

Kallrigafjärden, NO Uppland

Områdets historia, nuläge samt framtida landskapsutveckling

Marika Bergkvist, Liselotte Ekström,
Katarina Eriksson, Emma Hammarlund,
Maria Hollsten, Anna-Lena Lind, Karen Lundholm
Institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi
Stockholms universitet

September 2003

Svensk Kärnbränslehantering AB

Swedish Nuclear Fuel
and Waste Management Co
Box 5864
SE-102 40 Stockholm Sweden
Tel 08-459 84 00
+46 8 459 84 00
Fax 08-661 57 19
+46 8 661 57 19



Kallrigafjärden, NO Uppland

Områdets historia, nuläge samt framtida landskapsutveckling

Marika Bergkvist, Liselotte Ekström,
Katarina Eriksson, Emma Hammarlund,
Maria Hollsten, Anna-Lena Lind, Karen Lundholm
Institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi
Stockholms universitet

September 2003

Nyckelord: Kallrigafjärden, stratigrafi, pollen, diatoméer, vegetation, landskaps-
utveckling, Forsmark, biosphere, ecosystem.

Denna rapport har gjorts på uppdrag av SKB. Slutsatser och framförda åsikter
i rapporten är författarnas egna och behöver nödvändigtvis inte sammanfalla
med SKB:s.

En pdf-version av rapporten kan laddas ner från www.skb.se

Abstract

To predict the consequences of a leakage from a storage for nuclear waste material it is important to have knowledge of the future landscape vegetation and soils. The data was achieved during a field course on “Methods applied for research in physical geography and Quaternary geology” conducted at the Department of Physical Geography and Quaternary Geology, Stockholm University in September 2001. This report attempts to explain the landscape-development in the past, present and future around and in Kallrigafjärden, northern Uppland, Sweden. The empirical research, from which a prediction of the future is based, contains samples of the seafloor, calculations of the land-rise as well as charting of vegetation and soils.

Simulations of land-rise show that the bay formed some time before 1000 BP. Palynological data indicate human colonization quite shortly after land had risen out of the sea. Charting of present vegetation shows a dominance of coniferous forest and that some agriculture is taking place mainly on clayey-till. Within the next thousand years Kallrigafjärden will be dry with only a few remaining lakes situated along the river where the former two have converged. It seems that the future soils might become like the present, both in quality and proportions. Lime-rich till, common till and just minor areas of peat or bog could make the landscape attractive for both forestry and agriculture. The future use of this landscape will most probably be dependent on politics and demography. It should be taken into account that Kallrigafjärden is located very close to both Stockholm and Uppsala, cities that both attract people as well as repel. Among unpredictable factors that might interfere with future development, a change of climate seems to be the most severe. Diatom analysis, along with palynological data, show that fluctuations occur at random. Either these changes indicate a shift of climate, land-rise or cultural habits, the response in flora and fauna seems to be rather direct.

Innehåll

1	Bakgrund	7
2	Syfte	8
3	Områdesbeskrivning	9
3.1	Allmän beskrivning	9
3.2	Berggrunden i området	10
3.3	Kvartära avlagringar	11
3.4	Historik	11
4	Metod och material	13
4.1	Diatoméanalys och pollenanalys	13
4.2	Vegetationskartering	15
4.3	Bearbetning i Geografiska Informations System (GIS)	16
5	Resultat och tolkning	17
5.1	Diatoméanalys	17
5.1.1	Zon 1 (452–446 cm)	18
5.1.2	Zon 2 (446–432 cm)	18
5.1.3	Zon 3 (432–392 cm)	18
5.1.4	Zon 4 (392–372 cm)	19
5.1.5	Zon 5 (372–320 cm)	19
5.1.6	Ytprover	19
5.1.7	Sammanfattningsvis	20
5.2	Pollenanalys	21
5.2.1	Zon 2 (445–390 cm, gyttjelera)	23
5.2.2	Zon 3 (390–355 cm, gyttjelera)	23
5.2.3	Zon 4 (355–330 cm, gyttjelera-lergyttja)	24
5.2.4	Zon 5 (330–320 cm, lergyttja)	24
5.2.5	Sammanfattningsvis	24
5.3	Vegetationskartering	25
5.3.1	Skogar	25
5.3.2	Kulturmarker	26
5.3.3	Övrig mark	26
5.3.4	Diskussion kring vegetationsutbredningen i området	26
5.4	Bearbetning i Geografiska Informations System (GIS)	27
5.4.1	Transekter	30
5.4.2	Framtida landskapsutveckling	31
5.4.3	Sammanfattningsvis	32
6	Diskussion	33
	Referenser	35
	Bilagor	39

1 Bakgrund

Föreliggande rapport är resultatet från en fältkurs i naturgeografisk och kvartärgeologisk undersökningsmetodik vid Stockholms universitet. Kursen omfattade 5 poäng (= 5 veckor) och gavs i september 2001 av Institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi. Syftet med kursen var att integrera ett flertal metoder som används för att studera landskapsförändringar över tid. Olika sedimentprovtagningsmetoder användes för att samla in material för fortsatta analyser av mikrofossil i laboratoriet. Flygbildstolkning med tillhörande fältkontroll användes för att beskriva nutida vegetation. SGU:s jordartskarta och Lantmäteriverkets Höjddatabas användes för att beskriva den topografiska fördelningen av jordarter i undersökningsområdet. De erhållna resultaten från paleomiljöundersökningarna användes för att försöka beskriva och diskutera framtida kustlinjekonfiguration, topografi, avrinning, jordartsfördelning, vegetationsfördelning och markanvändning. Dessa landskapsparametrar har betydelse för hur radionuklider från ett eventuellt läckage sprids till och därefter på markytan. Enligt /Brydsten, 1999/ skulle radionuklider idag transporteras med grundvattnet upp till havsbotten och vidare ut i havsvattnet. Om 2000–3000 år skulle transporten med grundvattnet mynna ut i marker eller sjöar. På grund av landhöjningen flyttar sig radionukliderna från akvatisk till terrestrisk miljö vilka har olika kemiska förutsättningar för spridningen av radionuklider. Genom kännedom av hur landskapet kan förändras ämnar den här rapporten utgöra ett underlag för bedömning av de spridningsrisker som eventuellt kan uppstå i ett begränsat geografiskt område, Kallrigafjärden, och effekterna av dessa.

2 Syfte

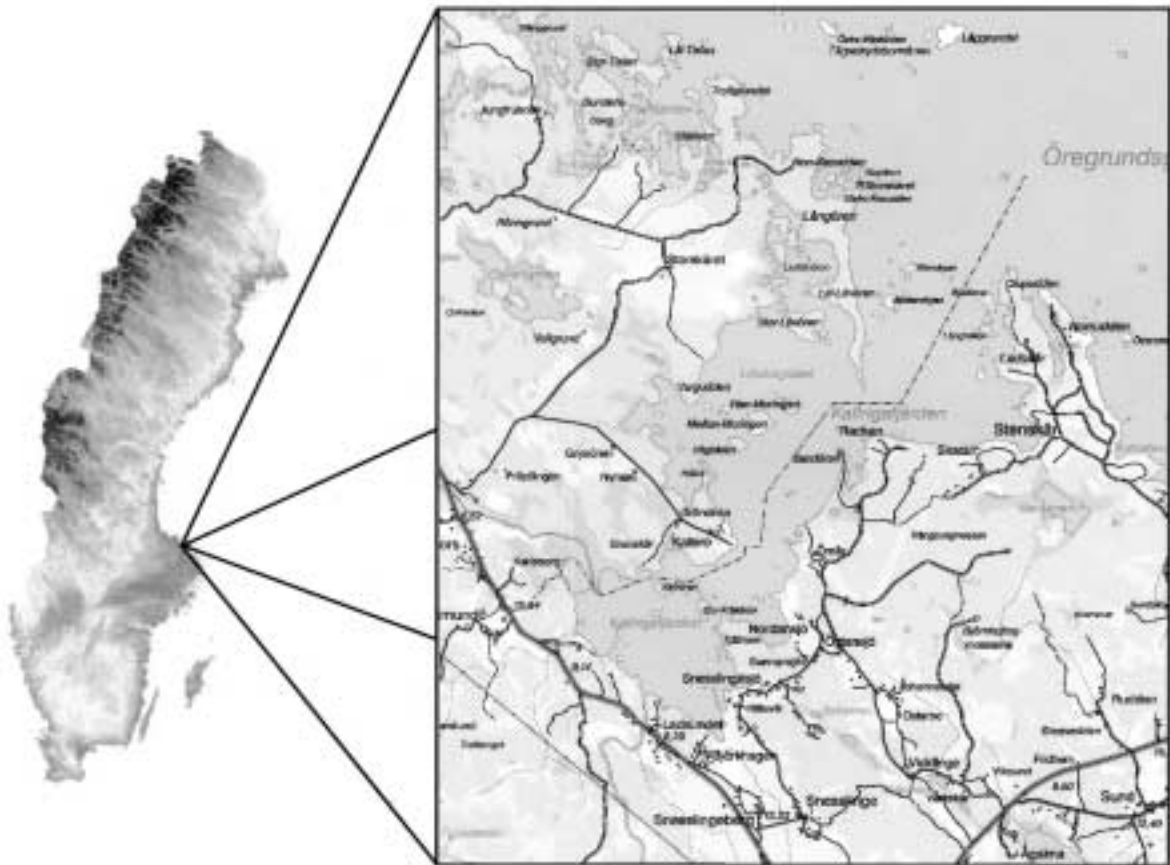
Rapporten ämnar ge en vision av landskapsutvecklingen kring Kallrigafjärden så långt tillbaka och framåt i tiden som möjligt. Detta genom att uppskatta interaktionen mellan strandförskjutning, jordarter, markanvändning och vegetation. Ett resonemang utifrån detta är huruvida människan har och kommer att använda området för bosättning, jord- eller skogsbruk.

3 Områdesbeskrivning

3.1 Allmän beskrivning

Det undersökta området runt Kallrigafjärden ligger nära havet i nordöstra Uppland mellan Öregrund och Forsmark cirka 150 km nordost om Stockholm (figur 3-1).

Området som hör till det subkambriska peneplanet /Lidmar-Bergström, 1998/ är flackt och berggrunden sträcker sig i regel ej över 15 meter över havet enligt gröna kartan 12I NO (figur 3-1). Landhöjningen i trakten är ~6 mm/år /Brydsten, 1999/, vilket innebär en relativt snabb strandförskjutning och förändrad landskapsbild när stora landområden kommer upp på grund av områdets plana relief (figur 3-2). Genom området flyter Olandsån och Forsmarksån som båda har sina utlopp i fjärden.



Figur 3-1. Kallrigafjärdens läge i Sverige (del av Gröna kartan 12I NO och 13I SO).

under bergskedjeveckningen omvandlades till marmor /Loberg, 1999/. Något äldre än graniterna och metavulkaniterna är de i området förekommande djupgrönstenarna gabbro och diorit som är mer eller mindre metamorfoserade /Persson, 1985/.

Öster om området finns en förkastning som ligger direkt väster om Gräsö /Lidmar-Bergström, 1998/. Kallrigafjärden och Gräsö skiljs åt av en sprickzon i Öregrundsgrepen /Norling, 1998/.

3.3 Kvartära avlagringar

Området består till största delen av morän (bilaga 1). Moränen är i huvudsak sandig-moig samt lerig-moig. Moränen varierar i mäktighet inom området och saknar i allmänhet egna ytformer. Undantag utgörs av moränryggar som lokalt påträffas på östra sidan av Kallrigafjärden.

Inom området finns det få isälvsavlagringar. Genom östra delen av området sträcker sig den största och mest framträdande isälvsavlagringen, Börstilåsen, med sin början sydost om Harg. Den löper igenom Kallrigafjärden och vidare i nordvästlig riktning till Trollgrundet där åsen upphör /Persson, 1985/.

Glaciala finkorniga sediment som glacial lera förekommer i området i sänkor. Utbredningen av dessa sediment är emellertid större då de överlagras av postglaciala sediment. De postglaciala minerogena sedimenten utgörs av svallsand och svallgrus samt postglacial lera. Dessa hittas främst i anslutning till Börstilåsen. Gytjelera och lergyttja hittas i områdets lägst liggande partier. Torvmarker i området domineras av olika typer av kärr.

Den senaste inlandsisen förde med sig material från Gävlebuktens paleozoiska kalkstensberggrund vilket har medfört att de minerogena jordarterna är kalkhaltiga. Den postglaciala leran är ej kalkhaltig /Persson, 1985/.

3.4 Historik

Under slutet av 1400-talet orsakade den snabba landhöjningen stora problem för människorna i och kring Östhammar då kusten grundades upp och fiskebåtar inte längre kunde ta sig fram /Sandelin, 1980/. Det sägs att Olandsån fram till 1830-talet utnyttjades som farled av strömmingsfiskare som med lastade båtar tog sig från Östersjön till Skefthammars marknadsplats. Det berättas också att det till mitten av 1700-talet fördes järn på prämar från Gimo bruk via Olandsån till Kalleröfjärden /Blomberg, 1886/. Namnet Gimo härrör från ordet gimmu/gip vilket betyder öppning och syftar troligen på utloppet mot ån och havet /Ståhl, 1976/. Namnet Kallriga har däremot inte fått någon fullgod förklaring.

Forsmarks bruk väster om området som från början var en bondehytta och smedja blev 1750 ett kronobruk. Ett omväxlande betes- och odlingslandskap starkt präglat av bergs- och järnbruk formades runt bruket. Storskäret i områdets nordvästra del var en av Forsmarks bruk större jordbruksenheter.

