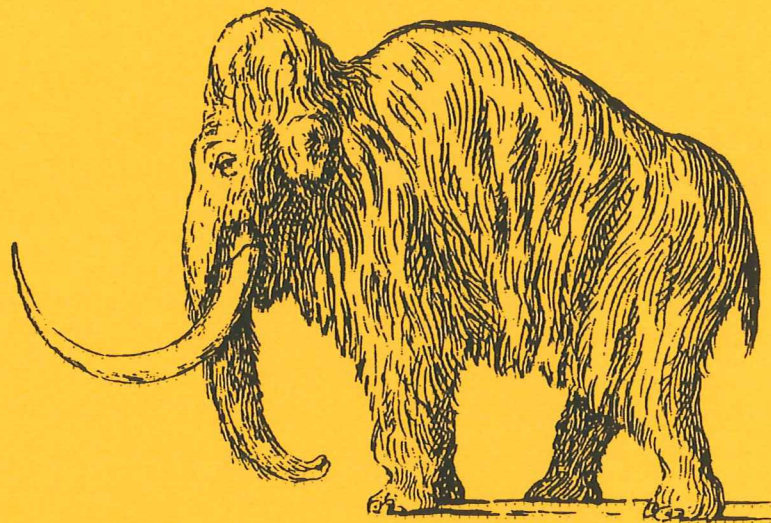


EXAMENSARBETE I GEOLOGI VID LUNDS UNIVERSITET

Kvartärgeologi

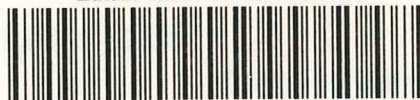
LUNDS UNIVERSITET
GEOBIBLIOTEKET
PERIODICA



**Distributionen av kadmium i moränmark
kring St. Olof, SÖ Skåne**

Anna-Karin Modin

Lunds univ. Geobiblioteket



15000

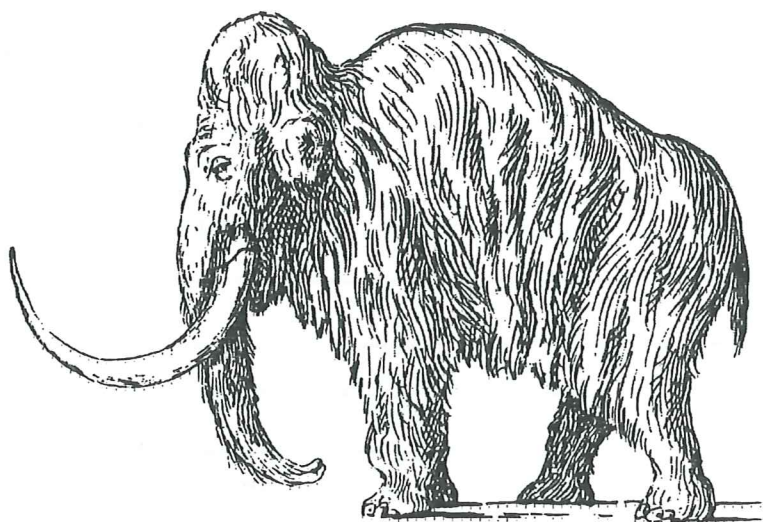
600955234

**Examensarbete, 20 p
Distributionen, Lunds Universitet**

Nr 98

EXAMENSARBETE I GEOLOGI VID LUNDS UNIVERSITET

Kvartärgeologi



**Distributionen av kadmium i moränmark
kring St. Olof, SÖ Skåne**

Anna-Karin Modin

Innehåll

Abstract.....	1
1 Inledning	2
2 Kadmiumkoncentration i geologiska material.....	3
2.1 Gränsvärden	3
2.2 Kadmiumkoncentration i mineral och bergarter.....	4
3 Undersökningsområdets geologi	5
3.1 Berggrund.....	6
3.2 Kvartära avlagringar.....	7
4 Provtagningsområde	9
4.1 Lokalbeskrivning.....	9
Lokal Stråntebacka (139770/616930).....	10
Lokal Östaröd (139775/616730).....	10
Lokal De dödas lott (139215/617185).....	11
4.2 Kadmiumkällor kring St. Olof.....	11
5 Metoder	13
6 Resultat.....	15
6.1 pH, organisk halt, kornstorleksfördelning	15
6.2 Tungmetallkoncentration	17
6.2.1 Tungmetallhalt i olika kornstorleksklasser.....	17
6.2.2 Tungmetallhalt i olika bergarter	17
6.3 Bergartssammansättning	20
6.4 Silikatanalys	23
7 Diskussion.....	24
7.1 Mobilisering och retention av kadmium	24
7.2 Kornstorleksfördelning och tungmetallhalt.....	26
7.3 Litologi och tungmetallhalt	28
8 Slutsatser	31
Tackord	31
Referenser	32
Appendix	

Distribution of cadmium in till around the village of St. Olof, SE Scania

ANNA-KARIN MODIN

Modin, A-K. 1998: Distribution of cadmium in till around the village of St. Olof, SE Scania. Examensarbeten vid Lunds Universitet - Kvartergeologi, nr 98. 33 pp.

