts utgöra något annat. Vid klassningen kan pixeln endast tilldelas ett värde som motsvarar en viss marktyp och om cellstorleken är stor kan små våtmarker missas. Därav problemet med att vissa borrh punkter hamnar utanför våtmark på kartan.

6.2 Åldersmodeller

Beräkningen av *k-värden* för olika jordarter var en förutsättning för att kunna använda även odaterade lagerföljder vid rekonstruktion av våtmarksutbredning i olika tidssteg. Av de 220 borrh punkterna var endast 15 daterade. Att använda lagerföljdsbeskrivningar från odaterade borrh punkter tillsammans med framräknade *k-värden* från andra daterade punkter är centralt i hela tanken med metodikutvecklingen i denna studie. Vinsten med detta är att odaterade lagerföljder kan användas vid programkörning vilket gör att ny information ur det befintliga materialet kan tas fram.

6.2.1 Tillväxthastigheter

Sand uppvisar stor variation i tillväxthastighet. Sannolikt beror det på variation i tillgång av minerogent material i våtmarkens dräneringsområde vilket påverkar halten minerogent material i olika lager. Tillväxthastigheter inom gruppen är dock osäkra. Minerogent material tillväxer inte på samma sätt som organogent material. Oftast avsätts inte materialet kontinuerligt utan momentant till skillnad från organogent material. Att gruppen ändå finns med och inte tagits bort beror på att sandlagren är väldigt tunna och därmed inte påverkar programkörningen märkbart. *Silt* uppvisar liksom sandgruppen en variabel tillväxthastighet där variationen sannolikt beror på skillnad i tillgång av minerogent material i våtmarkens dräneringsområde vilket inverkar på halten minerogent material i olika lager. För *lergyttja* gäller att dess tillväxthastighet är mer variabel än den *gyttjiga lerans*. Det borde varit tvärtom eftersom den *gyttjiga lera* innehåller mer minerogent material än *lergyttjan* och tillförseln av minerogen material är mer variabel än tillförseln av organiskt material som bildas i en sjö (Lindström et al. 1991). En osäkerhet med avseende på tillväxthastighet för *lergyttja* och *gyttjig lera* är, liksom för sandgruppen, att lagrens tjocklek oftast är väldigt liten. *Fin-* och *grovdetritusgyttja* har en något lägre tillväxthastighet än *lergyttja/gyttjig lera*. Anledningen skulle kunna vara att *lergyttja/gyttjig lera* generellt sett innehåller mer minerogent material vilket kan ge en högre tillväxthastighet. Inom *lövkärrtorv-gruppen* fluktuerar tillväxthastigheten mycket. Det högsta värdet inom gruppen avviker markant från övriga. Tillväxt-

hastigheten för *vitmosstorv* gör gällande att en lägre humifieringsgrad ger en högre tillväxt vilket är rimligt. *Kärrtorv* samt *låg-* och *medelhumifierad kärrtorv* ingår i låghumifierad vitmosstorv-klassen. *Kärrtorven* har en variabel tillväxthastighet där den högsta hastigheten avviker markant från de andra tillväxthastigheterna.

För vissa lagerföljder fanns det väldigt få dateringar att tillgå. Fler dateringar hade givit mer tillförlitligt värde på tillväxthastighet hos en jordart. Detta är en begränsning och felkälla som bör tas i beaktande då tillbakaräkningar sker. Denna studies värden är dock rimliga. Andra uppskattningar som gjorts av tillväxthastigheter hos t.ex. låghumifierad vitmosstorv och starr/kärrtorv anger hastigheten till 1 m respektive 0.5 m på 1000 år (Wallin et al. 1997). Studiens värden för motsvarande jordartsklasser är 0.9 respektive 0.6 m per 1000 år (tabell. 5). Rimligheten i tillväxtberäkningarna styrks ytterligare genom att låghumifierad vitmosstorv har högre tillväxthastighet än höghumifierad vitmosstorv.

Det vore rimligt att anta att tillväxthastigheter skulle förändras i gränsen mellan olika jordarter. För att åstadkomma det hade krävts fler dateringar samt att dessa dateringar var tagna i början och slutet av varje jordartssekvens. Det material som fanns att tillgå tillät inte detta. Hänsyn har tagits till jordartsgränserna såtillvida att alla i en jordart ingående tillväxthastigheter tagits med i beräkning av tillväxthastighet.

Det är rimligt att anta att netto torvtillväxten fortfarande är positiv i de två våtmarker som studerats eftersom torvproduktion pågått under 11200 år. De har alltså ännu inte nått det stadium vid ca 12000 år som enligt Clyma et al.'s (1998) modellering innebär att netto torvtillväxten avstannar på grund av att nedbrytningshastigheten då blir större än produktionshastigheten.

Effekten av kompaktion har inte beaktats vid tillväxthastighetsberäkning eftersom den bedömdes spela en underordnad roll. Det är endast de översta centimeterna i en lagerföljd som är opåverkade av kompaktion, resterande del av lagerföljden uppvisar samma grad av kompaktion oavsett djup (Aaby 1986), vilket tidigare nämnts. I en annan studie, rörande torvackumulation drogs slutsatsen, att effekten av kompaktion var försvinnande liten (Borren et al. 2003), vilket styrker valet att bortse från kompaktionen i denna studie.

6.3 Datorprogram för beräkning av våtmarksnivån

Syftet med programmet är att underlätta tillbakaräkning i lagerföljder. Ett stort antal borrhullspunkter kan med programmets hjälp beräknas på ett enkelt sätt. I denna studie har tre olika tidssteg (1000, 2000 och 6000) använts. Programmet möjliggör dock rekonstruktion av våtmarksnivå vid vilken tidpunkt som helst eftersom tidsstegen kan väljas fritt. En framtida förbättring av programmet är att inläsning av borrhullspunktsdata från en standardiserad inputfil skall bli möjligt.

6.4 Interpolation

Valet av interpolationsmetod har som tidigare nämnts skett, dels genom en visuell bedömning av resultatet av de olika interpolationsmetoderna, men även genom att områdets geologi och jordartskartan över området beaktats. Utifrån det grundmaterial som fanns att tillgå i form av punkter ansågs detta vara det bästa sättet att välja interpolationsmetod på. Fler punkter hade varit önskvärt vilket skulle möjliggjort en statistisk utvärdering av interpolationsresultaten. För igenväxningsvåtmarken har

interpolationen vägts in mer än för försumpningsvåtmarken vid uppskattning av våtmarkskanten. Detta gjordes eftersom punkterna i igenväxningsvåtmarken, dels var fler till antalet, men även var fördelade på ett bättre sätt avseende interpolation. Att antalet punkter för båda våtmarkerna var väldigt få är något som återigen skall betonas. En interpolation blir säkrare ju fler punkter som används varför interpolationerna, som tidigare nämnts, *inte* skall betraktas som statistiskt säkerhetsställda. Att ändå använda interpolation motiveras av att det blir lättare att upprepa rekonstruktionen av en våtmark om man har en definierad metod. Det får ses som mer sannolikt att man drar liknande slutsatser om samma beslutsunderlag tillämpas. För framtida provtagning av våtmarker med syfte att beskriva förändring i våtmarksutbredning är ett nätverk av punkter att föredra framför en transektfördelning. Ett nätverk av punkter ger ett bättre underlag för interpolation och tolkning.