Under 1700-talet när Fiskarfjärden hade vattenförbindelse med Kallrigafjärden var det endast en kort landsförbindelse i nordväst mellan Storskäret och fastlandet.

Storskaligt skogsbruk har bedrivits i området först av Forsmarks bruk och senare av Assi-Domän /Spangenberg och Eriksson, 2000/. En flottningsränna för timmer var belägen mellan Johannisfors och Granskär. På Granskär låg även ett hyvleri, enligt häradskartan över Frösåkers härad NV, 1905.

I början av 1700-talet tog sig ryssarna med galärflotta in till Kallerö som vid den tiden var en stor utskeppningsplats för järnmalm från Dannemora gruvor och stångjärn från bland annat Forsmarks bruk. Idag är hamnen grund och där finns endast en brygga och några hamnmagasin /Sandelin, 1980/.

4 Metod och material

Resultaten i rapporten har arbetats fram genom litteraturstudier, bearbetning i geografiska informations system (GIS), flygbildstolkning, fältobservationer, provtagningar och laboratorieanalyser.

4.1 Diatoméanalys och pollenanalys

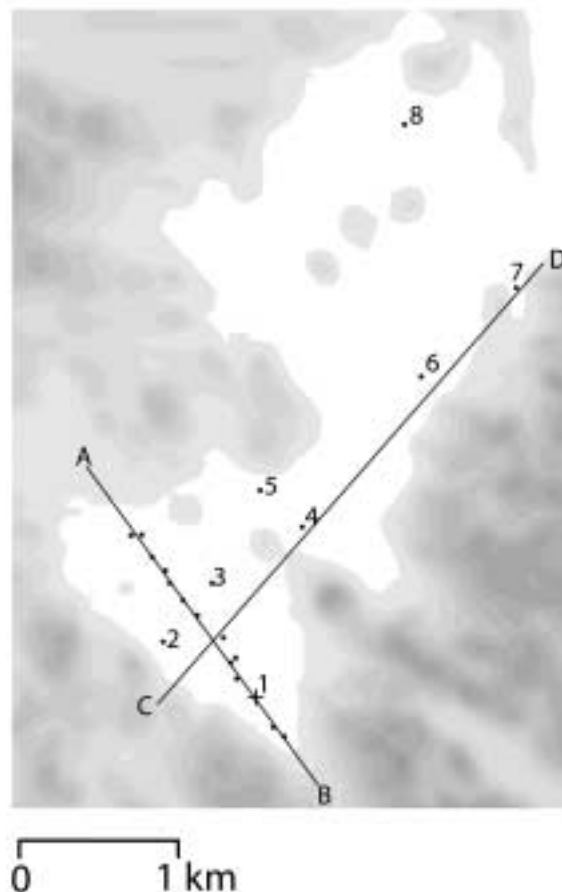
För diatomé-, pollen- och kolanalys togs två överlappande borrhärdar med ryssborr ur bottensedimenten i Kallrigafjärden (bilaga 2A). Tillsammans mätte de 1,32 m. Vattendjupet ovanför borrhärdan var 3,2 m (tabell 4-1). I laboratoriet beskrevs kärnan först med hjälp av 'Munsell Soil Color Charts', 2000/. Därefter togs prov för samtliga tre analyser var femte centimeter ur kärnan. Proverna till kolanalysen torkades över natten varefter de mortlades och fick torka ytterligare en natt innan kolhalterna kunde uppmätas. För diatoméanalys togs även ytsediment med hjälp av ryssborr, limnos eller ankare på ett antal olika punkter i Kallrigafjärden (provpunkt 2–8), (tabell 4-1 och figur 4-1).

Tabell 4-1. Analyserade prover, vattendjup och provtagningsmetod för diatoméprover i Kallrigafjärden.

Provrnr	Vattendjup (m)	Provtagningsmetod
1	3,2	Ryssborr
2	1,8	Ryssborr
3	2,5	Limnos
4	4,5	Ankare
5	ca 6	Ankare
6	ca 6	Ankare
7	2,5	Ryssborr
8	2,6	Limnos

Diatoméprover preparerades av laboratorieassistent A. Karlsson, INK, genom att först lösa eventuellt karbonatinnehåll med 10 % saltsyra (HCl). Därefter behandlades proverna med väteperoxid (H₂O₂) för att avlägsna organiskt material. Proven fick därefter sedimentera i 100 ml bägare i två timmars intervall, varefter de dekanterades och slammades upp igen. Denna procedur utfördes för att avlägsna lerfraktionen /Battarbee, 1986/. Sammanlagt har 35 prover, 28 från borrhärdan samt 7 från ytsediment, preparerats och analyserats.

Pollenproverna anrikades enligt standardmetoder av lab.ass. A. Karlsson, INK, där karbonater och humuspartiklar avlägsnas. Minerogena partiklar elimineras via fluorvätesyra (HF), varefter acetolys endast lämnar färgade pollenskal kvar att identifiera /Berglund och Ralska-Jasiewiczowa, 1986/. Det blev dubbel uppsättning prover från 28 nivåer, dvs 56 preparat.



Figur 4-1. Generell bild över Kallrigafjärden. Krysset vid siffran 1 visar var borrhärnan är tagen. Siffrorna 2–8 visar de olika ytsediment som använts för diatoméanalys. Punkterna längs linjen AB och CD motsvarar de provtagningar som legat till grund för de transekter som diskuteras senare i rapporten (kapitel 5.4.1 och bilaga 7).

Färdiga diatoméskal och pollenkorn har identifierats till artnivå i mikroskop och räknats. Generellt har 400X för pollen och 1000X förstoring för diatoméer använts. Ekologisk klassning av diatoméer har till största delen utförts enligt /Cleve-Euler, 1951, 1952, 1953, 1955/, /Krammer och Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991a, 1991b/ och /Snoeijs m fl, 1993, 1994, 1995, 1996, 1998/. Dessutom har konsultation med doc J Risberg, INK, skett. Bestämning av pollen har skett med hjälp av forsk.ass S Karlsson, doc A-M Robertsson, INK, samt litteratur /Faegri och Iversen, 1964/ och /Nilsson m fl, 1977/.

Bassumman för varje nivå utgörs för pollenkorn av cirka 200–300 och för diatoméskal runt 200, vilket legat till grund för analysen. Resultaten har behandlats i programvaran Tilia-graph /Grimm, 1992/ som visar arterna i relevanta grupper i ett diagram samt föreslår markanta zonindelningar. Zonerna skiljer sig mellan pollen och diatoméanalys. De svarta fälten visar olika arters halt i procent och de prickade i promille. Fluktuationer av diatomé- (figur 5-1 och bilaga 3) och pollenflora (figur 5-4) blir då tydliga. Humushalten som beräknats utifrån kolhalten åskådliggörs i ett eget diagram (bilaga 2B).

4.2 Vegetationskartering

Vegetationskartan över området runt Kallrigafjärden har framställts genom flygbildstolkning av IR-färgbilder i skala 1:30 000 från sommaren 1999 (tabell 4-2). Tolkningen har sedan kompletterats med en två dagar lång fältkontroll. Flygbildstolkningen har utförts i WILD Aviopret med steglös förstoring i 3–15,5 gånger. Tolkningen från flygbilderna har överförts manuellt till kartkoncept med ekonomiska kartan (tabell 4-2) som underlag /Skånes och Ihse, 1988/. Detta material har sedan scannats i A3-scanner och därefter vektoriserats i programvaran CorelTrace 9. Färgläggning av den vektoriserade kartan har sedan utförts i Adobe Illustrator 8.0.

Tabell 4-2. Bilder och kartor som har använts vid vegetationskarteringen.

Typ av material	Signum	År	Upphov
Flygbilder	99603-J lh 1504 24-26	1999	Metria
Flygbilder	99603-J lh 1517 24-26	1999	Metria
Ekonomisk karta	12 l 8g och 8h	1979	Lantmäteriverket
Ekonomisk karta	12 l 9g och 9h	1979	Lantmäteriverket

Den klassificering som använts (figur 4-2) är en modifiering av det system som /Ihse m fl, 1993/ beskriver (bilaga 4). Karteringen har varit översiktlig och i huvudsak har den ursprungliga klassificeringen generaliserats och förenklats. Därför har bland annat hänsyn till klassernas fält- och buskskikt ej tagits. Det bör poängteras att fältskiktets karaktär och typ indirekt kan utläsas genom den indelning efter fuktighetsgrad som gjorts.

Barrskog	Kulturmark	Våtmark
Hygge/plantskog	<i>Öppen gräsmark</i>	Vass
Ung-medelålders	Torr-frisk	Kärr/mosse
Gammal	Frisk-fuktig	Vatten
Hällmarkstyp	Fuktig-våt	
	Åker	Urban mark
Lövskog	<i>Trädbärande gräsmark</i>	Tomt/trädgård
Ädellöv	Med fuktighetsindelning	Övrig urban mark
Triviallöv	enligt den öppna gräsmarken	
Ädellöv/triviallöv	Med ädellöv	
Fuktlöv	triviallöv	
Fuktlöv med inslag av	fuktlöv	
ädellöv	barr	
Blandskog		
Barr/ädellöv		
Barr/triviallöv		
Barr/fuktlöv		

Figur 4-2. Vegetationskartans klassificeringssystem.

Barrskogarna har delats in efter ålder (figur 4-2). Åldersindelningen har förenklats på grund av att den största delen barrskog är planterad och inte har någon större betydelse för vegetationens naturliga succession. Dock har äldre barrskog samt barrskog av hållmarkstyp urskiljts på grund av deras ekologiska betydelse. Indelningen i de olika klasserna har gjorts efter en uppskattad ålder sedd utifrån flygbilderna. När en tät, låg skog har urskiljts har vi bedömt den som ung till medelålders skog. När skogen har varit högre samt lite glesare har den bedömts som gammal. Rent åldersmässigt går den nedre gränsen för ung-medelålders skog vid cirka 10–15 år och den övre gränsen mot gammal skog vid cirka 60 år (dr H Skånes, INK, muntlig information).

Lövskogar har delats in i klasserna ädellövskog, triviallövskog och fuktlövskog (figur 4-2). På grund av det stora inslaget av blandade lövskogar i området har två klasser lagts till. Dessa är ädellöv-/triviallövskog och fuktlövskog med ädellövsinslag. Klassificeringssystemet (bilaga 4) har även utökats med blandskogar innehållande barr och lövträd.

Öppen mark och hagmark har lagts under rubriken kulturmark (figur 4-2). Tyngdpunkten i denna klass har lagts vid markens fuktighetsförhållande på grund av att detta speglar jordart samt läge i terrängen. Hagmarksklassen har därför utökats med fuktighetsgradient och namngetts till trädbärande gräsmark där samma indelningssystem och symbolsättning som för lövskogen använts. Klassificeringen öppen mark har här namngetts till öppen gräsmark.

Till klassificeringssystemet /Ihse m fl, 1993/ har urban mark lagts till.

4.3 Bearbetning i Geografiska Informations System (GIS)

För att kunna återge topografin runt fjärden togs ett utsnitt ur Höjddatabanken vilken ingår i GSD (Geografiska Sverige Data) som produceras av Lantmäteriverket. Höjddatabanken har byggts upp utifrån äldre topografiska profiler och genom digitalisering av höjdkurvor i ekonomiska kartan. Eftersom koordinaterna för gridnätet är direkt jämförbara med koordinaterna på en tryckt karta utfördes en transformation av bilden där gridnätet försköts 25 m i x- och y-led. Detta utfördes av G Alm, INK. Upplösningen i Höjddatabanken är ursprungligen 50 m men minskades till 20 m med interpolationsmetoden Kriging. Detta för att få bilden lite visuellt tilltalande samt passa bättre för redovisning av provpunkterna i fjärden. Den digitala terrängmodellen inkluderar ej batymetrisk höjdinformation och därför utökades den med djupvärden från provtagningspunkter och sjökort 535. vilka sedan interpolerades för att ge Kallrigafjärdens bottentopografi. För att åskådliggöra strandförskjutningen i området, såväl bakåt som framåt i tiden, har vi sedan valt att lägga havsnivån på olika nivåer.

En viktig del i denna rapport är kopplat till jordartsfördelningen. Därför scannades kartbladet *SGU Ser Ae nr 73* in. Denna jordartskarta har sedan bearbetats utifrån provtagningar från fält för att ge en framtida bild av de olika jordarternas utbredning i Kallrigafjärden.

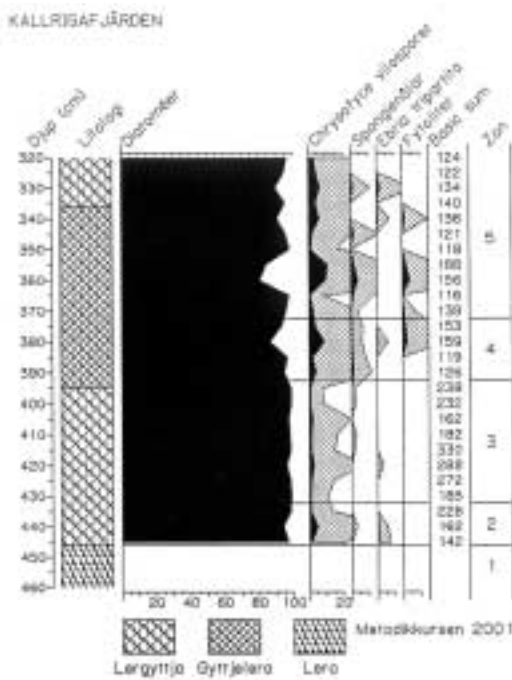
De program som använts för bearbetningen av data är; ArcView 3.2, Surfer 7, Adobe Illustrator 9.0.2, Corel Trace 9 och Excel 2000. Digitala höjddata som har använts vid framtagning av figurer i denna rapport används med medgivande från Lantmäteriverket 2000. Ur GSD-Höjddata, ärende ur L 2000/646.