Anna-Karin Modin, Department of Quaternary Geology, Lund University, Sölvegatan 13. S-223 62 Lund, Sweden.

High concentrations of cadmium have been found in soils, groundwater and vegetation around the village of St. Olof, SE Scania, southern Sweden. Variations in the cadmium concentrations are interpreted as influenced by local geology. A thin basal melt-out till dominated by local bedrock covers the area. Three sites were sampled and the till was analysed regarding pH, organic carbon, grain size distribution, lithological composition and concentrations of base cations, cadmium and zinc. Surface enrichment of cadmium in the soil profiles indicates that atmospheric deposition of cadmium is contributing to the till concentrations. Increasing cadmium concentrations with depth in one of the

soil profiles indicates a cadmium source in the geological material. The lithological composition of the till seems to be of major importance to the cadmium content of the coarser material, whereas adsorption is an important mechanism influencing the cadmium content of the fine grain material. Alum shale fragments in the till was found to contain about ten times higher cadmium concentrations than fragments of other rock types. Indications of cadmium and zinc co-varying in fine grain material as well as in the different rock types in the till lead to the conclusion that one geological source could be causing the high concentrations of these elements.

1 Inledning

Antropogena utsläpp har lett till att halterna av toxiska tungmetaller i naturen under de senaste decennierna ökat. Miljö- och hälsoproblem relaterade till denna koncentrationsökning har efterhand också uppmärksammats allt mer. De flesta tungmetaller förekommer naturligt endast i låga halter och många av dem saknar biologisk funktion, vilket gör att de inte kan brytas ner av organismerna utan anrikas i ekosystemens näringskedjor. I flera av de miljömål som Sveriges riksdag formulerat betonas att den storskaliga ackumuleringen av metaller i mark, vatten och biomassa inte får öka och Sverige har i ett antal internationella konventioner förbundit sig att minska både användning och utsläpp av tungmetaller som kadmium, bly och kvicksilver (Notter 1993).

Höga halter kadmium i naturen är oroande ur hälsosynpunkt eftersom ämnet lagras i lever och njurar (Friberg *et al.* 1990). Kadmium tillförs naturen från ett flertal antropogena aktiviteter: lakvatten från avfallsdeponier, läckage från slagghögar vid utvinning av sulfidmalmer, genom användning av fosforitbaserade gödningsmedel med en hög kadmiumhalt samt genom atmosfäriska utsläpp. Tungmetallanalyser av mossor från olika delar av Sverige har visat att den största atmosfäriska depositionen av kadmium sker i Skåne (Rühling *et al.* 1996). Ett flertal undersökningar av miljösituationen i Skåne har resulterat i att man upptäckt förhöjda kadmiumkoncentrationer både i mark, vatten och biota. En kartläggning av kadmiumkoncentrationerna i skånskt höstvede visade alarmerande höga halter (Eriksson *et al.* 1995). Det finns en klar risk för att det gränsvärde på 100 µg Cd/kg spannmål som rekommenderas av FAO överskrids inom flera områden i Skåne. Förhöjda halter kadmium upptäcktes i samband med SGU:s biogeokemiska kartering 1987 i ett nordvästligt-sydostligt stråk genom Skåne (Ressar *et al.* 1987). Med anledning av detta initierade SGU 1993 en undersökning som syftade till att söka orsaken till de höga kadmiumkoncentrationerna. Den huvudsakliga förklaringen torde, enligt den resulterande rapporten, kunna hänföras till de naturliga geologiska förhållandena i området. Kornfält *et al.* (1996) konstaterar att ett samband föreligger mellan den kambriska sandstenens utbredning och höga kadmiumhalter i både bäckvattenväxter och morän. Moränens bergartssammansättning visade sig vara en avgörande faktor för kadmiumhalter i mineraljord också i en norsk undersökning där man fann en stark korrelation mellan mineraljordens kadmiumkoncentration och dess alunskifferhalt (Esser 1996).

Bakgrundshalterna av tungmetaller i mark och vatten styrs huvudsakligen av det geologiska materialets kemiska sammansättning och de vittringsprocesser som frigör metallerna. Det är viktigt att öka kunskapen om de naturliga bakgrundshalterna för att kunna avgöra vilken antropogen belastning som riskerar att orsaka allvarliga miljöskador.