6.4.1 Igenväxningsvåtmarken

Två fastmarkspunkter i igenväxningsvåtmarken vid tiden 6000 år togs inte i beaktande då gränsen mellan fastmark och våtmark drogs. Dessa återfanns i den sydvästra/mellersta delen av våtmarksutsnittet och benämns ”ö-punkter”. Punkterna utgör förmodligen en ö och motiveringen till detta är att de ligger mitt i en stor våtmark men ändå, enligt programmet, utgör fastmark. Att uttala sig om den tänkta öns utbredning är svårt. En interpolation av två punkter ter sig meningslös eftersom det inte finns mätpunkter runt omkring som säger något om den tänkta öns utbredning varför en interpolation inte ger någon användbar information. Vid area- och volymeräkning tas ingen hänsyn till dessa punkter av denna anledning. I den sydöstra delen av de interpolerade ytorna finns inga kända punkter. Värden där är därför uppskattningsvis mer osäkra än i områden med punkter.

6.4.2 Försumpningsvåtmarken

I försumpningsvåtmarken var punkterna fördelade som en transekt från sydväst till nordost. Att interpolera utifrån punkter fördelade på detta vis är problematiskt. Samma svårigheter som vid de tänkta öarna i igenväxningsvåtmarken återfinns här. En interpolation kan egentligen inte säga något om hur värden fördelas åt sidorna eftersom det inte finns några kända värden där. De interpolerade ytorna i denna våtmark bedöms därför som osäkra och har som tidigare nämnt inte vägts in mycket vid gränsdragning av våtmarkskanten.

6.4.3 Geologisk tolkning

Att geologiskt tolka den forna våtmarksutbredningen är lättare i igenväxningsvåtmarken än i försumpningsvåtmarken. I igenväxningsvåtmarken är borrhöjningarna mer jämt fördelade vilket gör att interpolationen bör vara mer tillförlitlig. Formen av själva våtmarken är också bättre avseende tolkning då utsnittet av våtmarken utgör en del av en större sammanhängande våtmark. I försumpningsvåtmarken utgör utsnittet en del av två intilliggande våtmarker vilket försvårar tolkning. De två undersökta våtmarkerna representerar två olika bildningssätt och de speglar därmed också skilda processer bakom tillväxten av de organogena lagren.

Försumpningslagerföljder består uteslutande av torv och deras uppkomst och tillväxt kan förklaras ganska enkelt utifrån det samband som finns mellan klimat och torv, nämligen att torvbildning och torvtillväxt gynnas av ett kallt och fuktigt klimat. Försumpningslagerföljderna har i de flesta fall börjat bildas för två till tre tusen år

sedan (Liljegren och Lagerås 1993) (men ibland såväl tidigare som senare). Sedan har ett allt fuktigare klimat lett till en gradvis lägre humifieringsgrad och därmed en allt snabbare torvtillväxt (Wallin et al. 1997).

Igenväxningslagerföljder består i sin nedre del av sjösediment, huvudsakligen gyttja, som avsatts på botten av den dåtida sjön. Gyttjan består till största delen av döda alger som tillsammans med pollen, frön och annat växt- och djurmateriäl sjunkit till botten (Sjörs 1971). Gytjtjans ackumulationshastighet visar inte som torven ett direkt samband med klimatet, utan styrs framför allt av näringshalten och den organiska produktionen i sjön. I den mån det finns ett samband med klimatet kan ett omvänt förhållande jämfört med torv förväntas, nämligen att ett varmare klimat ger högre organisk produktion och därmed högre ackumulationshastighet. I och med en ökad ackumulation grundas sjön upp med mindre vattenvolym, högre temperatur och större koloniserbar yta för högre vattenvegetation som följd. Detta innebär en ökad igenväxningshastighet i processens slutstadium (Sjörs 1971). En sjölagerföljd styrs alltså av andra processer än en torvlagerföljd. Därför blir tolkningen av en igenväxningslagerföljd komplex. Före igenväxningen har den varit en sjö och sedimenttillväxten har då styrts av de för sjöar typiska processerna. Efter igenväxningen har den utvecklats till en torvmark och då följt samma lagar om sambandet mellan klimat och torvtillväxt som en försumpningslagerföljd.

Sammantaget får detta resonemang följande konsekvenser för tolkningen av de två exemplen i denna studie: Tillväxten av försumpningslagerföljden och den övre delen av igenväxningslagerföljden (den del som utgörs av torv) speglar den gradvisa klimatförsämringen, medan tillväxten i den undre delen av igenväxningslagerföljden framför allt speglar den dåtida sjöns näringsstatus. Generellt i området är försumpningslagerföljder den absolut vanligaste typen. Ett fuktigare och kallare klimat gynnar utveckling av försumpningsvåtmark vilket tidigare nämnts och en expansion av sådan mark under de senaste årtusendena har skett vilket märks i areal- och volymberäkningarna för tidsstegen 1000 och 2000 (tabell 5). Beräkningarna speglar en klimattrend där det för 6000 år sedan inte fanns speciellt mycket torvmark eftersom torvtillväxten inte kommit igång. Utbredningen av de två våtmarkerna vid denna tid är ca 20 % mindre än i nutid (tabell 5). Denna siffra är förmodligen lågt räknad då tex. ”ö-punkterna” i igenväxningsvåtmarken inte tagits med i beräkningen och försumpningsvåtmarken är osäker i uppskattningen av areal- och volymförändring

7. Slutsatser

Denna studie har förberett för vidare studier av våtmarksutbredning med hjälp av lagerföljdsdata och GIS. Det finns nu ett kartpaket med relevanta data över studieområdet i allmänhet och över de två våtmarker som specialstuderats i synnerhet. Tillväxthastigheter baserat på 15 noggrant daterade borrhävar har räknats fram och dessa kan tillämpas på icke daterade lagerföljder. Ett flexibelt dataprogram som beräknar våtmarksnivå i borrhävar vid valfri tidpunkt finns nu klart att användas. Interpoleringar av framräknade höjdvärden i borrhävar har skapat kontinuerliga ytor där area- och volymförändringar bestämts. Förändringarna speglar en långsiktig klimattrend med stark torvtillväxt de senaste 2000 åren.

8. Framtid

Den metodik som utformats i detta arbete är tänkt att i ett senare steg användas till att uppskatta våtmarksutbredning samt area- och volymförändring i ett större område än det område som studerats nu. I ett första steg skall alla våtmarker längs med den nya vägsträckningen studeras och sedan alla våtmarker i 50x50 km- rutan. På det sättet skapas ett rumsligt underlag för att modellera klimatiska och biologiska processer t.ex: (1) hur förändringar av torvvolym inverkar på utbytet av växthusgaser mellan våtmarkerna och atmosfären, (2) hur variationen i våtmarksutbredning kan förklara orsaker till förändring av den biologiska mångfalden i landskapet, (3) hur utbredning av våtmarker i förhållande till hydrologi påverkar graden av kväverenande potential hos våtmarker.