5 Resultat och tolkning

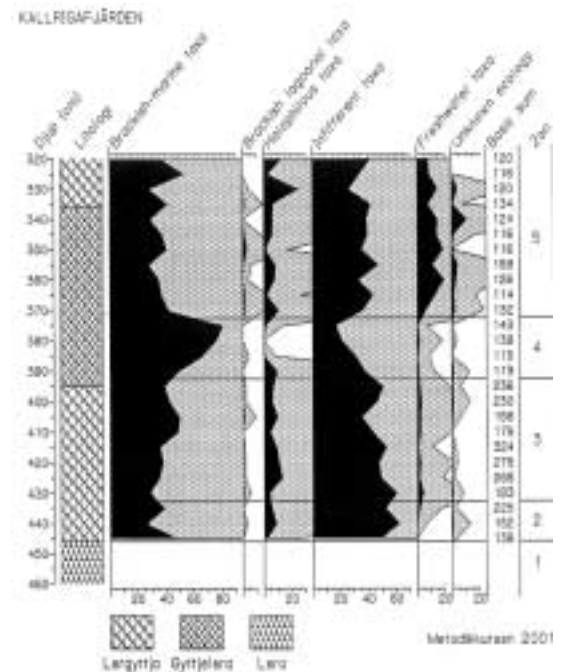
5.1 Diatoméanalys

Diatoméanalysen av borrhjärnan (provpunkt 1, tabell 4-1) är indelad i fem zoner (figur 5-1 och 5-2). Dessa beskrivs nedan med den äldsta först. Syftet med detta har varit att bestämma arterna i Kallrigafjärden under de senaste tusen åren i en representativ sekvens. Mellan 320 och 362 cm återfinns rottrådar, mellan 380 och 394 cm är det ett mer minerogent inslag och mellan 442 och 446 cm är det ett grusigt erosionslager. I hela lagerföljden är fragmentationsgraden hög.

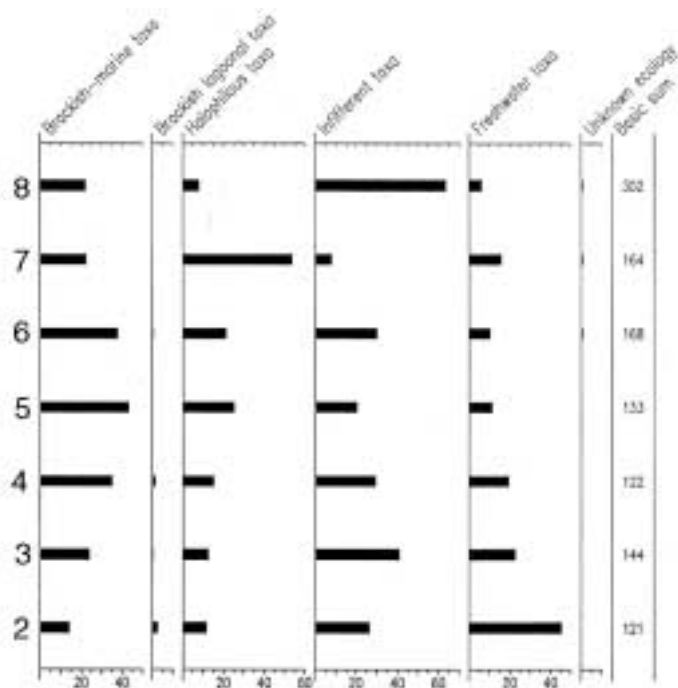
Dessutom har sju ytprover analyserats (figur 5-3). Syftet med detta har varit att bestämma den recenta utbredningen av arterna i Kallrigafjärden och att försöka identifiera en salthaltsgradient från de inre delarna till förbindelsen med Östersjön.



Figur 5-1. Funna mikrofosser i diatomépreparaten.



Figur 5-2. Diatoméfloran i borrhjärnan uppdelad efter arternas ekologi.



Figur 5-3. Diatoméfloran i ytproverna uppdelade efter arternas ekologi.

5.1.1 Zon 1 (452–446 cm)

Jordarten består av lera med en humushalt omkring 1 %. Husumhalten för alla prover åskådliggörs i bilaga 2B. Sammanlagt tre skal av *Melosira westii* har återfunnits i de två analyserade proven. Dessa fynd tyder på att sedimentationen ägde rum i brackvatten på ett relativt stort vattendjup (Litorinahavet).

5.1.2 Zon 2 (446–432 cm)

Zonen inleds med en skarp jordartsgräns mellan lera och lergyttja, vilket tyder på en lagerlucka. Humushalten stiger upp mot 8 %. Förutom diatoméer hittades vilosporer av *Chrysofyce* sp och några skal av *Ebria tripartita*. De dominerande diatoméarterna är *Epithemia turgida*, *E sorex* och *Melosira westii*. De iaktagna fossiltyperna indikerar sedimentation i en strandnära brackvattenmiljö.

5.1.3 Zon 3 (432–392 cm)

Jordarten består i den undre delen av lergyttja där humushalten stiger från 8 % till 10 %. I den övre delen sjunker humushalten till 6 % och jordarten består där av gyttjelera. Diatoméer är den dominerande fossiltypen. Vanliga arter är *Epithemia turgida*, *E sorex*, *Melosira westii*, *M juergensii*, *M nummolooides* och *M lineata* var. *genuina* (anges *Melosira* spp, bilaga 3). De senare arterna antas kunna förekomma åtminstone tidvis som plankton.

Artsammansättningen visar på sedimentation i en brackvattenmiljö. Uppgången av *Melosira* spp kan tolkas som en höjning av vattennivån, alternativt har de substrat som dessa algtyper föredrar ökat i utbredning.

5.1.4 Zon 4 (392–372 cm)

Jordarten har klassificerats som gyttjelera där humushalten sjunker från 6 % ner mot 3 % vid 375 cm för att sedan åter stiga. I denna zon har fytoliter noterats för första gången i lagerföljden (figur 5-1). Den helt dominerande diatoméarten är *Melosira westii*.

En tydlig influens av brackvatten kvarstår. Den markerade uppgången av *Melosira westii*, som trivs på relativt djupt vatten (doc J Risberg, INK, muntlig information), kan tolkas som en transgressions eventuella kulmination. Alternativt har bottenotyp och/eller substrat ändrats på ett för denna art gynnsamt sätt. Förekomsterna av fytoliter kan eventuellt förklaras av att tidigare vegetationstäckta markytor eroderas i samband med ökningen av vattennivån. En alternativ förklaring är att förekomsten beror av mänskliga aktiviteter som orsakat en transport av partiklar dels via ytavrinning dels via Olandsån till provtagningsplatsen.

5.1.5 Zon 5 (372–320 cm)

Jordarten består av gyttjelera 372–337 cm och lergyttja 337–320 cm. Humushalten stiger upp mot 6 % vid sedimentytan. Fytoliter förekommer sporadiskt i undre delen. I denna zon börjar sötvattenarterna komma in i bilden och ökar upp till 15–20 %. De dominerande arterna är *Cocconeis placentula*, *Cymbella affinis* och *Fragilaria ulna*. De brackvattenarter som dominerar är *Epithemia turgida*, *E adnata*, *E sorex* och *Melosira westii*. Mellan 337–320 cm dominerar brackvattenarten *Rhoicosphenia curvata* och *Fragilaria fasciculata* och sötvattenarterna minskar. Dessutom saknas fytoliter i denna övre del av zonen.

Den tydliga minskningen i salinitet beror förmodligen på att den innersta viken av Kallrigafjärden blir mer skyddad i och med att en serie öar bildas som resultat av en regressiv strandförskjutning. Emellertid syns en viss ökning av brackvattenarter i zonen översta del. Ökningen i humshalt och förändring i jordartssammansättning kan tyda på en ökad näringstillförsel.

5.1.6 Ytprover

Position för alla ytprover åskådliggörs i figur 4-1 och analysresultat i figur 5-3.

Provpunkt 2 ligger nära land och jordarten består av gyttjelera med en humshalt på cirka 3 %. De dominerande arterna är *Epithemia turgida*, *Aulacoseira ambigua*, *Cocconeis placentula* och *Gomphonema angustatum*. Detta tyder på en sötvattenmiljö med inslag av brackvatten. Olandsåns utlopp i viken ger troligtvis ett betydande sötvattentillskott vid provpunkten.

Jordarten på provpunkt 3 består av gyttjelera med en humushalt på cirka 5 %. De dominerande arterna är *Epithemia turgida*, *E adnata* och *Cocconeis placentula*. Det är fortfarande ett relativt stort sötvatteninslag men brackvattenhalten ökar.

Jordarten på provpunkt 4 består av gyttjelera med en humushalt på cirka 5 %. De dominerande arterna är *Rhoicosphaenia curvata*, *Epithemia turgida*, *E sorex*, *Cocconeis placentula* och *Fragilaria ulna*. Miljön verkar, liksom i ytprov 3, fortfarande ha ett relativt stort sötvatteninslag även om brackvattenindikatorer ökar.

Jordarten på provpunkt 5 består av sand med en humushalt på cirka 0,4 %. De dominerande arterna är *Fragilaria schulzii*, *Rhoicosphaenia curvata* och *Cocconeis placentula*. Saltvattenhalten ökar ytterligare något.

Jordarten på provpunkt 6 består av grus med en humushalt på cirka 1 %. De dominerande arterna är *Rhoicosphaenia curvata* och *Cocconeis placentula*. Saltvattenhalten är ungefär som i ytprov 5.

Provpunkt 7 ligger nära land och jordarten består av grus med en humushalt på cirka 0,05 %. De dominerande arterna är *Amphora pediculus*, *A. coffaeiformis*, *Navicula tuscula* och *Cocconeis placentula*. Salthalten minskar något och liknar ytprov 4.

Jordarten på provpunkt 8 består av lergyttja med en humushalt på cirka 9 %. De dominerande arterna är *Epithemia turgida* och *Mastogloia smithii*. Saliniteten ökar. Den stora mängden *Epithemia turgida* kan bero på en för denna art gynnsam substrat.

5.1.7 Sammanfattningsvis

Analysen av borrhärnan ger upphov till frågan om det eventuellt skett en transgression i zon 4 eller ökningen av *M westii* beror på helt andra orsaker. Kan en transgressiv havsytta överhuvudtaget göra sig gällande så pass lång norrut där den isostatiska höjningen är relativt snabb? Förändringen skulle också kunna vara avhängig att gynnsam bottenotyp, substrat, vegetation och paleogeografi bestämmer vissa arters dominans. Området karaktäriseras närmast som en kontinuerlig regressiv strandförskjutning. Fytoliteras tillkomst i zon 4 beror troligast på en ökad mänsklig aktivitet snarare än en transgression.

Sedan fjärden bildades visar diatoméanalys att sötvatteninslaget ökat vid provpunkten, dock för att minska de senaste hundra åren. Samtidigt som denna minskning sker i de översta lagren saknas fytoliter. Orsaken skulle eventuellt kunna vara en förändrad markanvändning med färre odlade ytor.

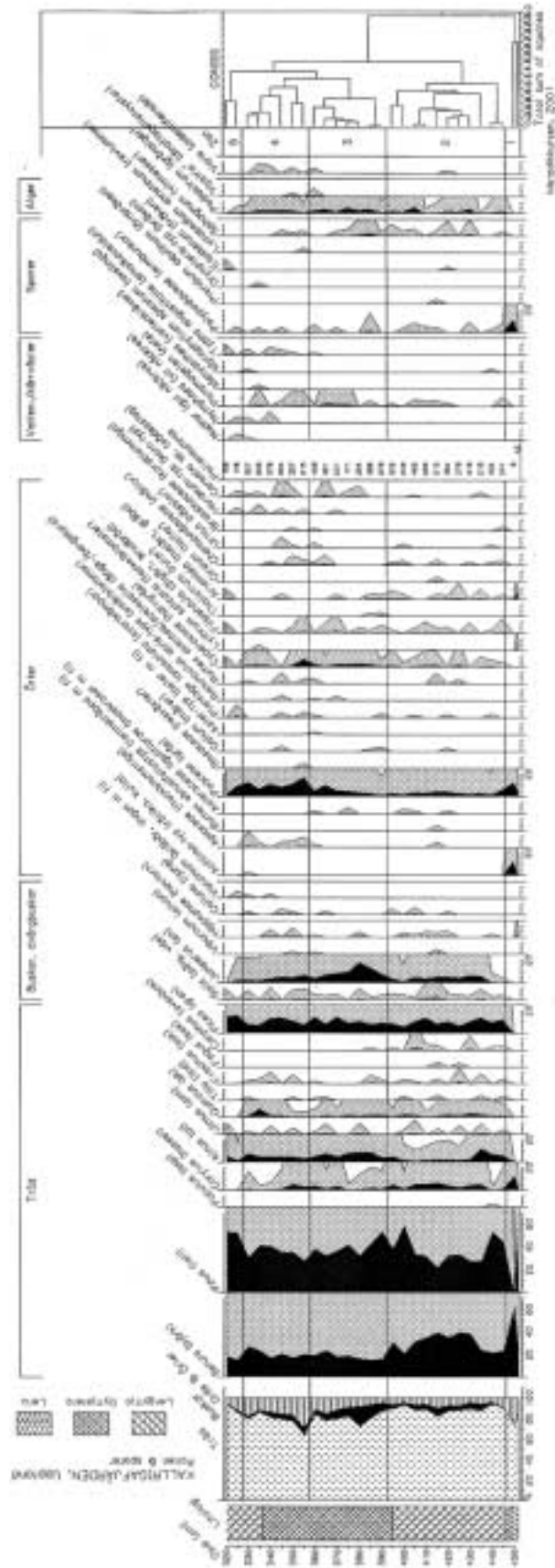
Ytproverna visar att salthaltsgradienten ökar mot fjärdens mynning. Olandsåns utlopp i fjärden kan ha stor betydelse för det recenta sötvatteninslaget i den inre delen av viken. Tillförseln av en hel del näringsämnen såsom kväve och fosfor från det omkringliggande jordbrukslandskapet påverkar även det den recenta floran och faunan i Kallrigafjärden.