Detta arbete består i en undersökning av kadmiumhalten i morän och fokuseras på ett område kring Sankt Olof på Österlen i sydöstra Skåne som uppvisat alarmerande höga halter kadmium i mark och grundvatten.

Syftet med undersökningen är att:

- Undersöka om den variation i kadmiumkoncentration som uppmätts i yt- och grundvatten samt i bäckvattenväxter i området kan korreleras till en variation i moränens kadmiumhalt.
- Undersöka hur kadmiumkoncentrationen varierar med djupet i den jordmånsprofil som utbildats i moränen.
- Studera relationen mellan kornstorleksmässiga, litologiska och andra kemisk-fysikaliska egenskaper hos moränen och dess kadmiuminnehåll.

2 Kadmiumpkoncentration i geologiska material

2.1 Gränsvärden

Kadmiumpkoncentrationer i bäckvattenväxter som överstiger 0,0172 ppm (17,2 ppb) har vid SGU:s biogeokemiska kartläggning av tungmetaller klassats som höga (Fig. 1; Fredén 1994).

Gränsvärden för kadmiump i dricksvatten är hälsomässigt grundade och fastställda av Statens Livsmedelsverk (1993) till följande;
Tjänligt med anmärkning: 0.001 ppm (1.0 ppb).
Otjänligt: 0.005 ppm (5.0 ppb).

Vid långvarig exponering för en koncentration på 0.005 ppm finns risk för kroniska hälsoeffekter. Vatten som klassats som otjänligt bör enligt Livsmedelsverket inte användas till vare sig dryck eller livsmedelshandling.

Inom jordbruket används slam från reningsverk som gödningsmedel. Den maximalt tillåtna mängden kadmiump i slam som används på åkermark är 2,0 ppm (Eriksson *et al.* 1995).

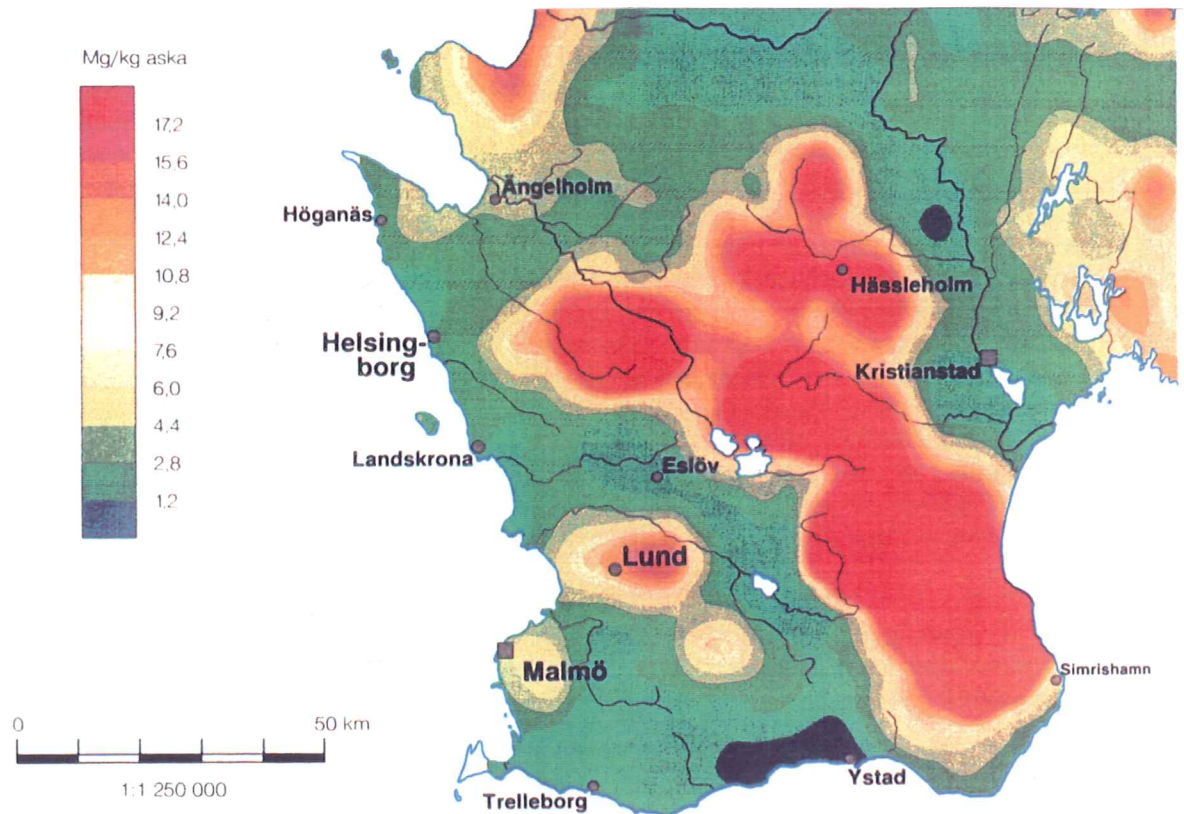


Fig. 1. Biogeokemisk karta som visar kadmiumpkoncentrationerna i bäckvattenväxter i Skåne (Fredén 1994).