9. Tacksida

Jag vill härmed framföra ett stort och varmt tack till följande personer:

Anna Broström – min handledare, tack för gott samarbete, tålamod och idéer!

Per Lagerås för handledning, borrpunktsdata, diskussioner kring lagerföljder samt trevlig fältdag.

Petter Pilesjö för värdefulla kommentarer.

Emilie Stroh för att du ofta vet det jag inte vet när jag behöver veta det.

Karin Larsson för att du alltid tar dig tid.

Jesper Olsson och Karin Lund på riksantikvarieämbetet för digital data.

Alexander Stiessel för värdefulla tips kring programmering.

Magnus Hansson för insiktsfulla kommentarer kring interpolation.

Tobias Lennartson för att du har koll på Excel.

Jonny Anderson och Martin Sjöström för trevliga fikapauser.

SGU för utlånande av data.

Övriga på GIS-centrum för trevlig social miljö.

Sist men inte minst Ann Samuelson för att du är så bra!

10. Referenser

- AABY, BENT, 1986. Palaeoecological studies of mires. i: B.E. Berglund, (red)., *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology*: Chichester. John Wiley & Sons. 867 s.
- Björck, S., Walker, M.J.C., Cwynar, L.C., Johnsen, S., Knudsen, K.L., Lowe, J.J., Wohlfarth, B och Intimate members (1998). *An event stratigraphy for the last Termination in the North Atlantic region based on the Greenland ice-core record: a proposal by the INTIMATE group*. Journal of Quaternary Science 13(4). s. 283-292.
- Björkman, L. och Ekström, J (2002). *Paleoekologisk förundersökning av torvmarker inför ombyggnad av E4:an sträckan Örkelljunga-länsgränsen i nordvästra skåne*. Lund.18 s.
- Borren, W., Bleuten, W och Lapshina, E.D. (2003). *Holocene peat and carbon accumulation rates in the southern taiga of western Siberia*. Quaternary Research 61. s. 42-51.
- Boström, L. och A.R. Persson. (1991). *Våtmarkernas betydelse i Helsingborgs kommun*. Lund. 63 s.
- Bronk Ramsey, C. (2002). Development of the Radiocarbon Program OxCal, *Radiocarbon*, 43 (2A). s. 355-363.
- Clymo, R.S., Turunen, J och Tolonen, K. (1998). *Carbon accumulation in peatland*. Oikos, 81. s. 368-388.
- Eklundh, L. (red) (2001). *Geografisk informationsbehandling, Metoder och tillämpningar*. Stockholm, Byggeforskningsrådet: 348 s.
- Germundsson, T. och Schlyter, P (1999). *Sveriges nationalatlas, atlas över Skåne*. Uppsala, Almqvist & Wiksell: s. 30-35.
- Harrison, S. P. och Digerfeldt, G (1993). "European lakes as palaeohydrological and palaeoclimatic indicators." *Quaternary Science Reviews*: 7 s.
- Lagerås, P. (2001). *Approaches and methods for commissioned archaeology in wetlands. Experience from the E4 Project in Skåne, southern Sweden*. In press European Journal of Archaeology. 20 s.
- Liljegren, R. och Lagerås, P (1993). *Från mammutstjäpp till kohage Djurens historia i Sverige*. Lund, Wallin & Dalholm Boktr AB. 48 s.
- Lindström, M., Lundqvist, J och Lundqvist, Th (1991). *Sveriges geologi från urtid till nutid*. Lund, Studentlitteratur: 398 s
- Nordiska Ministerrådet. (1977). *Naturgeografisk regionindelning av Norden*. Stockholm, Liber distribution. 34 s.
- Pilesjö, P. (2003). *Interpolation Lecture*. Lund. 22 s.

Redfern, D. (1998). *The Matlab5 handbook*. New York, Springer. 479 s.

SGU. 2002. *Definitioner och begrepp*.

http://www.sgu.se/geologi/jord/torv/tordef_s.htm. (040131)

Sjunnesson, C. 2003. *Varför våtmark?*

http://www.hh.se/wetland/varfor_vatmarker.htm. (040103)

Sjörs, H. (1971). *Ekologisk botanik*. Stockholm, Almqvist & Wiksell: 296 s.

Stuiver och van der Plicht (red) (1998) Calibration Issue *Radiocarbon* **40**(3). s. 1127-1151

Swedish CORINE Land Cover (SCLC) data (Engberg, 2002) Engberg, A (2002). Produktspecifikation av Svenska CORINE Marktäcke data. Version 2.0, Lantmäteriet, Gävle

Tonderski, K.S., Weisner, J., Landin och H, Oscarsson, Eds. (2002). *Våtmarksboken*. Västervik, AB c o Ekblad & Co. 270 s.

Wallin, L., M, Olsson., P, Connelid., P, Karsten., B, Knarrström., P, Lagerås., A, Mattisson., M, Olsson och S, Skansjö. (1997). *Arkeologisk utredning från Örkelljuna till länsgränsen, särskild arkeologisk utredning steg 1, väg E4, förbi Örkelljunga (Eket-Värsjö) och förbi Fagerhult (Värsjö-Köphult) samt väg 24, delen Bälinge - Västra Spång, Skåne*. Lund. 232 s.