Den genomförda kolanalysen på proverna påvisar att det finns gyttjelera i fjärden. Postglacial lera (*Litorina*) finns i zon 5 men glacial lera har enbart återfunnits på land. Det stora antalet fragmenterade diatoméer i proverna kan tyda på en högenergimiljö med vågor och strömmar.

5.2 Pollenanalys

Pollendiagrammet är indelat i fem zoner, figur 5-4. Det understa lagret, zon 1, består av lera. Den innehåller mycket liten mängd pollen, endast två halva granpollen, och kan ha sedimenterat under Östersjöns yngsta Litorinastadium, s k Limneahavet 4000–1500 BP. Ovan leran framträder fyra indelningar som nedan refereras till som zon 2 (445–390 cm), zon 3 (390–355 cm), zon 4 (355–330 cm) samt den översta zon 5 (330–320 cm). Tyngdpunkten läggs på zon 2, 3 och 4 som är de mest tydliga. Två framförallt påfallande förändringar i pollenfloran avspeglas vid 390 och 355 cm djup, i gränsen mellan zon 2, 3 och 4. Det finns givetvis pollentaxa och faser som överskrider dessa zoner. Eftersom organiska lager ovan leran totalt uppmäter endast en meters tjocklek, kan man anta att en lagerlucka uppkommit mellan dessa till följd av erosion. Detta stöds också av den mycket skarpa gränsen mellan lera och lergyttja på 445 cm djup.

I preparaten återfinns pollen från gran (*Picea abies*) från leran och uppåt. Eftersom granen invandrade till Sverige cirka 2000–2200 BP /Florin, 1977/ kan de organiska lagren inte vara äldre än så. Andelen granpollen av trädpollenfloran uppnådde inte förrän 1000 BP mellan 5 och 10 % i diagram från norra Uppland /Huntley och Birks, 1983/. Då granens pollen är kontinuerligt närvarande med en omfattning kring 10 % i de organiska lagren i Kallrigafjärden leder det till antagandet att borrhärnan inte är äldre än 1000 år. Resonemanget styrks av andra fynd som visar att granens expansion kulminerade först kring 1000 BP i mellersta Sverige /Karlsson m fl, 1996/.



Figur 5-4. Identifierade pollen i borrhärnan.

5.2.1 Zon 2 (445–390 cm, gyttjelera)

Här når tallen (*Pinus sylvestris*) ett kortvarigt maximum, vilket skulle kunna förklaras av en förändrad av sedimentationsmiljö. Enligt beräkningar av havsytta och strandlinje sker en markant förändring av omgivande landskap någon gång mellan 1500 och 1000 BP. Kallrigafjärden var inte utvecklad 1500 BP utan omgavs endast av spridda skärgårdsöar (figur 5-6 a–b). En något skyddad havsvik är bildad först cirka 1000 BP. I förändringen mellan öppet hav och mer skyddad vik kan höga halter av tallpollen, med sina luftsäckar, ansamlas regionalt /Florin, 1945/. Då viken sedan är skyddad uppstår ett jämviktsläge i förhållande till omgivande miljö och sedimentationen av pollen avtar jämfört med fasen innan. Det kan utläsas i kurvan för tallpollen som sjunker markant /Ranheden, 1995/. Studier har visat att granpollen (*Picea abies*), med stora luftsäckar, sedimenterar närmare sina träd än exempelvis tallpollen (*Pinus sylvestris*) /Potter och Rowley, 1960/.

I den här zonen tar björkpollen (*Betula pendula*) en allt större procentuell andel bland trädslagen, efter en kort konkurrens med al (*Alnus glutinosa*). Ljung (*Calluna vulgaris*) och havtorn (*Hippophaë rhamnoides*) uppträder i den senare delen av zonen, ett eventuellt tecken på att hedar, betesmarker eller nya stränder finns i närheten av provpunkten /Selander, 1957/. Avenbok (*Carpinus betulus*) och andra ädellövträd är representerade här, vilket kan indikera både ett gynnsamt klimat och näringsrika jordar /Lindman, 1974/. Bok (*Fagus sylvatica*) förekommer i zonen och utgör tillsammans med gran och ljung de koloniserare som satt stor prägel på de två senaste millenia /Faegri, 1937/. En tänkbar förklaring till att lind (*Tilia cordata*) har sin största representation här skulle kunna vara intensiv hamling /Andersén, 1988/.

Humushalten i zon 2 är relativt hög (bilaga 2B), och påvisar att sedimentet består av lergyttja. Det kan vara resultatet av en kraftig urlakning av den unga jordmånens näringsämnen. Kalkrika jordar och avsnörda vikar vid stora avrinningsområden kan vara en av orsakerna till näringsrika sediment /Selander, 1957/. Alternativt kan den högre humushalten vara ett resultat av varmare klimat, men det torde inte solitärt förklara varför eutrofa miljöer skapas.

Det finns enstaka pollen av kulturindikatorer som mårör (*Galium* sp), mållor (Chenopodiaceae), nässlor (*Urtica* sp) och sädeslag (*Cerealia* sp). Förekomsterna är dock efemära och eftersom provpunkten ligger nära Olandsåns mynning, är det möjligt att dessa pollenkorn förts ut från kulturpåverkade marker uppströms ån. Alternativt kan visst bete ha förekommit i närliggande skärgårdsmiljö.

5.2.2 Zon 3 (390–355 cm, gyttjelera)

Till en början ökar andelen enpollen (*Juniperus communis*) i pollenfloran från landväxter och den arten når sitt maximum samtidigt som björk minskar och ljung försvinner. Sädeslagspollen blir vanligare och halten vilda gräspollen (Poaceae) ökar gradvis. Förändringen kan tolkas som ett ökat betestryck och kraftigare kulturell påverkan på vegetationen. I mitten av zonen minskar enens omfattning liksom mållor och nässlor samtidigt som svartkämpe (*Plantago lanceolata*) försvinner helt, om än tillfälligt. Eftersom mängden sädeslagspollen, i huvudsak korn (*Hordeum* sp), fortsätter att öka kan man anta att betesmarkerna har fått ge vika för odlingsmark.

Avsaknaden av pollen från ask (*Fraxinus excelsior*) och lind indikerar dock att klimatet kan ha blivit kallare /Karlsson, 2001/. Linden är visserligen ett träd som drabbas hårt när människan gör intrång i landskapet, och nedgången skulle kunna spegla detta /Vuorela, 1970/. Även hassel (*Corylus avellana*) och alm (*Ulmus glabra*) avtar inom denna zon, vilket kan styrka att klimatet blivit kargare /Fries, 1965; Robertsson och Persson, 1989/. Om den tidigare uppskattningen av de organiska lagrens ålder stämmer skulle denna eventuella kallperiod kunna sammanfalla med Lilla Istiden. Å andra sidan är havtorn tillfälligt frånvarande, vilket kan tyda på att strandförskjutningen avtagit under en tid /Lindman, 1974/. En minskande eller avstannande strandförskjutning skulle eventuellt kunna härröra från en tillfällig havsnivåhöjning till följd av ett blidare klimat.

Både ökad kulturpåverkan och ett kallare klimat kan möjligen förklara den övergång från lergyttja till gyttjelera som uppträder i denna zon. Större mänsklig aktivitet ger ökad erosion, och därmed mer minerogen deposition. Kallare klimat bör således ge mindre organogen produktion och sedermera deposition.

5.2.3 Zon 4 (355–330 cm, gyttjelera-lergyttja)

Pollen från vildgräs ökar markant samtidigt som antalet representerade örter blir många fler, exempelvis flockblomstriga (Apiaceae), korsblommiga (Brassicaceae), rosväxter (Rosaceae), svartkämpar, ängs- och bergssyra (*Rumex acetosa/acetosella*), mållor, nässlor och röllika (*Achillea* sp). Det kan vara tecken på betydande skogsröjning och markanvändning i området. Pollenkorn av sädeslag tilltar, av vilka en övervägande del är kornpollen. I proverna noterades även en ansevärd mängd kolpartiklar, vilket kan peka på svedjebränning eller annan antropogen aktivitet. Å andra sidan framträder även ljungväxtpollen, varav många arter trivs i etablerad skog som lingon och blåbär.

Både pollen av vit näckros (*Nymphaea alba*) och smalkaveldun (*Typha angustifolia*) uppträder i zon 4. De är vattenväxter som trivs i eutrofa, grunda vatten och deras närvaro kan därför tolkas som att strandförskjutningen kommit så långt att vattendjupet nu är grunt nog att gynna dessa. Den höga andelen gräspollen kan delvis representera vass (*Phragmites australis*), som även den ökar vid grundare vattenförhållanden. Pollen från vildgräs och vass skiljer sig i storlek, men har i prov inte identifierats individuellt.

5.2.4 Zon 5 (330–320 cm, lergyttja)

Inträde av gul näckros (*Nuphar luteum*) antyder att eutrofieringen tilltar i den här yngsta zonen. Här upphör spår efter nate (*Potamogeton* sp), en submerserande vattenväxt, vilket pekar på att vattendjupet minskat nämnvärt vid provpunkten /Lindman, 1974/. Vattendjupet kan också ha del i att sedimentet återigen är lergyttja. Skogens inslag av barrträd ökar vilket kan antyda att det öppna landskapet börjat växa igen.

5.2.5 Sammanfattningsvis

Pollenfloran i borrhärnans undre delar indikerar att större ytor land kommit upp ur havet ungefär samtidigt runt nuvarande Kallrigafjärden. Tidigt i lagerföljden kan spår av kulturell aktivitet noteras. Även om de äldsta pollenkornen av sädeslag kan ha förts ut från inlandet med Olandsdsån, förefaller mänsklig aktivitet annektera omgivande landskap tämligen kort tid efter torrläggning. Betesindikatorer i lagerföljden övergår i tecken på utökade odlingsmarker redan vid halva djupet av borrhärnan. Kulturella

indikatorer består även vid skiftningar som kan härröra från klimatiska svängningar. Det leder till slutsatsen att Upplandskusten även under bistrare klimat haft behov av nya marker med följden att unga landskap snabbt befolkats.

5.3 Vegetationskartering

En översiktlig vegetationskartering har utförts i området runt Kallrigafjärden i syfte att göra en karta som beskriver dagens vegetationssammansättning samt att tolka kopplingen mellan vegetation, topografi, jordartsfördelning och markanvändning i området.

Vegetationen i området runt Kallrigafjärden är variationsrik (bilaga 5) och man hittar olika typer av både löv- och barrskogar samt blandningar av dessa. Det finns relativt gott om kulturmarker som har olika fuktighetsförhållanden och bär olika typer av vegetation.

5.3.1 Skogar

Till stora delar utgörs vegetationen inom kartbladet av hyggen och plantskogar. I anslutning till dessa förekommer stora planterade områden av ung-medelålders samt gammal barrskog. Mycket av barrskogen växer förhållandevis fuktigt men förekommer även på torrare marker.

Barrskog av hållmarkstyp hittas i regel på höjdparter jordlagret är tunt. På den torra marken på Börstilåsen nordvästra del växer en gles tallskog. Den är egentligen av lavristyp men på grund av dess ringa omfattning har den klassificerats som hållmarkstyp.

Bland de olika lövskogarna inom området är trivial- och fuktlövskogarna de vanligaste. Fuktlövskogen växer i bergrundens sänkor samt i låga partier nära öppet vatten. Fuktlövskog förekommer ofta som en smal bård utmed landremsan mot Kallrigafjärden.

Triviallövträd växer många gånger fuktigt men förekommer lika ofta på torrare platser liksom högt i terrängen. Ett par större sammanhängande triviallövskogar finns bland annat i områdets nordöstra del. De triviallövskogar som kontrollerades i fält dominerades i regel av björk.

De fåtal ädellövskogar som finns ligger utspridda över området domineras i huvudsak av ek och lönn. De är i regel små och växer på relativt torra partier. Vanligt är att ädellövträd växer på urbana marker. Speciellt för området är att ädellövträd, främst ask, även växer i fuktlövskogarna. På vissa platser finns stora mängder ask i de fuktigare partierna.

Blandlövskogarna som består av trivial- och ädellövträd är små och finns främst i områdets nordvästra del, bland annat på de små öarna mellan Storskäret och Långören.

Blandskogar mellan barr- och lövträd förekommer inom området men mycket sparsamt. Den vanligast förekommande blandskogen är den mellan barr- och fuktlövträd. På ett fåtal platser finns även blandskog av barr- och triviallövträd samt av barr- och

ädellövträd. I övrigt finns det i regel inslag av barrträd i lövskogarna och inslag av lövträd i barrskogarna inom hela området. Ett inslag skall vara mindre än 30 % i annat fall räknas det som blandskog. Inslag av lövträd i de yngre barrskogarna förekommer sällan på grund av skogsbrukstekniska skäl.