2.2 Kadmiumkoncentration i mineral och bergarter

Kadmium är ett ovanligt grundämne i jordskorpan och den genomsnittliga koncentrationen beräknas vara runt 0.098 ppm (Heinrichs *et al.* 1980). Rena kadmiummineral förekommer sparsamt. Det vanligaste kadmiummineralet är greenockit, CdS. Andra kadmiumsulfider är de än mer ovanliga mineralen hawleyit, en polymorf till greenockit, och saukevit (Hg,Cd)S. Övriga ovanliga kadmium mineral är cadmoselit CdSe, monteponit CdO och oktavit CdCO₃ (Fergusson 1990).

På grund av stora kemiska likheter förekommer zink och kadmium ofta tillsammans i zinksulfider (ZnS) såsom de polymorfa mineralen zinkblände och wurtsit. Zinkblände (sphalerit) är det vanligaste zinkmineralet och förekommer ofta tillsammans med blyglans i hydrotermala gångar. Wurtsit förekommer också i sulfidmalmer men är betydligt mer ovanligt. Zinkblände är det vanligt förekommande mineral som innehåller högst kadmiumkoncentrationer (Alloway 1990; Heinrichs *et al.* 1980; Kornfält *et al.* 1996; Nilsson 1979). I studier av elementfördelningen i zinkblände från ett flertal svenska fyndorter framkom att kadmium anrikas i utomordentligt hög grad (Gabrielsson 1946). Förekomsten av zinkblände i berggrunden torde således även kunna medföra en risk för förhöjd kadmiumhalt. Kornfält *et al.* (1996) observerade att den kambriska sandstenen på Österlen ställvis är impregnerad av zinkblände. Mellan kvartskornen finns korn av zinkblände och

även blyglanskorn med inslag av zink förekommer. Det har emellertid inte kunnat fastställas huruvida detta är ett genomgående drag hos den kambriska sandstenen på Österlen (Kornfält *et al.* 1996).

I graniter och gnejser finns kadmium i biotit, klorit och pyroxen då kadmium jonen föredrar de 6-koordinerade positionerna som normalt upptas av Fe och Mg (Heinrichs *et al.* 1980). Trots att kadmium och kalcium har nästan lika stor jonradie (Ca 0.099 nm och Cd 0.097 nm; Stark & Wallace 1982), och lika stor laddning (2+) substituerar kadmium inte kalcium i silikater eller apatit. Däremot kan kadmium finnas i sedimentära karbonater på grund av att metallen anrikats i foraminiferskal (Heinrichs *et al.* 1980).

I ett flertal undersökningar av kadmiumkoncentrationen i olika bergarter och mineral har man dragit slutsatsen att skiffer av typen alunskiffer samt fosforiter innehåller de högsta kadmiumhalterna (Tab. 1). Gong *et al.* (1977) menar att kadmium anrikas i svarta skiffer genom adsorption och/eller komplexbindning till det organiska materialet och eftersom depositions-förhållandena är reducerande bildas kadmiumsulfider under och efter depositionen. Detta resonemang styrks av Heinrichs *et al.* (1980) som konstaterar att kadmium i svarta skiffer föreligger bundet som sulfider snarare än bundet till det organiska materialet. Kadmium i fosforiter föreligger troligen också som sulfider då fosforiter bildas under liknande förhållanden som alunskiffer med deposition av organiskt material i en reducerande marin miljö (Leeder 1982).

Tab. 1. Globala genomsnittshalter (ppm) för kadmium i bergarter och mineral respektive kadmiumkoncentrationen i bergarter från sydöstra Skåne. Data från: Alloway (1990); Heinrichs *et al.* (1980); Kornfält *et al.* (1996); Nilsson (1979).