Appendix 1

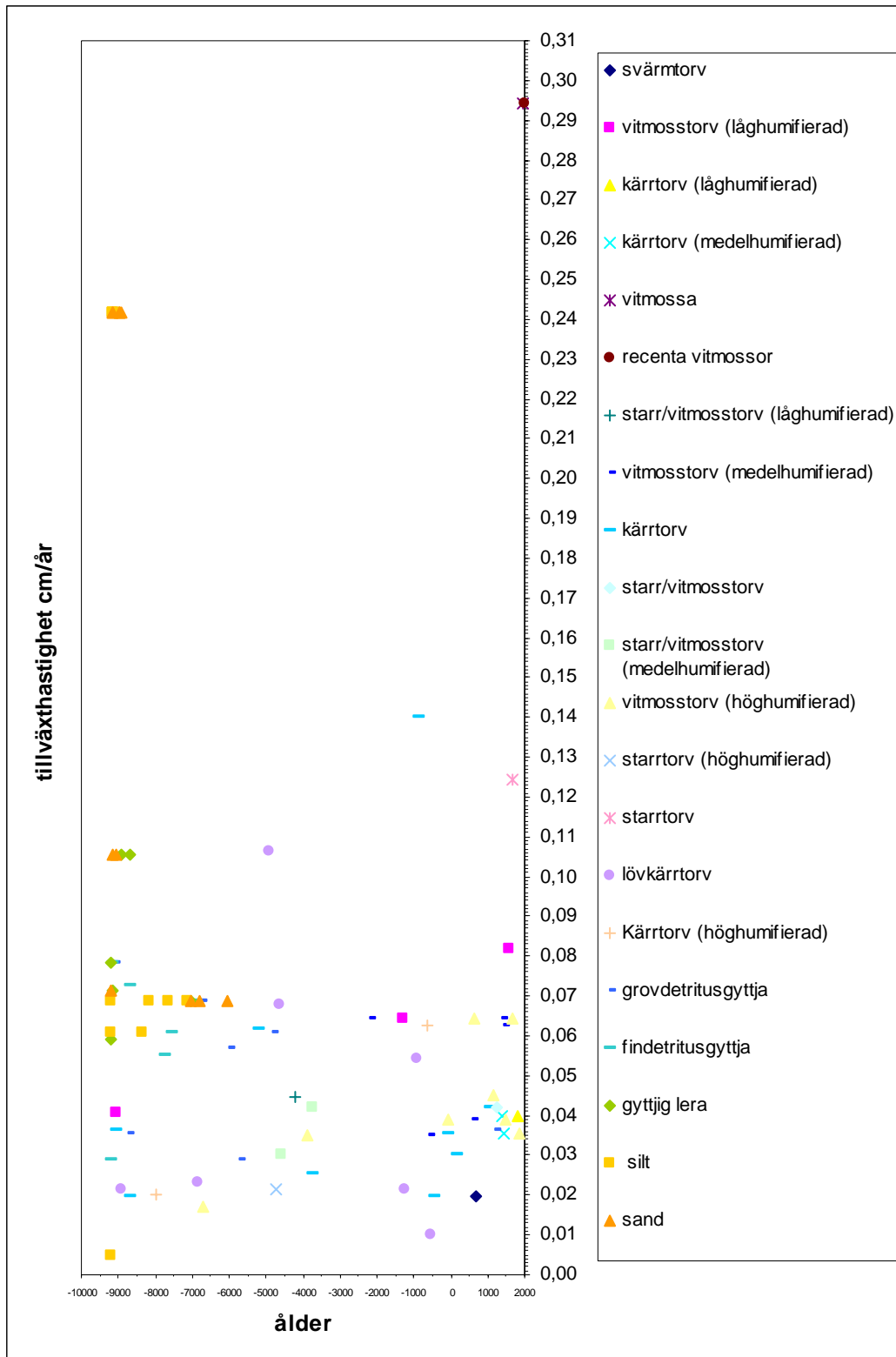
Jordart	K-värde	Ålder på undre gräns för jordart	Borrhunkt
svämtorv	0,02	705	15.15
vitmosstorv (låghumifierad)	0,06	-1302	43.14
	0,04	-9060	15.15
	0,08	1573	16.1
kärrtorv (låghumifierad)	0,04	1825	40.2 SU
kärrtorv (medelhumifierad)	0,04	1374	40.2 SU
	0,04	1433	45.3 SU
vitmossa	0,29	1932	13.13
recenta vitmossor	0,29	1983	13.13
starr/vitmosstorv (låghumifierad)	0,04	-4191	38.5
vitmosstorv (medelhumifierad)	0,04	587	53.27
	0,03	-573	53.2
	0,06	1377	43.14
	0,06	-2206	43.14
	0,06	1413	16.1
kärrtorv	0,04	1047	38.5
	0,03	185	38.16
	0,04	-75	16.1
	0,14	-860	34.1
	0,02	-8694	15.15
	0,02	-466	15.15
	0,03	-3754	38.36
	0,04	-9047	V24.1.1 SU
	0,06	-5220	24.2 SU
starr/vitmosstorv	0,04	1261	38.5
starr/vitmosstorv (medelhumifierad)	0,04	-3720	38.5
	0,03	-4601	38.16
vitmosstorv (höghumifierad)	0,04	-55	53.27
	0,04	1858	45.3 SU
	0,02	-6686	43.14
	0,06	645	43.14
	0,04	1486	53.27
	0,03	-3890	53.2
	0,06	1657	43.14

	0,05	1169	16.1
starrtorv (höghumifierad)	0,02	-4719	38.25
starrtorv	0,12	1688	13.13
lövkärrtorv	0,24	-9005	38.25
	0,02	-1243	38.25
	0,02	-8935	38.25
	0,05	-905	40.2 SU
	0,02	-6840	V24.1.1 SU
	0,07	-4652	24.2 SU
	0,01	-543	34.1
	0,11	-4921	38.36
kärrtorv (höghumifierad)	0,06	-645	45.3 SU
	0,02	-7992	V24.1.1 SU
grovdetritusgyttja	0,04	1194	13.13
	0,08	-9124	V24.1.1 SU
	0,04	-8751	V24.1.1 SU
	0,06	-4834	38.5
	0,07	-6759	38.16
	0,06	-6003	38.16
	0,03	-5739	24.2 SU
findetritusgyttja	0,06	-7758	13.13
	0,08	-9162	V24.1.1 SU
	0,06	-7536	38.5
	0,07	-6875	38.16
	0,03	-9200	24.2 SU
	0,07	-8679	38.36
gyttjig lera	0,06	-7783	38.5
	0,06	-7585	38.5
	0,07	-6991	38.16
leryttja	0,08	-9200	V24.1.1 SU
	0,11	-8916	38.36
	0,11	-8679	38.36
	0,06	-9200	13.13
	0,07	-9144	15.15
	0,07	-7021	38.16
silt	0,24	-9159	38.25

	0,24	-9146	38.25
	0,24	-9051	38.25
	0,07	-9200	38.16
	0,07	-7660	38.16
	0,07	-7151	38.16
	0,00	-9200	43.14
	0,07	-8183	38.16
	0,06	-9200	38.5
	0,06	-8343	38.5
sand	0,07	-6803	38.16
	0,07	-6047	38.16
	0,11	-9143	38.36
	0,11	-9077	38.36
	0,07	-9200	15.15
	0,24	-9154	38.25
	0,24	-9138	38.25
	0,24	-8976	38.25
	0,24	-8935	38.25
	0,24	-8956	38.25
	0,07	-7035	38.16

Appendix 1 Framräknade tillväxthastigheterna för samtliga jordarter

Appendix 2



Appendix 2 Tillväxthastigheter för alla jordarter plottade mot ålder.

Appendix 3

Program för tillbakaräkning i lagerföljd

```
clear, clc;

% skapar matriser med X/Y koordinater, höjd o K värden samt läser in dessa.
% Varje matris motsvarar en borrkärna med flera olika lager

A = [1 1 1; 1 109.386 1; 0.047376 60 1; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0];
    0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0] % BP38.1

A(:,2) = [1 2 2; 1 109.397 2; 0.047376 100 2; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0];
    0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0] % Bp 38.2

A(:,3) = [1 3 3; 1 109.252 3; 0.047376 110 3; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0];
    0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0] % Bp 38:3

A(:,4) = [1 4 4; 1 109.172 4; 0.047376 63 4; 0.047377 145 4; 0.052302 182 4; 0.06085 8 4; 0.081497 7 4; 0.112598 43 4; 0.154244 5 4; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0];
    0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0] % Bp38:4

A(:,5) = [2 1 5; 1 109.133 5; 0.047376 31 5; 0.047376 9 5; 0.047376 200 5; 0.103928 21 5; 0.052302 39 5; 0.06085 100 5; 0.112598 96 5; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0];
    0] % Bp38:5

A(:,6) = [2 2 6; 1 108.951 6; 0.047376 61 6; 0.047376 161 6; 0.103928 11 6; 0.019872 4 6; 0.052302 2 6; 0.063401 25 6; 0.06085 34 5; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0];
    0] % Bp38:6

A(:,7) = [2 3 7; 1 108.581 7; 0.047376 129 7; 0.154244 1 7; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0];
    0] % Bp38:7

A(:,8) = [2 4 8; 1 109.336 7; 0.047376 60 7; 0.047376 242 8; 0.052302 292 8; 0.081497 6 8; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0];
    0] % Bp38:8

A(:,9) = [3 1 9; 1 109.267 9; 0.047376 81 9; 0.047376 69 9; 0.047376 162 9; 0.154244 88 9; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0];
    0] % Bp38:10

A(:,10) = [3 2 10; 1 109.336 10; 0.047376 120 10; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0];
    0] % Bp38:11

A(:,11) = [3 3 11; 1 109.476 11; 0.047376 56 11; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0];
```