5.3.2 Kulturmarker

Gräsmarkerna är i regel små och varierar starkt i fuktighetsgrad beroende på läge i terräng samt närhet till vatten. De fuktigaste typerna av de öppna gräsmarkerna ligger i anslutning till Kallrigafjärden medan de torra och friska i huvudsak ligger högt i terrängen. De frisk-fuktiga gräsmarkerna ligger något lägre. Gräsmarkernas fuktighet kan variera stort inom ett och samma område som till exempel gräsmarken väster om Storskäret vilket bidrar till den stora variationsrikedomen.

De trädbärande gräsmarkerna finns i regel i närheten av gårdar och i övergången mot sammanhängande skog. De ligger på olika platser i terrängen och förekommer med en eller flera olika trädslag där ädel- och triviallövträd till största delen dominerar. På de torr-friska markerna finns i regel ädellövträd eller barrträd. Det finns inte många trädbärande gräsmarker med fuktlövträd men där det förekommer är marken fuktig-våt. Triviallöv förekommer på alla fuktighetstyper.

Åkrarna är ofta små och ligger utspridda över hela området. Några större åkermarker finns bland annat vid Storskäret och Snesslingeberg.

5.3.3 Övrig mark

Ett fåtal kärr förekommer och de ligger i de lägst liggande partierna i terrängen. Vass växer i stort sett runt hela fjärden och även runt fuktigare partier inåt land.

Området med övrig urban mark utgörs av en fyllningsmassa av antropogent ursprung.

5.3.4 Diskussion kring vegetationsutbredningen i området

Barrskogarna är till stora delar planterade och på grund av att området under lång tid använts för skogsbruk bör även stora delar av den gamla barrskogen vara planterad. De barrskogar som i området är naturligt förekommande är hållmarkstallskogarna som endast växer på mager mark där det ej skulle löna sig att plantera skog, exempelvis på höjdparter med endast ett tunt lager morän. I regel förekommer endast hållmarkstallskog på den sandig-moiga moränen (bilaga 1 och bilaga 5). Detta kan tyda på att den moränen inte är lika mäktig och näringsrik som den lerig-moiga moränen. Den sistnämnda innehåller även en större mängd kalk vilket också bidrar till den högre näringshalten.

Om man jämför jordartskartan och vegetationskartan ser man att fuktlövskogen till stor del är koncentrerad till områden med gyttjeler. Gyttjeleran finns i igenväxningsområden där vass växer i en övergångszon mot det öppna vattnet. I vissa områden har fuktlövskogarna ett stort inslag av ask vilket är det ädellövträd som mest gynnas av hög fuktighet. Enligt kartorna ligger dessa områden ofta på den lerig-moiga moränen vilket återigen tyder på att denna morän är mer näringsrik då ask gynnas av näringsrika marker.

I anslutning till bebyggelse växer ofta ädellövträd vilket kan bero på att dessa en gång har planterats och sedan spontant föryngrats. Gräsmarkerna varierar stort i fuktighet beroende på hur den underliggande berggrunden ser ut. Endast en obetydlig variation i topografin kan avgöra om gräsmarken är torr eller fuktig.

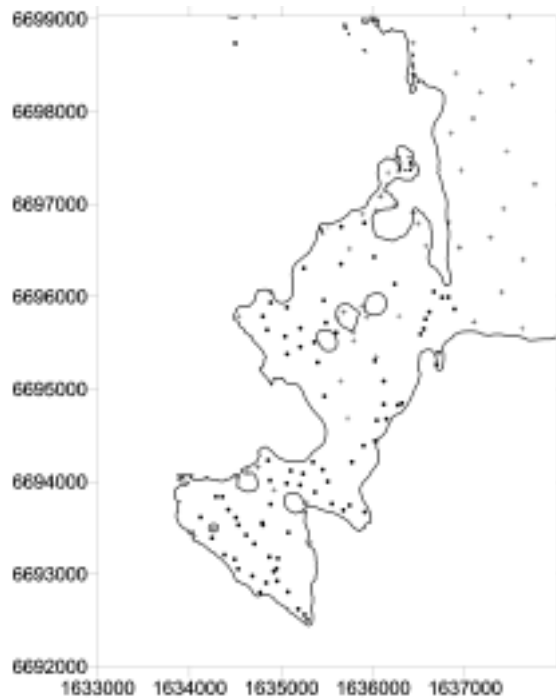
Om man jämför kartorna syns det att de små områdena med glacial lera oftast utgörs av, eller tidigare har utgjorts av, små åkermarker. Detta på grund av att den glaciala leran är lättodlad och innehåller en stor del kalk. Eftersom den lerig-moiga moränen finns i större utsträckning än glacialleran ligger de större åkermarkerna på denna.

På många platser syns spår av tidigare markanvändning såsom bete och odling. Dessa platser håller allt mer på att växa igen. De gamla betesmarkerna har i många fall vuxit igen till skogar där enar och spridda bredkroniga ädellövträd vittnar om tidigare bete.

Sammanfattningsvis kan sägas att landskapet brukas på samma sätt som tidigare även om odlingslandskapet minskat i utsträckning och en igenväxning av kulturmarkerna pågår.

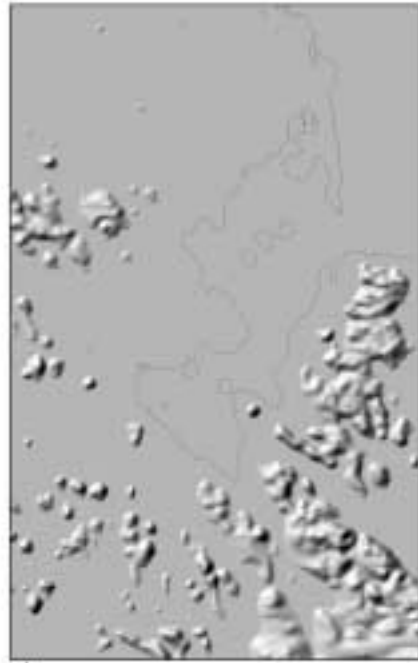
5.4 Bearbetning i Geografiska Informations System (GIS)

Runt Kallrigafjärden valdes ett område på 54 km² som är representativt för jordartsfördelning och topografi. Eftersom de 80 provpunkterna inte gav tillräcklig information för att skapa en bottentopografi med tillfredställande noggrannhet, utökades den digitala terrängmodellen med djupvärden från sjökort (figur 5-5). Interpolation med omgivande topografi resulterade i en topografisk karta över hela området inklusive havsbotten (bilaga 6). Lutningsgradienten är liten närmast havet vilket spelar en avgörande roll vid vågerosion. Den flacka topografin är ett generellt drag över hela området, vilket därför kraftigt påverkas av strandförskjutningen som tidigare nämnts. Dessutom går det i bilden att urskilja sprickzonernas orientering väl. Bilaga 6 uppvisar skillnad i topografins struktur genom att bottentopografin ser slätare ut än omgivande landtytor. Detta kan antingen bero på att topografin jämnats ut av sedimentationen eller på grund av att botten ej har värden var 20:e meter som på land. Det glesare dataunderlaget för havsbotten kan vid interpolation av data ha producerat en utjämnad bottentopografi, eftersom varje värde får representera ett större område.

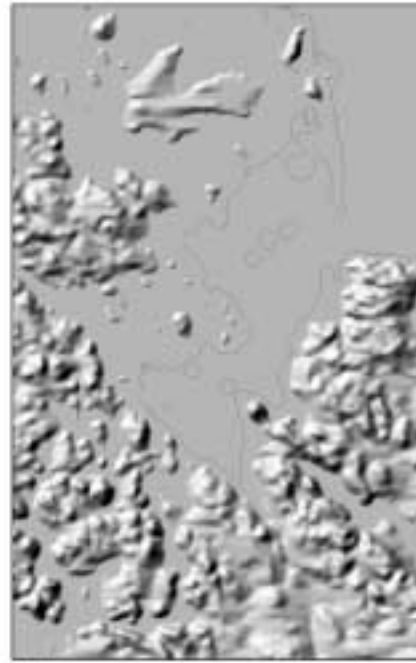


Figur 5-5. Karta med koordinaterna i RT90 2,5 gon V med dagens strandlinje runt Kallrigaffjärden markerad. De fyllda cirklarna markerar provtagningspunkter vid vilka bland annat vattendjup uppmättes. Detta gjordes från gummibåt 5–7 september 2001. Korsen markerar de punkter där vattendjupet mättes med hjälp av sjökort. Alla dessa punkter har sedan använts för interpolation av Kallrigaffjärdens botten.

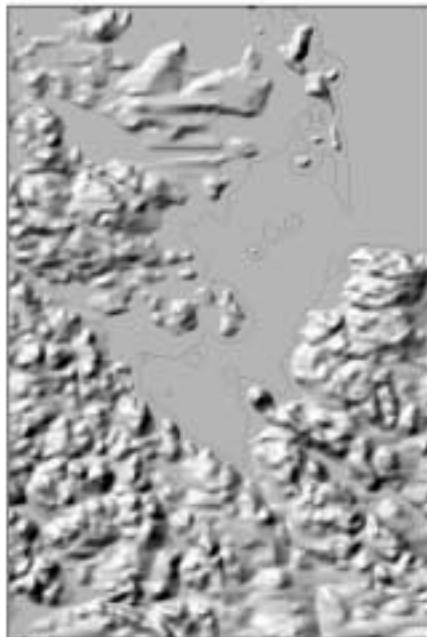
Området har idag, enligt /Brydsten, 1999/, en strandförskjutning på ~6 mm/år. Detta värde ligger som grund för den serie av kartor som illustrerar strandförskjutningen i området (figur 5-6). Figurerna är utarbetade från Lantmäteriverkets Höjddatabank. Enligt /Påsse, 1997/, styrs strandförskjutningen av två vertikala rörelser, en glacial-isostatisk landhöjning och en eustatisk havsytehöjning. Dessa är ej konstanta över tiden utan liknar en arctan-funktion vilket betyder att höjningen avtar. Det sker även en sedimentation i vattentäckta områden vars omfattning avgörs av botten typ /Håkanson och Jansson, 1983/, vattenförhållande och organisk produktion. Med dessa parametrar i åtanke är det väldigt svårt att definiera havsnivå i tid. Därför anges höjning/sänkning i meter, med endast en relativ ålder. Hela området (bilaga 6) antas bli utsatt för likformig påverkan av landhöjningen eftersom områdets storlek är relativt liten. Det man slås av när man ser figurserien är att området har utsatts för en kraftig förändring i och med den snabba strandförskjutningen.



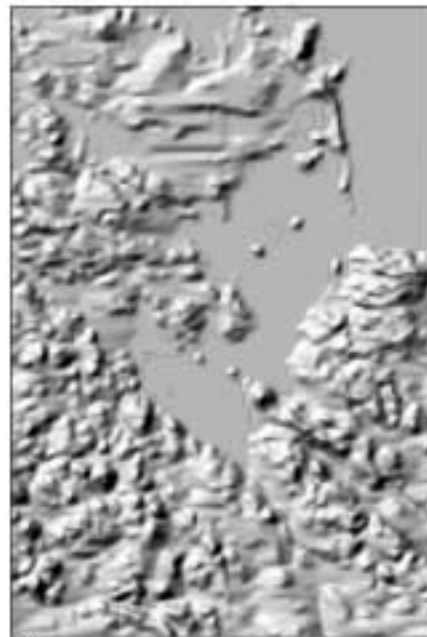
a)



b)

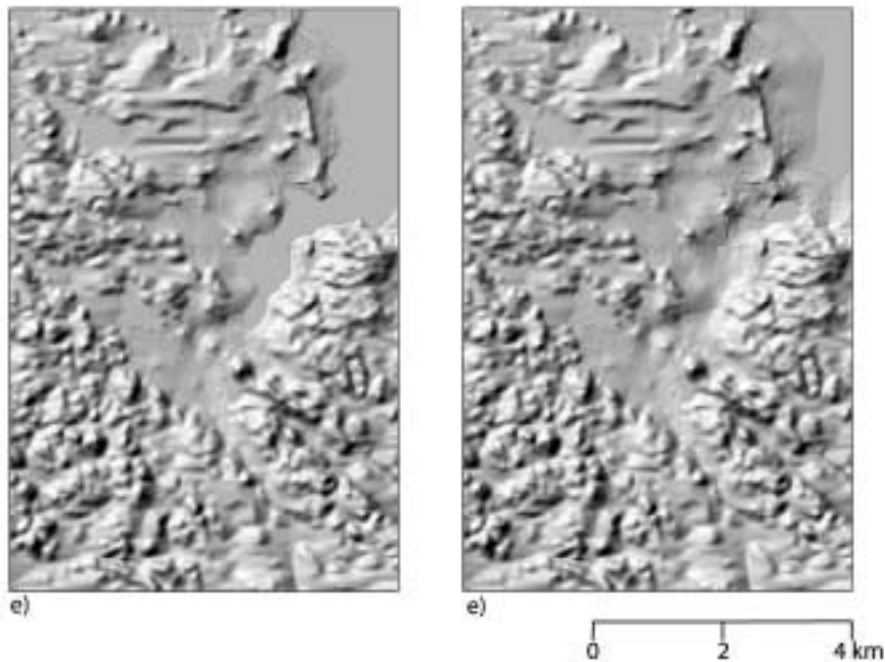


c)



d)

Figur 5-6 a–d. Kallrigafjärdens utseende vid olika tidsepoker. a) Landytan är sänkt med 10 meter vilket motsvarar, om det sker en strandförskjutning på ~ 6 mm/år, AD 500. b) Landytan är sänkt med 5 meter vilket motsvarar AD 1200. c) Landytan är sänkt med 3 meter vilket motsvarar AD 1500. d) Dagens havsnivå.