Bergarter och mineral	Kadmiumhalt (ppm) Hela Världen	Kadmiumhalt (ppm) SÖ Skåne
<i>Magmatiska bergarter</i>		
Graniter	0.01 - 1.60	-
Basalter	0.01 - 0.60	-
<i>Metamorfa bergarter</i>		
Gnejser	0.007 - 0.260	-
Skiffer	0.005 - 0.870	-
<i>Sedimentära bergarter</i>		
Svarta skiffer inklusive alunskiffer	0.30 - 219	0.20 - 62
Lerskiffer	0.017 - 11	0.050 - 0.20
Siltstenar	0.030 - 0.10	-
Sandstenar	0.019 - 0.40	0.10 - 11.7
Kalkstenar	0.007 - 12	0.030 - 0.070
Fosforiter	0.10 - 980	0.10
Zinkblände (ZnS)	2000 - 4000	4820

3 Undersökningsområdets geologi

Provtagningsområdet ligger kring Sankt Olof på Österlen i sydöstra delen av Skåne (Fig. 2).

Tre lokaler valdes för analys av moränen; Stråntebacka, Östaröd och De dödas lott.

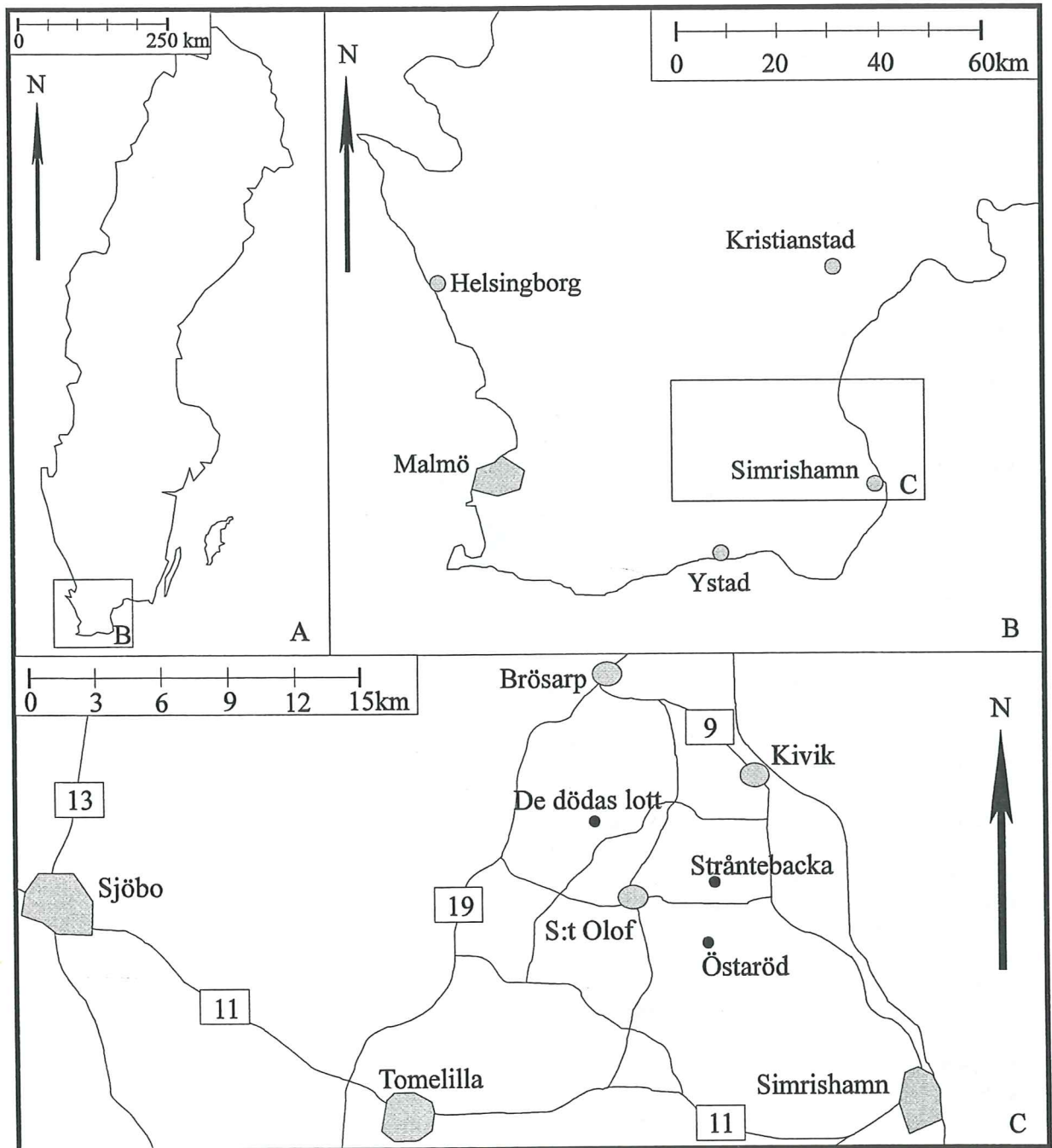


Fig. 2. Kartor som visar provtagningsområdets lokalisering i Sverige (A) respektive Skåne (B). Provtagningspunkterna Stråntebacka, Östaröd och De dödas lott är utmärkta på karta C.