0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0] % Bp38:12

A(:,12) = [3 4 12; 1 109.231 12; 0.047376 35 12; 0.047376 193 12; 0.052302 271
12; 0.081497 66 12; 0.112598 35 12; 0 0 0;
0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0] % Bp38:13

A(:,13) = [4 1 13; 1 109.083 13; 0.047376 44 13; 0.047376 132 13; 0.047376 84 13 ;
0.052302 63 13; 0.081497 2 13; 0.154244 6 13;
0.081497 9 13; 0.112598 60 13; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0] % Bp38:14

A(:,14) = [4 2 14; 1 109.232 14; 0.047376 76 14; 0.154244 2 14; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0;
0 0 0;
0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0] % Bp38:15

A(:,15) = [4 3 15; 1 109.161 15; 0.047376 55 15; 0.047376 145 15; 0.052302 80 15;
0.154244 3 15; 0.052302 49 15; 0.154244 3 15;
0.06085 5 15; 0.063401 8 15; 0.081497 2 15; 0.154244 1 15; 0.081497 9 15;
0.112598 35 15; 0.081497 106 15] % Bp38:16

A(:,16) = [4 4 16; 1 109.206 16; 0.047376 50 16; 0.040023 55 16; 0.047376 95 16;
0.052302 83 16; 0.081497 9 16; 0.154244 2 16;
0.081497 2 16; 0.112598 4 16; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0] % Bp38:17

A(:,17) = [5 1 17; 1 109.249 17; 0.047376 80 17; 0.040023 50 17; 0.052302 90 17;
0.112598 80 17; 0 0 0; 0 0 0;
0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0] % Bp38:18

A(:,18) = [5 2 18; 1 109.281 18; 0.047376 120 18; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0;
0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0] % Bp38:19

A(:,19) = [5 3 18; 1 110 19; 0.047376 266 19; 0.103928 7 19; 0.052302 42 19;
0.06085 110 19; 0.081497 44 19; 0.112598 31 19;
0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0] % Bp38:20 (höjd från DEM)

A(:,20) = [5 4 20; 1 112 20; 0.047376 100 20; 0.047376 127 20; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0
0 0;
0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0] % Bp38:21 (höjd från DEM)

A(:,21) = [6 1 21; 1 112 21; 0.047376 28 21; 0.040023 53 21; 0.154244 5 21; 0 0 0;
0 0 0; 0 0 0;
0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0] % Bp38:22 (höjd från DEM)

A(:,22) = [6 2 22; 1 114 22; 0.047376 20 22; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0;
0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0] % Bp38:23 (höjd från DEM)

A(:,23) = [6 3 23; 1 109.247 23; 0.047376 80 23; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0;
0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0] % Bp38:24

A(:,24) = [6 4 24; 1 109.206 24; 0.055413 70 24; 0.040023 75 24; 0.055413 91 24;
0.154244 17 24; 0.055413 11 24; 0.112598 21 24;

```
0.154244 2 24; 0.112598 2 24; 0.154244 1 24; 0.112598 10 24; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0]
% Bp38:25
```

```
A(:,25) = [7 1 25; 1 109.167 25; 0.055413 40 25; 0.040023 203 25; 0.047376 7 25;
0.052302 50 25; 0.06085 207 25; 0.112598 11 25;
0.06086 34 25; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0] % Bp38:26
```

```
A(:,26) = [7 2 26; 1 110 26; 0.040023 35 26; 0.047376 236 26; 0.052302 224 26;
0.081497 205 25; 0 0 0; 0 0 0;
0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0] % Bp38:27
```

```
A(:,27) = [7 3 27; 1 110 27; 0.047376 58 27; 0.047376 214 27; 0.052302 173 27;
0.081497 155 27; 0 0 0; 0 0 0;
0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0] % Bp38:28
```

```
A(:,28) = [7 4 28; 1 110 28; 0.047376 50 28; 0.047376 77 28; 0.081497 173 28; 0 0
0; 0 0 0; 0 0 0;
0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0] % Bp38:29
```

```
A(:,29) = [8 1 29; 1 109.174 29; 0.047376 40 29; 0.040023 150 29; 0.124215 30 29;
0.052302 30 29; 0.06085 210 29; 0.081497 50 29;
0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0] % Bp38:30
```

```
A(:,30) = [8 2 30; 1 109.158 30; 0.047376 60 30; 0.040023 177 30; 0.052302 33 30;
0.06085 164 30; 0.06085 70 30; 0 0 0;
0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0] % Bp38:31
```

```
A(:,31) = [8 3 31; 1 109.137 31; 0.047376 50 31; 0.040023 140 31; 0.019872 25 31;
0.052302 30 31; 0.06085 182 31; 0.081497 73 31;
0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0] % Bp38:32
```

```
A(:,32) = [8 4 32; 1 109.179 32; 0.047376 50 32; 0.040023 90 32; 0.019872 80 32;
0.052302 50 32; 0.06085 128 32; 0.081497 25 32;
0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0] % Bp38:33
```

```
A(:,33) = [9 1 33; 1 109.166 33; 0.047376 50 33; 0.040023 150 33; 0.040023 20 33;
0.052302 35 33; 0.06085 245 33; 0.081497 100 33;
0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0] % Bp38:34
```

```
A(:,34) = [9 2 34; 1 110 34; 0.047376 147 34; 0.055413 124 34; 0.06085 274 34;
0.081497 42 34; 0.154244 13 34; 0 0 0;
0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0; 0 0 0] % Bp38:36 (höjd från DEM)
```

```
T=1000;
antal=34;
yta= zeros(9, 4);
for i=1:antal
    Trest=T;
    k=3;
```

```

% Hbk = Nutida höjden
Hbk = A(2,2,i)*100; % *100 för att få höjden i cm

while Trest >0
    if A(k,1,i)==0

        disp('Du är i botten av lagerföljden i punkt')
        disp(i)
        disp('och någon ytterliggare data för denna punkt finns inte')
        break;
    end
    % Om K för det lager man befinner sig i * T är mindre än den
    % faktiska tjockleken på lagret så "förbrukas" all tid och den
    % mängd som försvunnit är K*T,
    if A(k,1,i)*Trest<A(k,2,i)

        % Hbk=den nutida höjden i aktuell cell som ändrar sig då
        % programmet körs
        Hbk=A(k,1,i)*Trest;

        %Ht=A(2,2,i)-Hbk;
        % lägger in det höjdvärde som räknats fram på rätt plats i
        % matrisen "yta"
        yta(A(1,1,i),A(1,2,i))=A(2,2,i)*100-(Hbk+Hbktemp);
        % då detta inträffar skall programmet avsluta, Trest sätts
        % därför till noll

        Trest=0;

        % Om K * T är större än den faktiska tjockleken beräknas ett
        % rest värde på T. Detta värde visar hur mycket tid "som finns
        % kvar" till nästa lager. Den tjocklek som erhållits sparas i
        % variabeln Hbktemp

    else % det vill säga om man tar sig igenom första lagret och det finns tid kvar

        Trest=Trest-((A(k,2,i)/A(k,1,i))); % tjockleken på lagret delat med K värdet
        ger trest

        Hbktemp=A(k,2,i)+Hbktemp;
        k=k+1;

    end
end
end
disp(yta)

```

Appendix 3 Visar programkoden skriven i matlab.