Figur 5-6 e-f. Kallrigafjärdens utseende vid olika tidsepoker. e) Landytan är höjd med 3 meter vilket motsvarar AD 2500. f) Landytan är höjd med 6 meter vilket motsvarar AD 3000.

För att få relationen mellan jordarter och dess läge i topografin, draperades den inscannade jordartskartan ovanpå ett utsnitt av höjdreliëfkartan (figur 3-2 och bilaga 1). Där kan skönjas att de högre partierna domineras av morän och kalt berg, medan de finare fraktionerna och de organiska jordarterna återfinns i svackorna. Även Börstilåsen framträder tydligt med sin speciella form och karaktär.

5.4.1 Transekter

Provtagningar i NV-SO riktning i Kallrigafjärdens innersta vik utgör grund för transekt AB (bilaga 7 och figur 4-1). Den visar att lergyttja sedimenterat i två sänkor på ett lager av svallmaterial. Under svallmaterialet återfinns postglacial lera. Glacial lera antas ligga under provpunkternas djup eftersom lagret kommer i dagen vid transektens södra strand (B). Morän observerades nederst i ett par provpunkter och antas ligga ovan berg längs med hela linjen. Ett höjdparti ungefär vid transektens mitt kan vara orsakad av berggrundens topografi, men de organiska lagrens ringa djup visar att platsen är av erosiv karaktär. Området sammanfaller med Olandsåns mynning. Men i huvudsak är denna innersta vik en sedimentationsmiljö där främst lergyttja bildas. Emellertid kommer strandförskjutningen här mestadels vara jämn och botten-topografin bidrar inte till några större tröskeldjup (figur 5-6 e-f). Man kan därför anta att lergyttjan kommer att svallas bort för att blotta svallmaterial alternativt morän som framtida jordarter.

Transekt CD från fjärdens innersta vik i nordostlig riktning mot och igenom åsen (bilaga 7 och figur 4-1) visar att morän dominerar på botten. De yttre delarna av transekten är uppenbar erosionsbotten, emedan det i de inre delarna av viken varit så pass lugn miljö att en del lergyttja sedimenterat. Ett tunt lager av svallsediment täcker

moränen. Där morän möter ås är övergången okänd, men det antas att åsmaterialet vilar på berg. Denna transekt indikerar ett större djup inne i viken än mot dess mynning. Så är dock inte fallet i fjärden som helhet.

5.4.2 Framtida landskapsutveckling

Hur kommer det då att se ut i framtiden? Blickar man 1000 år framåt i tiden är Kallrigafjärden vid denna tidpunkt nästintill torrlagd (figur 5-6 e-f). I början utgick vi från att fjärden skulle dämmas upp till sjöar. Vi hittade dock inga trösklar som skulle kunna dämna upp dessa. Eftersom provtagningspunkterna är få kommer resultatet av interpolationen förmodligen inte bli lika varierande som verkligheten. Det kan därför hända att trösklar generaliseras bort. Resultatet visar att strandlinjeförskjutningen mestadels ger nya ytor mark och endast några få återstående sjöar.

Genom att analysera jordartskartan, våra ytprover och transekterna har vi försökt att fylla fjärden med tänkbara jordarter på de ytor som kommer att exponeras (bilaga 8). Provpunkterna har, som tidigare nämnt ett lager lergyttja överst, vilket inte återfinns på SGU:s jordartskarta Ser Ae nr 73. Utifrån detta antas att vågerosionen successivt har flyttat lergyttjan till djupare delar och därmed blottlagt de underliggande jordarterna. Till tolkningen har transekterna (bilaga 7) varit till stor hjälp. Därtill generaliseras omgivande jordartsgränser ut i fjärden. Det finns signifikanta skillnader mellan jordartskartan och vår tolkning. Tydligast syns det i skillnader i antalet bergshällar. Vi har valt att inte rita in så många berghällar eftersom området kring Storskäret påvisar en mindre kraftig ursvallningen då den har skyddas av åsen. Olandsån och Forsmarksån antas sammanlänkas till en större å som vinkelrätt korsar höjdkurvorna ut till havet. För de sjöar som bildas är djupet avgörande för dess framtida utseende. De grunda sjöarna kommer troligen att växa igen. Den sjö som skär av åsen är dock 6 meter djup vid isoleringstillfället, vilket enligt /Brunberg och Blomqvist, 2000/ leder till bildning av en brunvattensjö. Detta beror även på att sjön kommer att ha kraftig vattengenomströmning eftersom Olandsån och Forsmarksån rinner igenom sjön på sin väg till havet.

I ett ännu längre tidsperspektiv kan den största skillnaden vara att även den djupa sjön växer igen. Sedimentationshastigheten i en sjö beräknas vara ~1mm/år /Håkanson och Jansson, 1983/ vilket gör att sjön kan vara igensedimenterad AD 9000. Sjön kan dock på grund av vattengenomströmningen och djupet ej ha lika hög sedimentationshastighet. /Brydsten, 1999/ tror att när Gräsö får landförbindelse kommer Öregrundsgrepen att bilda en havsvik där åarna tillför så pass mycket sötvatten att salthaltsgradienten är kraftig. Vidare förutspås Öregrundsgrepen vara helt fri från brackvatten AD 7000. Ett flertal sjöar kommer då att bildas där berggrundens sprickzoner präglar deras orientering.

Bifogad tolkning (bilaga 8) utgör ett diskussionsunderlag för vidare studier. Den är utarbetad från en befintlig jordartskarta över området och innehåller därför vissa mindre felaktigheter, exempelvis att höjdkurvorna på land visar dagens höjd över havet, vilket inte stämmer när landet har höjts 6 meter. Störst missvisning gäller de jordarter som ligger nära dagens strandlinje och anges som tidvis vattenfyllda. Omkringliggande sjöars förutsättningar har också förändrats. Trots att detaljer i bilden (bilaga 8) ej nödvändigtvis är korrekta ger den en generell bild av jordartsfördelningen om tusen år, värdefull för diskussion kring landskapsutvecklingen i området.

5.4.3 Sammanfattningsvis

Provpunkterna i fjärden utökades för att göra resultatet trovärdigare. Det medför en del osäkerheter, men ger dock en god bild över fjärdens topografi. Strandförskjutningen på ~6 mm/år påverkar området och är av avgörande betydelse för framtida landskapsutveckling och jordartsfördelning. Resultaten från provtagningarna längs transekterna har till stor del bidragit till tolkningen av den framtida jordartsfördelningen. Kallrigafjärden kommer om 1000 år att vara torrlagd med undantag för en sjö som påverkas av Olandsåns och Forsmarksåns vattenföring.

6 Diskussion

Undersökningen visar att framtida jordarter i Kallrigafjärden till största delen antas bli både sandig-moig och lerig-moig morän. Förhållandet mellan de olika jordarterna förmodas likna de som idag finns runt fjärden eftersom strandförskjutningen blir jämn och utan större topografiska trösklar. Endast enstaka djupa brunvattensjöar med hög vattengenomströmning beräknas bestå längs den nya ån om tusen år. Därmed antas torvmarker bildas i ringa omfattning.

Eftersom jordarterna förblir desamma kan det förutsättas att framtidens vegetationsfördelning i nuvarande Kallrigafjärden kommer att likna dagens. Markanvändning såsom skogsbruk kommer troligen att bedrivas i stor utsträckning främst på moränmarkerna. Om jordbruk även i framtiden bedrivs i området kommer det sannolikt att ske på den lerig-moiga moränen. På sandområdena skulle man kunna tänka sig att det i låga partier växer fuktlövskog. På torrare och högre liggande sandområden kan tallskog växa.

Då det finns tecken på att även mycket unga landskap utsatts för antropogen påverkan finns det sannolikt ingen anledning att ny mark de närmaste tusen åren skulle nyttjas annorlunda. De jordarter som beräknas komma i dagen där Kallrigafjärden nu befinner sig, kan komma att lämpa sig för både bosättning, skogsbruk, odlings- och betesmark. Särskilt eftersom den nyuppstigna marken kommer vara extra näringsrik under ett par hundra år.

Markanvändningen de närmaste tusen åren kan tänkas bli starkt beroende av politik, ekonomi och demografi. Man kan gissa att politiska beslut, liksom ekonomiska förutsättningar kan gynna viss markanvändning och därmed vissa växtarter mer än andra. Området ligger också inom räckhåll för både Stockholm och Uppsala. Avståndet mellan området och Stockholm-Uppsala är så pass rimligt i tid och kilometer att ny mark vid ytterligare urbanisering skulle kunna attrahera de storstadsbor som av olika skäl flyr de heta kärnregionerna.

Givetvis är Kallrigafjärdens framtida utveckling beroende av många faktorer, varav flera är svåra att förutse. Man kan ana att klimatet är en mycket viktig parameter. Både pollen och diatoméer i borrhärnan visar distinkta, men till synes oväntade, fluktuationer som kan spegla tillfälliga klimatförändringar. Ett varmare globalt klimat skulle ge en långsammare strandlinjeförskjutning, mer lövskog samt ökad avrinning i och kring Kallrigafjärden. Man skulle kunna anta att partiklars rörelser i allmänhet blir mer dynamiska vid ett varmare klimat.

Tack till

Göran Alm, Lars-Gunnar Bråvander, Anna Hedenström, Margaretha Ihse, Ann Karlsson, Sven Karlsson, Jens-Ove Näslund, Jan Risberg, Anne-Marie Robertsson och Helle Skånes som gett oss god handledning, konstruktiv kritik och annan viktig hjälp.

Referenser

Andersén S Th, 1988. Changes in Agricultural Practices in the Holocene Indicated in a Pollendiagram from a Small Hollow in Denmark. Birks H H, Birks H J B, Kaland P E and Moe D (red): *The Cultural Landscape – Past, Present and Future*. Cambridge University Press, Cambridge. 521 s.

Battarbee R W, 1986. Diatom analysis. Berglund B E (red): *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. John Wiley and Sons Ltd, Chichester. s 529–570.

Berglund B E, Ralska-Jasiewiczowa M, 1986. Pollen analysis and pollen diagrams. Berglund B E (red): *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology*. John Wiley and Sons Ltd, Chichester. s 455–484.

Blomberg A, 1886. Beskrifning till kartbladet Öregrund. *Sveriges Geologiska Undersökning, Aa 101*. Uppsala. 38 s.

Brunberg A-K, Blomqvist P, 2000. Post-glacial, land rise-induced formation and development of lakes in Forsmark area, central Sweden. *Svensk Kärnbränslehantering AB, TR-00-02*. 86 s.

Brydsten L, 1999. Shore line displacement in Öregrundsgrepen. *Svensk Kärnbränslehantering AB. TR-99-16*. 24 s.

Cleve-Euler A, 1951–1955. Die Diatomeen von Schweden und Finnland. *Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar* I–V. 4:e Serien 2:1 (1951) 163 s, 3:3 (1952) 153 s, 4:1 (1953) 158 s, 4:5 (1953) 255 s, 5:4 (1955) 232 s.

Faegri K, 1937. Torvmyrens vitnesbyrd om landets historie. *Naturen*, No 3, Universitetsforlaget, s 111–119.

Faegri K, Iversen J, 1964. *Textbook of Pollen Analysis*. Munksgaard, Köpenhamn, s 64–254.

Florin M-B, 1945. Skärgårdstall och strandskog i västra Södermanlands pollendiagram. *Meddelanden från Stockholms högskolas geologiska institut N:o 73*, Norstedts förlag, Stockholm, s 511–533.

Florin M-B, 1977. Late-glacial and Pre-boreal Vegetation in Southern Central Sweden II. Pollen, Spore and Diatom analyses. *STRIAE* 5. 60 s.

Fries M, 1965. Outlines of the Late-Glacial and Postglacial Vegetation and Climatic History of Sweden, Illustrated by Three Generalized Pollen Diagram. Wright H E and Frey D G, (red): *International Studies on the Quaternary, Special GSA Papers, No 84*, New York, 1965, s 53–64.

Grimm E C, 1992. Tilia and Tilia-graph: Pollen Spreadsheet and Graphics Programs. Programs and Abstracts, 8th International Palynological Congress, Aix en Provence, Sept 6–12, 1992, 171 s.

Huntley B, Birks H J B, 1983. *An atlas of past and present pollenmaps for Europe: 0–13000 years ago*, Cambridge University Press, Cambridge. 667 s.

Håkanson L, Jansson M, 1983. *Principles of Lake Sedimentology*, Springer-Verlag, Berlin, 316 s.

Ihse M, Rafstedt T, Wastenson L, 1993. Flygbildstolkning av vegetation. Nämnden för Skoglig Fjärranalys. Axelson H, Börjars E, Minell H, Nilsson B, Pettersson B och Renander B (red): *Flygbildsteknik och Fjärranalys*. Skogsstyrelsen, Jönköping, s 247–294.

Karlsson S, Risberg J, Miller U, 1996. Type Region S-h, Fissure-Valley Landscape of Södermanland and Uppland. Berglund B E, m fl (red): *Palaeoecological Events During the Last 15000 Years*. John Wiley and sons Ltd, Chichester. s 254–280.