3.1 Berggrund

Den äldsta berggrunden på Österlen utgörs av prekambriiska bergarter som till största delen består av ljusröda till ljusgrå, ofta finkorniga gnejser tillhörande kustgnejserna i Blekinge. Man tror även att yngre granitoider av Smålands- respektive Karlshamn-Spinkamåla typerna underlagrar delar av Skåne. Dessa bergarter har daterats till mellan 1360 och 2000 Ma. De kristallina bergarterna återfinns främst i de nordöstra delarna av Österlen men även utanför detta område finns ett antal små områden där block av urberg höjts ovanför den omgivande sedimentära berggrunden (Fig. 3; Bergström & Shaikh 1980).

De äldsta sedimentära bergarterna på Österlen är bildade under kambrium. Underst i lagerföljden finns en rödaktig arkos. Fältspathalten minskar snabbt uppåt i sekvensen och bergarten övergår i nästan vit sandsten, Hardebergasandstenen. I sandstenen finns horisonter som är grönfärgade av glaukonit och man har även funnit en mörk sandsten med fosforit. Den kvartsitiska kambriska sandstenen överlagras av en gråaktig, oren och ibland lite kalkhaltig sandsten, Olenellussandstenen, som dessutom delvis är glaukonit- och fosforitförande. Ovanpå den underkambriska sandstenen följer alunskiffer som började avsättas under senare hälften av kambrium och in i tidig ordovicium. Dess maximala mäktighet uppgår till 95 meter. Alunskiffersekvensen domineras av svarta skiffer med upp till 15% organiskt material. Efter avsättning begravdes alunskiffern djupt. Kombinationen av högt tryck och värme p.g.a. intrusionen av en permisk gångvärm har resulterat i en generell förkolning av det organiska materialet till en semiantrasitisk grad (Andersson *et al.* 1985). Bergarten innehåller tungmetaller som uran, vanadin, molybden, nickel och kadmium. Ordoviciska och siluriska bergarter utgörs främst av ljusa lerskiffer. De s.k. nordvästdiabaserna trängde upp under permo-karbonsk tid, för ca 280 miljoner år sedan. Det finns två typer av diabaser i området en äldre kvartsdiasbas som kallas Kongadiabas och en yngre olivindiabas som kallas Övedsdiabas.

Den naturliga lagerföljden är avbruten av förkastningar som generellt stryker i nordväst-sydostlig riktning och parallellt med dessa förkastningslinjer finns diabasgångar som genomslår de sedimentära lagren. Förkastningarna åtföljs inte bara av diabasgångar utan även i stor utsträckning av brecciebildningar där huvudmassan ofta utgörs av kvarts, kalcit och flusspat. Breccian innehåller dessutom på ett flertal ställen skiffer men sprickorna smalnar av uppåt och tränger inte upp i alunskifferhorisonten. Flusspat förekommer på flera ställen i så höga halter att det brutits kommersiellt. Brecciorna

innehåller även blyglans och andra sulfider såsom zinkblände och svavelkis. Dessa mineraliseringar förekommer inte bara i samband med de dominerande förkastningarna i nordväst-sydostlig riktning utan lokaliseras ofta längs med förgreningar och sekundära förkastningar. I några av gångarna har man funnit diabasfragment i breccian och mineraliseringen är således yngre än diabasen (Johansson & Rickard 1982). Mineraliseringarna bildades troligen under perm då saltlösningar i berggrunden kan ha börjat röra sig på grund av de höga termala gradienter som utbildades genom den begynnande gravsänkebildningen i området. Den då plastiska alunskiffern påverkades inte av förkastningarna. Lösningarna vandrade in i förkastningszonerna där de blev inneslutna under alunskiffern. Lösningen kristalliserades i dessa förkastningszoner och även i sprickor i den kambriska sandstenen.

På Österlen finns flera fyndigheter av zinkblände som i detta område innehåller mycket varierande och ibland höga halter kadmium, som mest 1.62 viktsprocent (Johansson 1983). De högsta halterna kadmium finns där zinkblände och blyglans förekommer tillsammans. Ett par kilometer söder och sydost om Sankt Olof bröts tidigare fyndigheter i form av sprickfyllnader i den kambriska sandstenen. Mineral som förekommer är blyglans, svavelkis, kvarts och zinkblände.