Appendix 4

	K-värde	Ålder på undre gräns för jordart	Borrpunkt
findetritusgyttja	0,055	-7758	13.13
	0,079	-9162	V24.1.1 SU
	0,061	-7536	38.5
	0,069	-6875	38.16
	0,029	-9200	24.2 SU
	0,073	-8679	38.36
grovdetritusgyttja	0,037	1194	13.13
	0,079	-9124	V24.1.1 SU
	0,036	-8751	V24.1.1 SU
	0,061	-4834	38.5
	0,069	-6759	38.16
	0,057	-6003	38.16
	0,029	-5739	24.2 SU
lövkärrtorv	0,242	-9005	38.25
	0,022	-1243	38.25
	0,022	-8935	38.25
	0,054	-905	40.2 SU
	0,023	-6840	V24.1.1 SU
	0,068	-4652	24.2 SU
	0,008	-543	34.1
	0,106	-4921	38.36
	0,063	-645	45.3 SU
	0,036	-7992	V24.1.1 SU
vitmosstorv (höghumifierad)	0,039	-55	53.27
	0,035	1858	45.3 SU
	0,017	-6686	43.14
	0,064	645	43.14
	0,039	1486	53.27
	0,035	-3890	53.2
	0,064	1657	43.14
	0,045	1169	16.1
	0,022	-4719	38.25
vitmosstorv (medelhumifierad)	0,039	587	53.27
	0,035	-573	53.2
	0,064	1377	43.14
	0,064	-2206	43.14
	0,063	1413	16.1
	0,042	1261	38.5
	0,042	-3720	38.5
	0,030	-4601	38.16
	0,124	1688	13.13
	0,042	1047	38.5
	0,030	185	38.16
	0,035	-75	16.1
	0,140	-860	34.1
	0,020	-8694	15.15
	0,020	-466	15.15
	0,026	-3754	38.36

	0,036	-9047	V24.1.1 SU
	0,062	-5220	24.2 SU
vitmosstorv (låghumifierad)	0,064	-1302	43.14
	0,041	-9060	15.15
	0,082	1573	16.1
	0,294	1932	13.13
	0,294	1983	13.13
	0,040	1374	40.2 SU
	0,035	1433	45.3 SU
	0,040	1825	40.2 SU
	0,045	-4191	38.5
	0,020	705	15.15
silt	0,242	-9159	38.25
	0,242	-9146	38.25
	0,242	-9051	38.25
	0,069	-9200	38.16
	0,069	-7660	38.16
	0,069	-7151	38.16
	0,005	-9200	43.14
	0,069	-8183	38.16
	0,061	-9200	38.5
	0,061	-8343	38.5
leryttja	0,079	-9200	V24.1.1 SU
	0,106	-8916	38.36
	0,106	-8679	38.36
	0,059	-9200	13.13
	0,071	-9144	15.15
	0,069	-7021	38.16
gyttjig lera	0,061	-7783	38.5
	0,061	-7585	38.5
	0,069	-6991	38.16
sand	0,069	-6803	38.16
	0,069	-6047	38.16
	0,106	-9143	38.36
	0,106	-9077	38.36
	0,071	-9200	15.15
	0,242	-9154	38.25
	0,242	-9138	38.25
	0,242	-8976	38.25
	0,242	-8935	38.25
	0,242	-8956	38.25
	0,069	-7035	38.16

Appendix 4 Visar de framräknade tillväxthastigheterna efter hopslagningarna för de tio jordartsklasserna.

Appendix 5

igenväxningsvåtmark				
Borrpunkt	Nutid (m.ö.h.)	1000 år före nutid (m.ö.h.)	2000 år före nutid (m.ö.h.)	6000 år före nutid (m.ö.h.)
38,2	109,4	108,9	108,5	108,5
38,3	109,3	108,8	108,3	108,3
38,4	109,2	108,7	108,2	106,3
38,5	109,1	108,7	108,1	106,1
38,6	109	108,5	108	108
38,7	108,6	108,1	107,6	107,6
38,8	109,3	108,9	108,4	106,5
38,1	109,3	108,8	108,3	106,4
38,11	109,3	108,9	108,4	108,4
38,12	109,5	109	109	109
38,13	109,2	108,8	108,3	106,3
38,14	109,1	108,6	108,1	106,2
38,15	109,2	108,8	108,8	108,8
38,16	109,1	108,7	108,2	106,2
38,17	109,2	108,7	108,3	106,4
38,18	109,3	108,8	108,3	108,3
38,19	109,3	108,8	108,3	108,3
38,24	109,3	108,8	108,8	108,8
38,25	109,2	108,7	108,2	108,2
38,26	109,2	108,7	108,3	106,6
28,27	110	109,6	109,1	107,2
38,28	110	109,5	109,1	107,1
38,29	110	109,5	109,1	109,1
38,3	109,2	108,7	108,3	106,3
38,31	109,2	108,7	108,3	106,6
38,32	109,1	108,7	108,3	106,9
38,33	109,2	108,7	108,3	107,2
38,34	109,2	108,7	108,3	106,6
38,36	110	109,5	109,1	106,9
försumpningsvåtmark				
43.1	125	124,4	124,4	124,4
43.2	125	124,4	124	122,9
43.3	125	124,5	123,8	122
43.4	125	124,4	123,8	121,9
43.5	124	123,4	122,9	120,9
43.6	123	122,5	122,1	121,2
43.7	123	122,5	122,1	120,3
43.8	123	122,6	122,1	120,9
43.9	123	122,5	122,1	120,5
43.24	123	122,5	122,1	120,2
43.25	123	122,5	122,1	120,2

Appendix 5 Förändring i höjd i borrpunkterna mellan varje tidssteg i de två våtmarkerna.

Lunds Universitets Naturgeografiska institution. Seminarieuppsatser. Uppsatserna finns tillgängliga på Naturgeografiska institutionens bibliotek, Sölvegatan 12, 223 62 LUND.

The reports are available at the Geo-Library, Department of Physical Geography, University of Lund, Sölvegatan 12, S-223 62 Lund, Sweden.