Karlsson S, 2001. Vegetationshistoria från Hassleområdet, NÖ Närke. *Institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi vid Stockholms universitet*. Stockholm, 16 s.

Krammer K, Lange-Bertalot H, 1986. Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. I Ettl H, Gerloff J, Heynig H och Mollenhauer D (red): *Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/1*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. 876 s.

Krammer K, Lange-Bertalot H, 1988. Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. I Ettl H, Gerloff J, Heynig H och Mollenhauer D (red): *Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/2*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. 596 s.

Krammer K, Lange-Bertalot H, 1991a. Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. I Ettl H, Gerloff J, Heynig H och Mollenhauer D (red): *Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/3*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. 576 s.

Krammer K, Lange-Bertalot H, 1991b. Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthaceae. Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolate) und Gomphonema. I Ettl H, Gerloff J, Heynig H och Mollenhauer D (red): *Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/4*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. 437 s.

Loberg B, 1999. *Geologi*. Prisma, Stockholm. s 385–429.

Lidmar-Bergström K, 1998. *Berg och jord*. Sveriges Nationalatlas. Italien. s 44–54.

Lindman C M A, 1974. *Nordens flora*. Wahlström & Widstrand, Stockholm. 693 s.

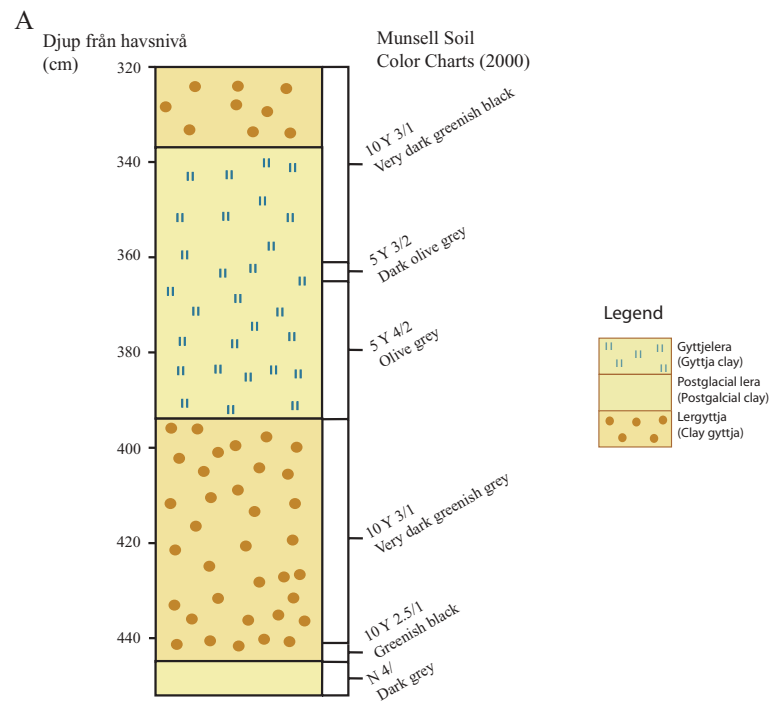
Munsell Soil Color Charts, 2000. Munsell Color, New York, USA.

Nilsson S, Praglowski J, Nilsson L, 1977. *Atlas of Airborne Pollen Grains and Spores in Northern Europe*. Natur och Kultur, 159 s.

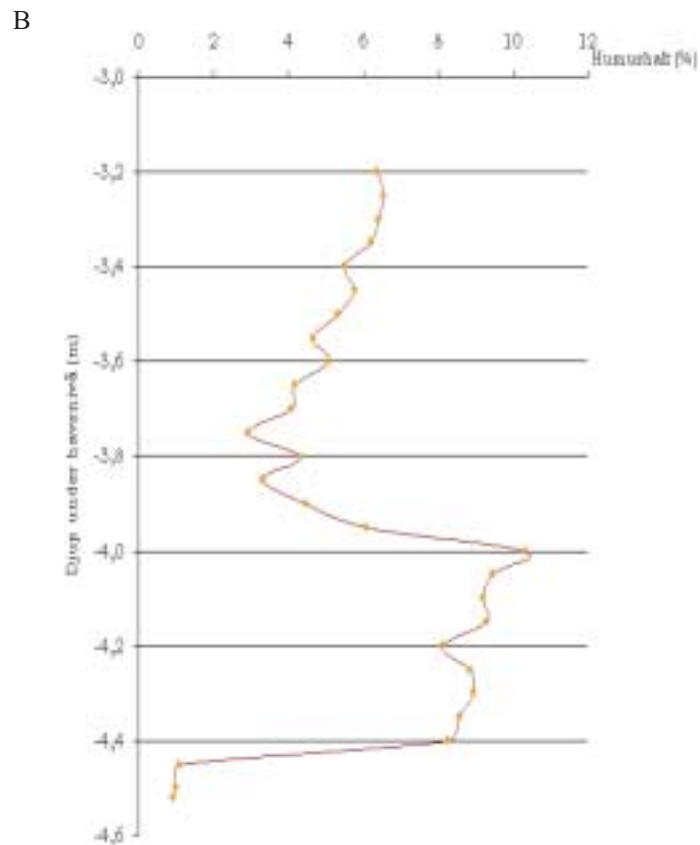
- Norling E, 1998.** *Berg och jord*. Sveriges Nationalatlas. Italien, s 38–42.
- Persson C, 1985.** Beskrivning till jordartskarta Östhammar NO. *Sveriges Geologiska Undersökning Ae 76–77*. 72 s.
- Potter L D, Rowley J M, 1960.** Pollen Rain and Vegetation, San Augustin Plains, New Mexico. *The Botanical Gazette, Vol 122*, Chicago, 1–25 s.
- Påsse T, 1997.** A mathematical model of past, present and future shore level displacement in Fennoscandia. *Svensk Kärnbränslehantering*. TR-97-28.
- Ranheden H, 1995.** Pollendiagrammet från Ansgarssjön. Olausson M: *Det inneslutna rummet – om kultiska hägnader, fornborgar och befästa gårdar i Uppland från 1300 f Kr till Kristi födelse*. Riksantikvarieämbetet, Stockholm, s 256–261.
- Robertsson A-M, Persson C, 1989.** Biostratigraphical Studies of Three Mires in Northern Uppland, Sweden. *Sveriges Geologiska Undersökning, Avhandlingar och uppsatser, Serie C Nr 821*, Uppsala, s 5–19.
- Sandelin S, 1980.** *Så var det förr i Öregrund*. Kristianstad boktryckeri AB, Kristianstad. 293 s.
- Selander S, 1957.** *Det levande landskapet i Sverige*. Albert Bonniers förlag, Stockholm. 492 s.
- Skånes H, Ihse M, 1988.** Ädellövskog i Laholms kommun – Översiktlig inventering i IR-färgbilder. *Länsstyrelsen i Hallands län. Meddelande nr 1988:11*, s 10–11.
- Snøeijns P m fl (red), 1993–1998.** *Intercalibration and distribution of diatom species in the Baltic Sea*. Volym 1–5. Opulus Press. Uppsala. Vol 1 (1993): Snøeijns P, 129 s, Vol 2 (1994): Snøeijns P and Vilbaste S, 125 s, Vol 3 (1995): Snøeijns P and Potapova M, 126 s, Vol 4 (1996): Snøeijns P and Kasperovicene J, 126 s, Vol 5 (1998): Snøeijns P and Balashova J. 144 s.
- Spangenberg J, Eriksson S, 2000.** Naturvärden i Forsmarksområdet – Sammanställning av befintliga inventeringar, planer och program samt en fältstudie. *Svensk Kärnbränslehantering AB*. R-00-20
- Ståhl H, 1976.** *Ortnamn och ortnamnsforskning*. AWE/Geber, Stockholm.
- Upplandsstiftelsen.** Naturområden, Kallriga. Tillgänglig: 01-10-04
<http://www.upplandsstiftelsen.c.se/kattfot/kallriga/kallriga.html>
- Vuorela I, 1970.** The Indication of Farming in Pollen Diagrams from Southern Finland. *Acta Botanica Fennica*, Nr 87, Societas Pro Fauna et Flora Fennica, Helsingfors, 3–40 s.

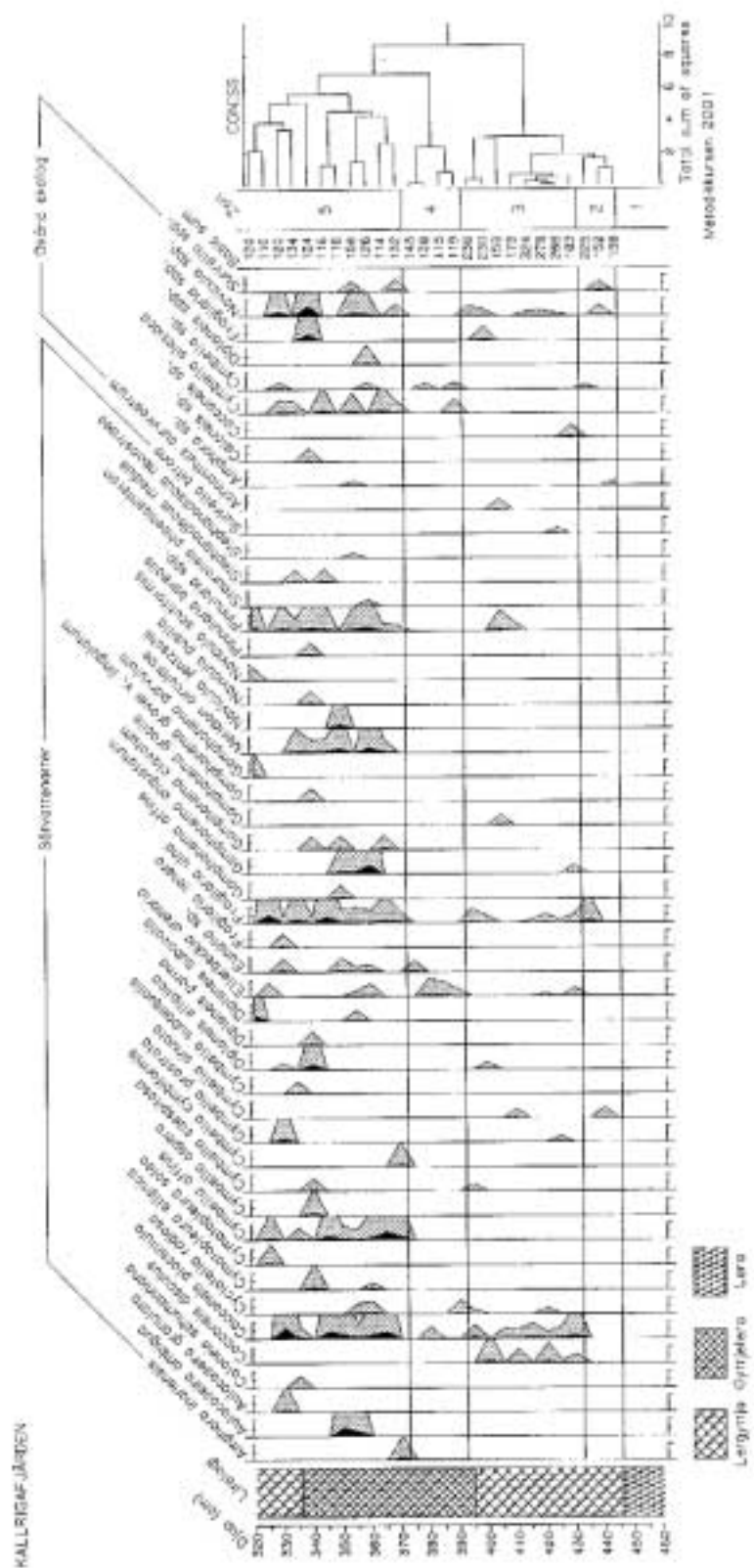
Bilaga 2

A. Litologi av borrhärnan baserad på kolkurvan.



B. Uppskattad humushalt efter kolhalter i borrhärnan. Provpunkt 1 i figur 4-1 i Kallrigafjärden 2001.





Bilaga 4

Klassificeringsschema för IR-bilder 1:30 000. Vegetationstyper möjliga att tolka med minst 70 % säkerhet med zoomstereoskop som har minst 10 gånger förstoring.