1. Pilesjö, P. (1985): Metoder för morfometrisk analys av kustområden.
2. Ahlström, K. & Bergman, A. (1986): Kartering av erosionskänsliga områden i Ringsjöbygden.
3. Huseid, A. (1986): Stormfällning och dess orsakssamband, Söderåsen, Skåne.
4. Sandstedt, P. & Wällstedt, B. (1986): Krankesjön under ytan - en naturgeografisk beskrivning.
5. Johansson, K. (1986): En lokalklimatisk temperaturstudie på Kungsmarken, öster om Lund.
6. Estgren, C. (1987): Isälvsstråket Djurfälla-Flädermo, norr om Motala.
7. Lindgren, E. & Runnström, M. (1987): En objektiv metod för att bestämma läplanteringsläverkan.
8. Hansson, R. (1987): Studie av frekvensstyrd filtringsmetod för att segmentera satellitbilder, med försök på Landsat TM-data över ett skogsområde i S. Norrland.
9. Matthiesen, N. & Snäll, M. (1988): Temperatur och himmelsexponering i gator: Resultat av mätningar i Malmö.
- 10A. Nilsson, S. (1988): Veberöd. En beskrivning av samhällets och bygdens utbyggnad och utveckling från början av 1800-talet till vår tid.
- 10B. Nilson, G., 1988: Isförhållande i södra Öresund.
11. Tunving, E. (1989): Översvämning i Murcia-provinsen, sydöstra Spanien, november 1987.
12. Glave, S. (1989): Termiska studier i Malmö med värmebilder och konventionell mätutrustning.
13. Mjölbo, Y. (1989): Landskapsförändringen - hur skall den övervakas?
14. Finnander, M-L. (1989): Vädrets betydelse för snöavsmältningen i Tarfaladalen.
15. Ardö, J. (1989): Samband mellan Landsat TM-data och skogliga beståndsdata på avdelningsnivå.
16. Mikaelsson, E. (1989): Byskeälvens dalgång inom Västerbottens län. Geomorfologisk karta, beskrivning och naturvärdesbedömning.
17. Nhilen, C. (1990): Bilavgaser i gatumiljö och deras beroende av vädret. Litteraturstudier och mätning med DOAS vid motortrafikled i Umeå.
18. Brasjö, C. (1990): Geometrisk korrektion av NOAA AVHRR-data.
19. Erlandsson, R. (1991): Vägbanetemperaturer i Lund.
20. Arheimer, B. (1991): Näringsläckage från åkermark inom Brååns dräneringsområde. Lokalisering och åtgärdsförslag.
21. Andersson, G. (1991): En studie av transversalmoräner i västra Småland.
- 22A. Skillius, Å., (1991): Water harvesting in Bakul, Senegal.
- 22B. Persson, P. (1991): Satellitdata för övervakning av höstsådda rapsfält i Skåne.
23. Michelson, D. (1991): Land Use Mapping of the That Luang - Salakham Wetland, Lao PDR, Using Landsat TM-Data.
24. Malmberg, U. (1991): En jämförelse mellan SPOT- och Landsatdata för

- vegetations-klassning i Småland.
25. Mossberg, M. & Pettersson, G. (1991): A Study of Infiltration Capacity in a Semiarid Environment, Mberengwa District, Zimbabwe.
 26. Theander, T. (1992): Avfallsupplag i Malmöhus län. Dränering och miljö-påverkan.
 27. Osaengius, S. (1992): Stranderosion vid Löderups strandbad.
 28. Olsson, K. (1992): Sea Ice Dynamics in Time and Space. Based on upward looking sonar, satellite images and a time series of digital ice charts.
 29. Larsson, K. (1993): Gully Erosion from Road Drainage in the Kenyan Highlands. A Study of Aerial Photo Interpreted Factors.
 30. Richardson, C. (1993): Nischbildningsprocesser - en fältstudie vid Passglaciären, Kebnekaise.
 31. Martinsson, L. (1994): Detection of Forest Change in Sumava Mountains, Czech Republic Using Remotely Sensed Data.
 32. Klintonberg, P. (1995): The Vegetation Distribution in the Kärkevagge Valley.
 33. Hese, S. (1995): Forest Damage Assessment in the Black Triangle area using Landsat TM, MSS and Forest Inventory data.
 34. Josefsson, T. och Mårtensson, I. (1995). A vegetation map and a Digital Elevation Model over the Kapp Linné area, Svalbard -with analyses of the vertical and horizontal distribution of the vegetation.
 35. Brogaard, S och Falkenström, H. (1995). Assessing salinization, sand encroachment and expanding urban areas in the Nile Valley using Landsat MSS data.
 36. Krantz, M. (1996): GIS som hjälpmedel vid växtskyddsrådgivning.
 37. Lindegård, P. (1996). Vinterklimat och vårbakslag. Lufttemperatur och kåd-flödessjuka hos gran i södra Sverige.
 38. Bremborg, P. (1996). Desertification mapping of Horqin Sandy Land, Inner Mongolia, by means of remote sensing.
 39. Hellberg, J. (1996). Förändringsstudie av jordbrukslandskapet på Söderslätt 1938-1985.
 40. Achberger, C. (1996): Quality and representability of mobile measurements for local climatological research.
 41. Olsson, M. (1996): Extrema lufttryck i Europa och Skandinavien 1881-1995.
 42. Sundberg, D. (1997): En GIS-tillämpad studie av vattenerosion i sydsvensk jordbruksmark.
 43. Liljeberg, M. (1997): Klassning och statistisk separabilitetsanalys av marktäckningsklasser i Halland, analys av multivariata data Landsat TM och ERS-1 SAR.
 44. Roos, E. (1997): Temperature Variations and Landscape Heterogeneity in two Swedish Agricultural Areas. An application of mobile measurements.
 45. Arvidsson, P. (1997): Regional fördelning av skogsskador i förhållande till mängd SO₂ under vegetationsperioden i norra Tjeckien.
 46. Akselsson, C. (1997): Kritisk belastning av aciditet för skogsmark i norra Tjeckien.
 47. Carlsson, G. (1997): Turbulens och supraglacial meandring.
 48. Jönsson, C. (1998): Multitemporala vegetationsstudier i nordöstra Kenya med AVHRR NDVI
 49. Kolmert, S. (1998): Evaluation of a conceptual semi-distributed hydrological

- model – A case study of Hörbyån.
50. Persson, A. (1998): Kartering av markanvändning med meteorologisk satellitdata för förbättring av en atmosfärisk spridningsmodell.
 51. Andersson, U. och Nilsson, D. (1998): Distributed hydrological modelling in a GIS perspective – an evaluation of the MIKE SHE model.
 52. Andersson, K. och Carlstedt, J. (1998): Different GIS and remote sensing techniques for detection of changes in vegetation cover - A study in the Nam Ngum and Nam Lik catchment areas in the Lao PDR.
 53. Andersson, J., (1999): Användning av global satellitdata för uppskattning av spannmålsproduktion i västafrikanska Sahel.
 54. Flodmark, A.E., (1999): Urban Geographic Information Systems, The City of Berkeley Pilot GIS
 - 55A. Lyborg, Jessic & Thurfell, Lilian (1999): Forest damage, water flow and digital elevation models: a case study of the Krkonose National Park, Czech Republic.
 - 55B. Tagesson, I., och Wramneby, A., (1999): Kväveläckage inom Tolångaåns dräneringsområde – modellering och åtgärdssimulering.
 56. Almkvist, E., (1999): Högfrekventa tryckvariationer under de senaste århundradena.
 57. Alstorp, P., och Johansson, T., (1999): Översiktlig buller- och luftföroreningsinventering i Burlövs Kommun år 1994 med hjälp av geografiska informationssystem – möjligheter och begränsningar.
 58. Mattsson, F., (1999): Analys av molnklotter med IRST-data inom det termala infraröda våglängdsområdet
 59. Hallgren, L., och Johansson, A., (1999): Analysing land cover changes in the Caprivi Strip, Namibia, using Landsat TM and Spot XS imagery.
 60. Granhäll, T., (1999): Aerosolers dygnsvariationer och långväga transporter.
 61. Kjellander, C., (1999): Variations in the energy budget above growing wheat and barley, Ilstorp 1998 - a gradient-profile approach
 62. Moskvitina, M., (1999): GIS as a Tool for Environmental Impact Assessment - A case study of EIA implementation for the road building project in Strömstad, Sweden
 63. Eriksson, H., (1999): Undersökning av sambandet mellan strålningstemperatur och NDVI i Sahel.
 64. Elmqvist, B., Lundström, J., (2000): The utility of NOAA AVHRR data for vegetation studies in semi-arid regions.
 65. Wickberg, J., (2000): GIS och statistik vid dräneringsområdesvis kväveläckagebeskrivning i Halland.
 66. Johansson, M., (2000): Climate conditions required for re-glaciation of cirques in Rasepautasjtjåkka massif, northern Sweden.
 67. Asserup, P., Eklöf, M., (2000): Estimation of the soil moisture distribution in the Tamne River Basin, Upper East Region, Ghana.
 68. Thern, J., (2000): Markvattenhalt och temperatur i sandig jordbruksmark vid Ilstorp, centrala Skåne: en mättnings- och modelleringsstudie.
 69. Andersson, C., Lagerström, M., (2000): Nitrogen leakage from different land use types - a comparison between the watersheds of Graisupis and Vardas, Lithuania.
 70. Svensson, M., (2000): Miljökonsekvensbeskrivning med stöd av Geografiska

- Informationssystem (GIS) – Bullerstudie kring Malmö-Sturup Flygplats.
71. Hyltén, H.A., Ugglå, E., (2000): Rule-Based Land Cover Classification and Erosion Risk Assessment of the Krkonoše National Park, Czech Republic.
 72. Cronquist, L., Elg, S., (2000): The usefulness of coarse resolution satellite sensor data for identification of biomes in Kenya.
 73. Rasmusson, A-K., (2000): En studie av landskapsindex för kvantifiering av rumsliga landskapsmönster.
 74. Olofsson, P., Stenström, R., (2000): Estimation of leaf area index in southern Sweden with optimal modelling and Landsat 7 ETM+Scene.
 75. Ugglå, H., (2000): En analys av nattliga koldioxidflöden i en boreal barrskog avseende spatial och temporal variation.
 76. Andersson, E., Andersson, S., (2000): Modellering och uppmätta kväveflöden i energiskog som bevattnas med avloppsvatten.
 77. Dawidson, E., Nilsson, C., (2000): Soil Organic Carbon in Upper East Region, Ghana - Measurements and Modelling.
 78. Bengtsson, M., (2000): Vattensänkningar - en analys av orsaker och effekter.
 79. Ullman, M., (2001): El Niño Southern Oscillation och dess atmosfäriska fjärrpåverkan.
 80. Andersson, A., (2001): The wind climate of northwestern Europe in SWECLIM regional climate scenarios.
 81. Laloo, D., (2001): Geografiska informationssystem för studier av polyaromatiska kolväten (PAH) – Undersökning av djupvariation i BO01-området, Västra hamnen, Malmö, samt utveckling av en matematisk formel för beräkning av PAH-koncentrationer från ett kontinuerligt utsläpp.
 82. Almqvist, J., Fergéus, J., (2001): GIS-implementation in Sri Lanka. Part 1: GIS-applications in Hambantota district Sri Lanka : a case study. Part 2: GIS in socio-economic planning : a case study.
 83. Berntsson, A., (2001): Modellering av reflektans från ett sockerbetsbestånd med hjälp av en strålningsmodell.
 84. Umegård, J., (2001): Arctic aerosol and long-range transport.
 85. Rosenberg, R., (2002): Tetratermmodellering och regressionsanalyser mellan topografi, tetraterm och tillväxt hos sitkagran och lärk – en studie i norra Island.
 86. Håkansson, J., Kjörling, A., (2002): Uppskattning av mängden kol i trädform – en metodstudie.
 87. Arvidsson, H., (2002): Coastal parallel sediment transport on the SE Australian inner shelf – A study of barrier morphodynamics.
 88. Bemark, M., (2002): Köphultssjöns tillstånd och omgivningens påverkan.
 89. Dahlberg, I., (2002): Rödlistade kärlväxter i Göteborgs innerstad – temporal och rumslig analys av rödlistade kärlväxter i Göteborgs artdataarkiv, ADA.
 90. Poussart, J-N., (2002): Verification of Soil Carbon Sequestration - Uncertainties of Assessment Methods.
 91. Jakubaschk, C., (2002): Acacia senegal, Soil Organic Carbon and Nitrogen Contents: A Study in North Kordofan, Sudan.
 92. Lindqvist, S., (2002): Skattning av kväve i gran med hjälp av fjärranalys.
 93. Göthe, A., (2002): Översvämningskartering av Vombs ängar.

94. Lööv, A., (2002): Igenväxning av Köphultasjö – bakomliggande orsaker och processer.
95. Axelsson, H., (2003): Sårbarhetskartering av bekämpningsmedels läckage till grundvattnet – Tillämpat på vattenskyddsområdet Ignaberga-Hässleholm.
96. Hedberg, M., Jönsson, L., (2003): Geografiska Informationssystem på Internet – En webbaserad GIS-applikation med kalknings- och försurningsinformation för Kronobergs län.
97. Svensson, J., (2003): Wind Throw Damages on Forests – Frequency and Associated Pressure Patterns 1961-1990 and in a Future Climate Scenario.
98. Stroh, E., (2003): Analys av fiskrättsförhållandena i Stockholms skärgård i relation till känsliga områden samt fysisk störning.
99. Bäckstrand, K., (2004): The dynamics of non-methane hydrocarbons and other trace gas fluxes on a subarctic mire in northern Sweden.
100. Hahn, K., (2004): Termohalin cirkulation i Nordatlanten.
101. Lina Möllerström (2004): Modelling soil temperature & soil water availability in semi-arid Sudan: validation and testing.
102. Setterby, Y., (2004): Igenväxande hagmarkers förekomst och tillstånd i Västra Götaland.
103. Edlundh, L., (2004): Utveckling av en metodik för att med hjälp av fossila lagerfjölder och geografiska informationssystem (GIS) modellera och rekonstruera våtmarker i Skåne.
104. Schubert, P., (2004): Cultivation potential in Hambantota district, Sri Lanka
105. Brage, T., (2004): Kvalitetskontroll av servicedatabasen Sisyla