Skog

Barrskog

Fältstkikt:

- Lavrikt, skarpt
- Lav-risrikt, torrt
- Risrikt, friskt
- Risrikt, fuktigt-vått
- Örtrikt, friskt-fuktigt

Ålder:

- Hygge
- Plantskog
- Röjningsskog
- Gallringsskog
- Mogen skog

Ädellövskog

Ekskog

Boskog

Askskog

Trivial lövskog

Björkskog

Aspskog

Övrig lövskog

(ung ädellövskog kan ingå)

Fuktlövskog

Klibbalskog

Glasbjörkskog (vårbilder)

Övrig fuktlövskog

Hagmark

Med barrträd

(enbuskmark ingår)

Gran

Tall

Med ädellövträd

Ek

Övriga ädellövträd

Med triviala lövträd

Björk

Övriga lövträd

Buskmark

Enbuskmark

Videsnår

Övriga lövsnår

Sly

Taggiga buskar

Öppen mark

Rished

Ljunghed

Kråkrished

Fuktrished

Övrig rished

Hälldominerad hed

Hällmarksljunghed

Klippshed

Alvarhed

Gräshed

Sur sandgräshed

Basisk sandgräshed

Torräng

Vanlig torräng

Stäppartad torräng

Alvaräng

Frisk äng

Naturlig

Kultiverad

Fuktäng

Högörtsäng

Gräs-lågstarräng

Havsstrandäng

Vass

Mosse

Kärr

Fattigkärr

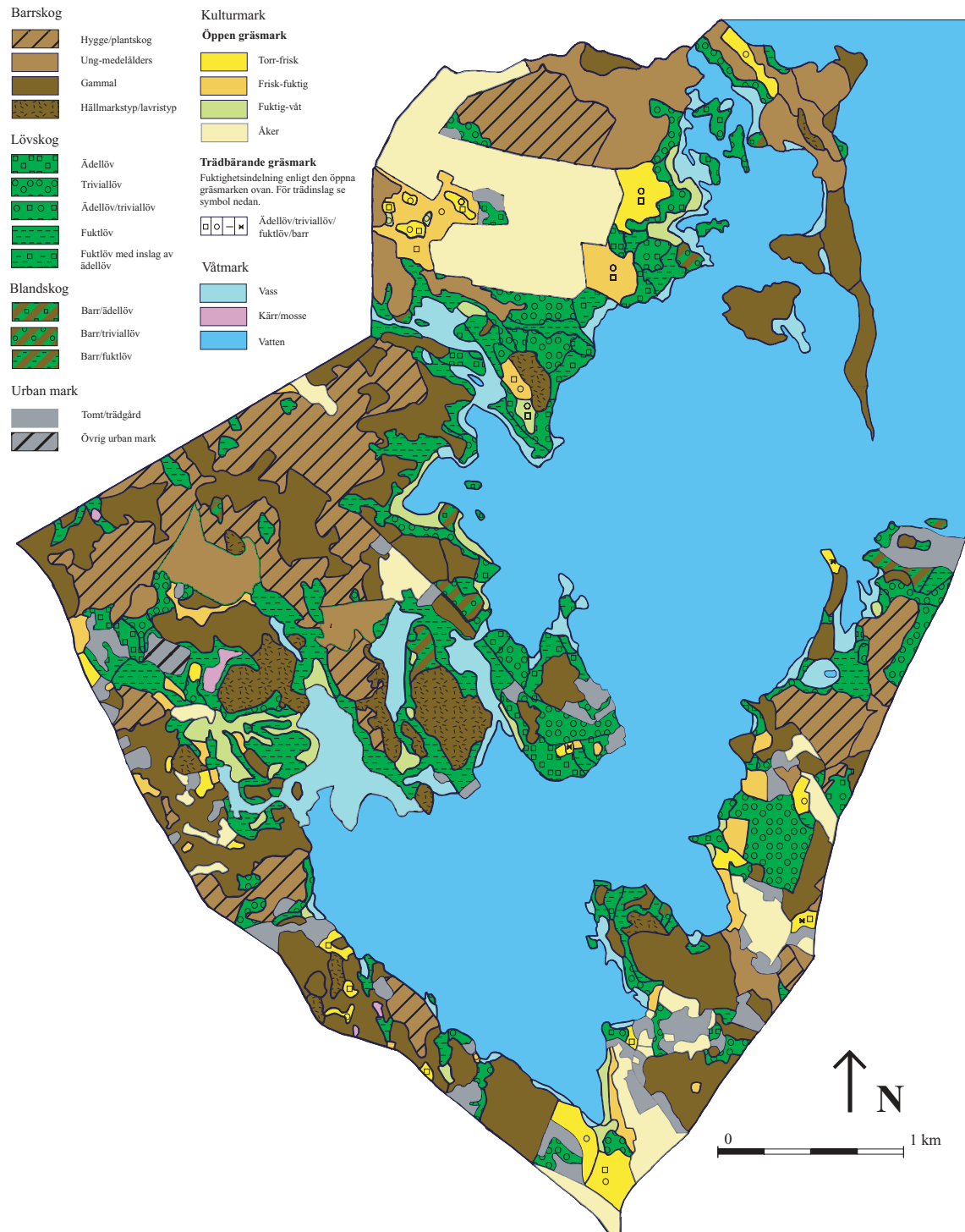
Rikkärr (bergrundskarta)

Åker, vall

Ilse, M., Rafstedt, T. & Wastenson, L.,
Flygbildstolkning av vegetation. Nämnden för
skoglig analys, Flygbilstechnik och fjärranalys,
LMV repro, Italien, 1993 247-294 s.

Vegetationskarta över området runt Kallrigafjärden

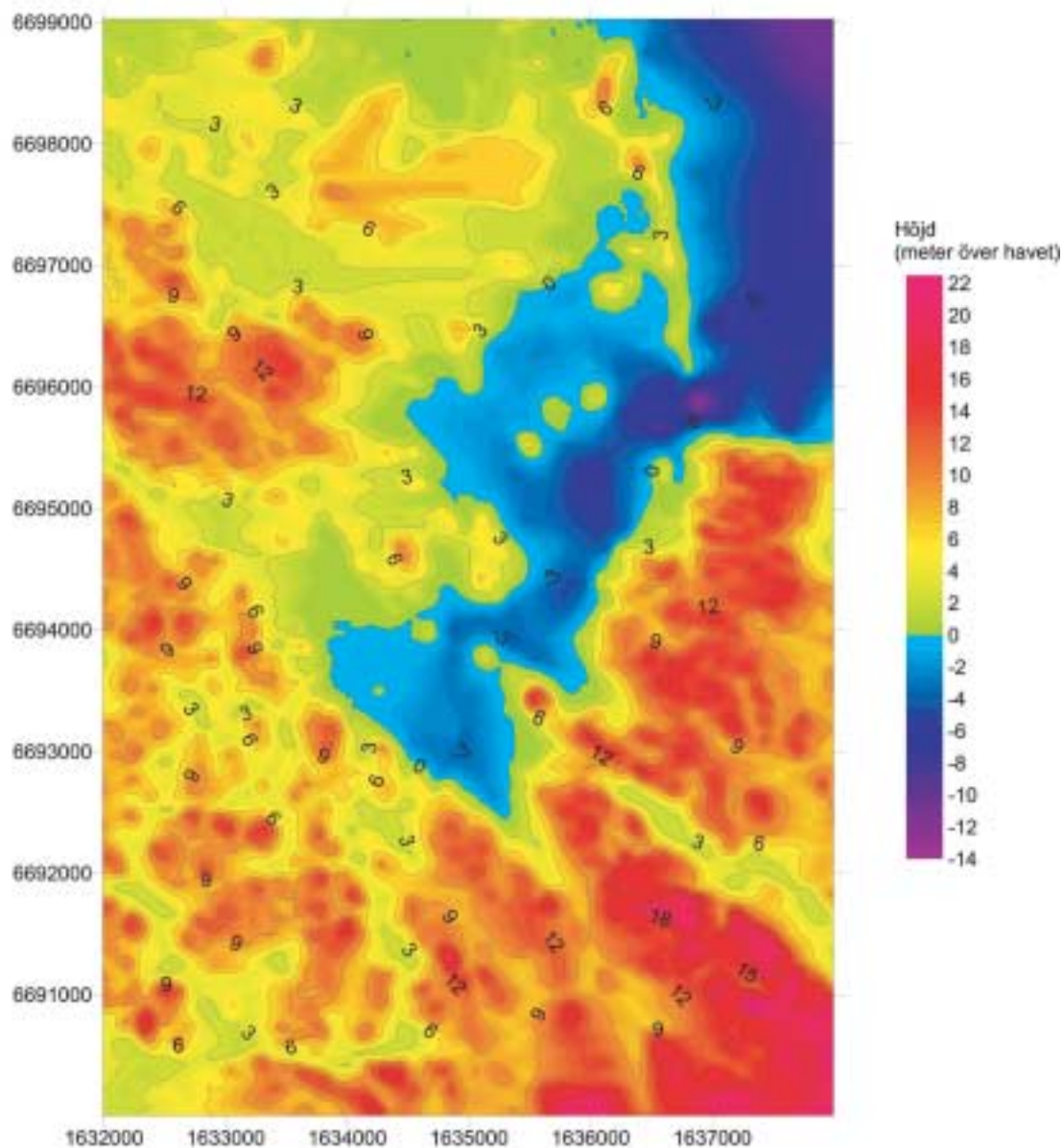
Kartan baserad på tolkning av IRF-flygbilder från Statens Lantmäteriverk 1999-06-24. Fältkontroll 19–20 september 2001. Ekonomiska kartbladen 12 I 8g och 8h samt 12 I 9g och 9h har använts vid överföringen. Karterad av Liselotte Ekström och Anna-Lena Lind 2001. Institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi, Stockholms universitet.



Bilaga 6

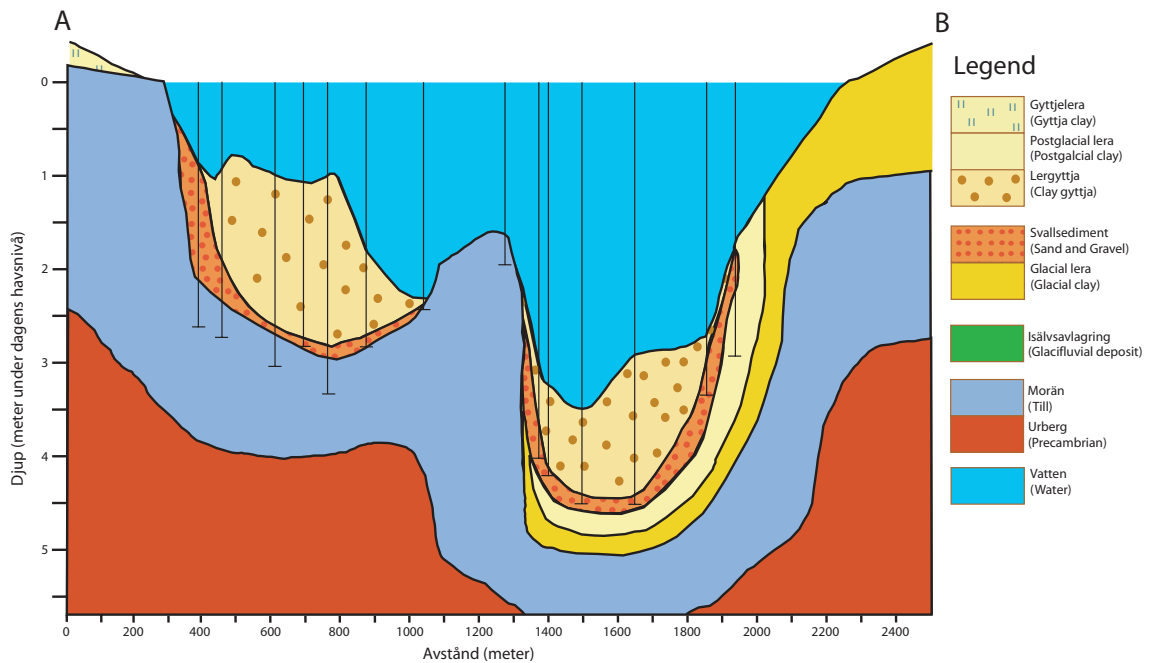
Topografisk karta över Kallrigafjärden och dess omgivning. Baserad på Lantmäteriverkets Höjddatabank, egna data och punkter från sjökort.

Koordinater i RT90 2,5 gon V

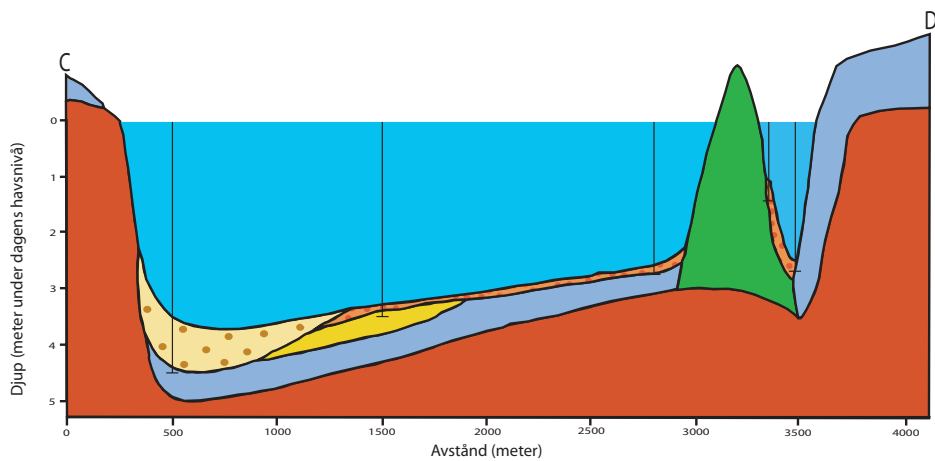


Bilaga 7

Transekter över Kallrigafjärden. Deras utsträckning i fjärden kan ses i figur 4-1.



Transekt AB löper längs fjärdens innersta vik, en sedimentationsmiljö med ringa vattendjup. Olandsåns eroderande verkan lämnar dock ett parti utan organiska sediment. Bilden visar även provtagningspunkterna och deras respektive djup. Notera att axlarna har olika skala. Överförhöjningen är 1:250.



Transekt CD sträcker sig över hela fjärden mot dess mynning. I dess innersta vikar återfanns vissa organiska sediment, men till största delen är miljön eroderande och jordarten morän dominerar i ytan. Bilden visar även provtagningspunkterna och deras respektive djup. Notera att axlarna har olika skala. Överförhöjningen är 1:2650.

Bilaga 8

Kallrigafjärden i framtiden. Generell bild av jordartsfördelningen i Kallrigafjärden 3000 AD. Baserad på egna provdata från Kallrigafjärden och jordartskartan från SGU Ser Ae nr 73.