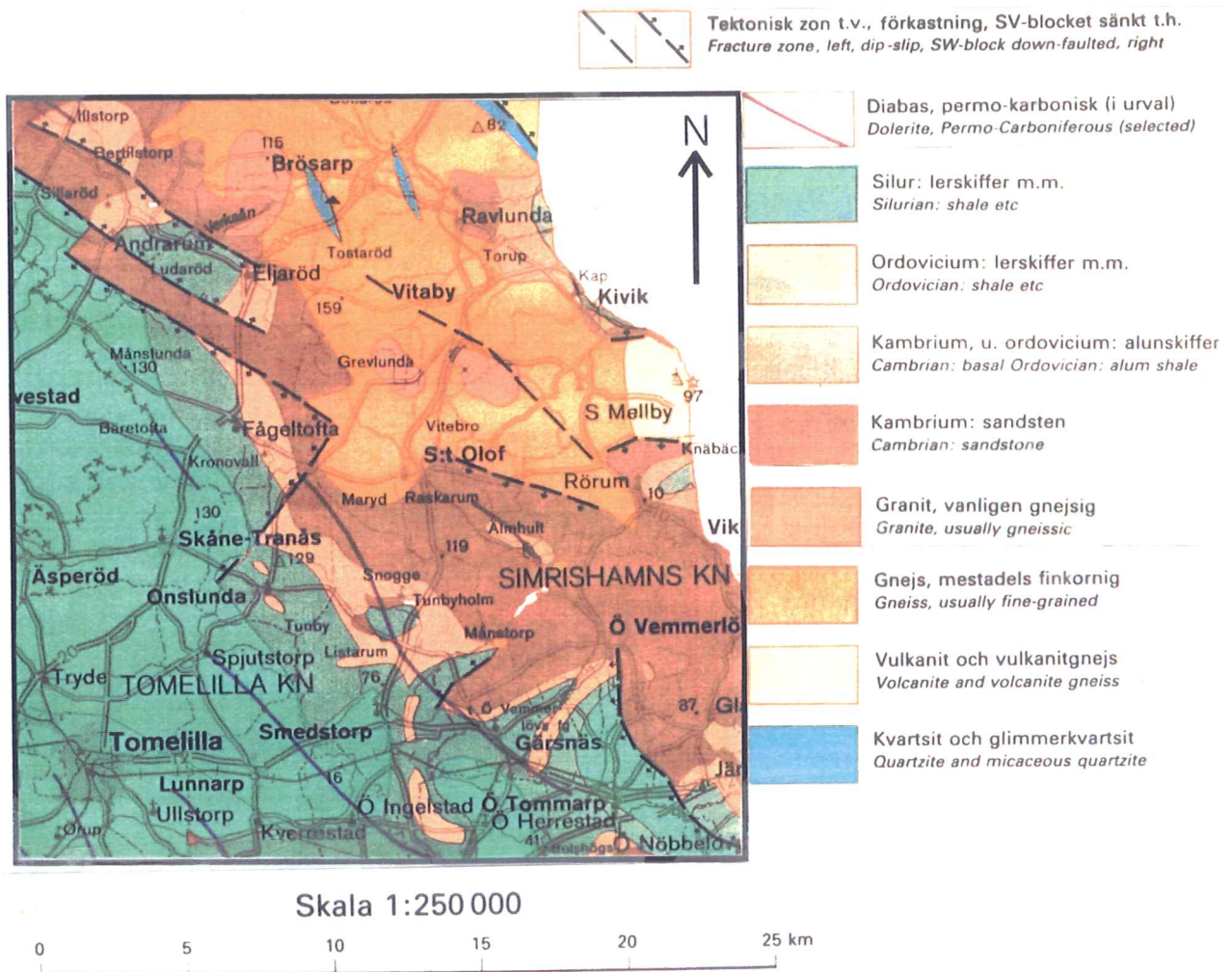


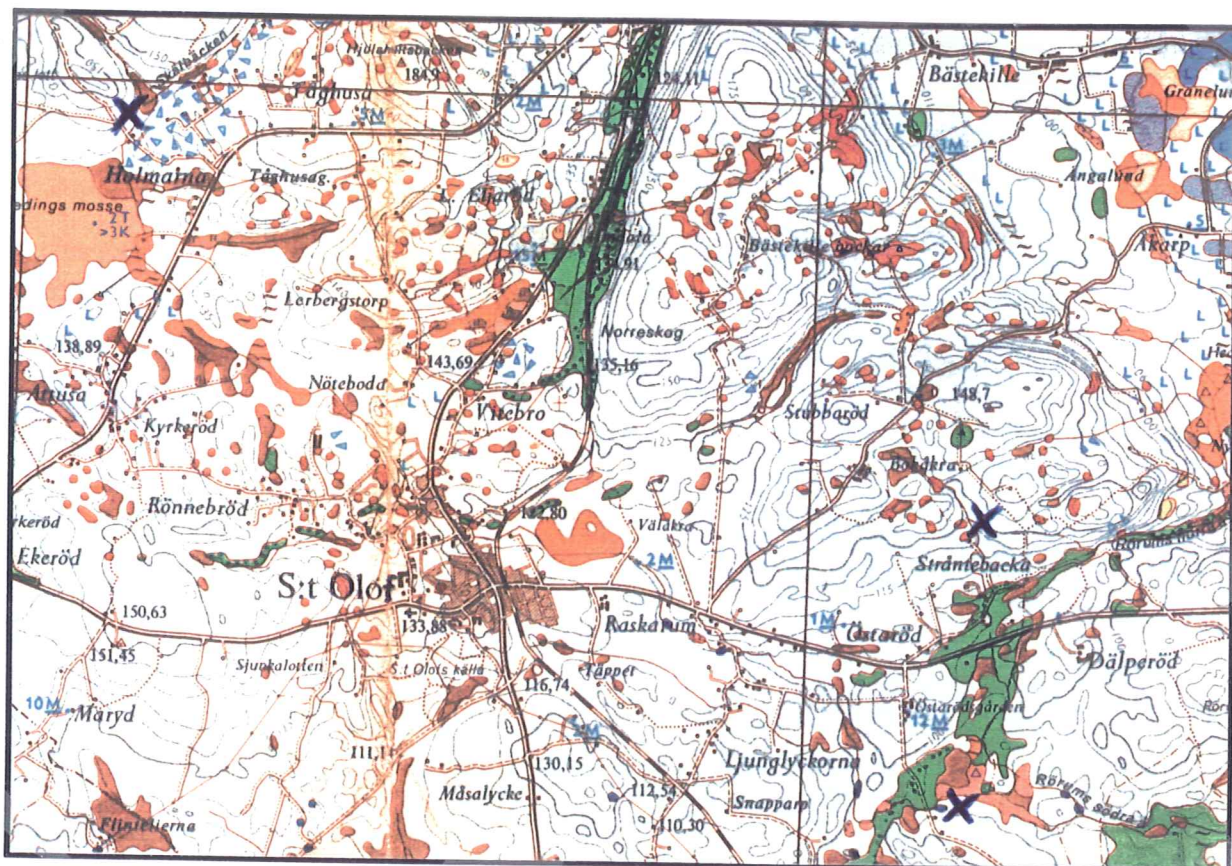
Fig. 3. Berggrundskarta över delar av Österlen (Bergström & Shaikh 1980).

3.2 Kvartära avlagringar

Ett flertal olika moräntyper förekommer på Österlen och de flesta moräner har klassats som lokalmoräner. Jordtäcket är tunt inom mycket stora delar av området vilket leder till att moränens ytformer oftast beror på den underliggande berggrundens morfologi. Berggrunden är mycket skiftande och det finns därför stora variationer i moränens kornstorleks- och bergartssammansättning (Daniel 1986). Sandig-moig morän är den vanligaste moräntypen på Österlen och finns framförallt i områden med urbergs- och sandstensberggrund (Fig. 4; Daniel 1986). I urbergsområden finns en grov lerfri, närmast grusig-sandig morän som ofta innehåller en hög halt kantiga stenar, vilket tyder på att moränen är korttransporterad. Vanligtvis har de

lerfria moränerna en normalblockig yta, men mindre områden med blockrik morän finns i områden med urbergs- och sandstensberggrund. Större delen av urbergs- och sandstensmoränen är normalblockig.

Kring Sankt Olof är glacifluviala avlagringar på flera ställen avsatta i motlut, något som indikerar en aktiv avsmältning (Åmark 1984). Isrörelseriktningarna i området är från NNO till NO samt ONO till O. Den dominerande deglaciationsriktningen i södra Sverige är NNO-NO och den ONO-O är en regional isrörelseriktning i Skåne. Denna regionala isrörelseriktning uppstod under en fas av glaciationen då det fanns en marginaldom i Baltiska sänkan sydväst och söder om Skåne (Lagerlund 1987). När denna dom kollapsade kom isrörelserna att återigen spegla den storskaliga deglaciationsriktningen NNO-NO.



Maktighetsuppgifter i meter
Thickness in metres of Quaternary deposits

- . 2T Torv
Peat
- . 3M Understruken uppgift innebär att borrhningen nått berggrunden
Underlining means that the boring has reached the bedrock

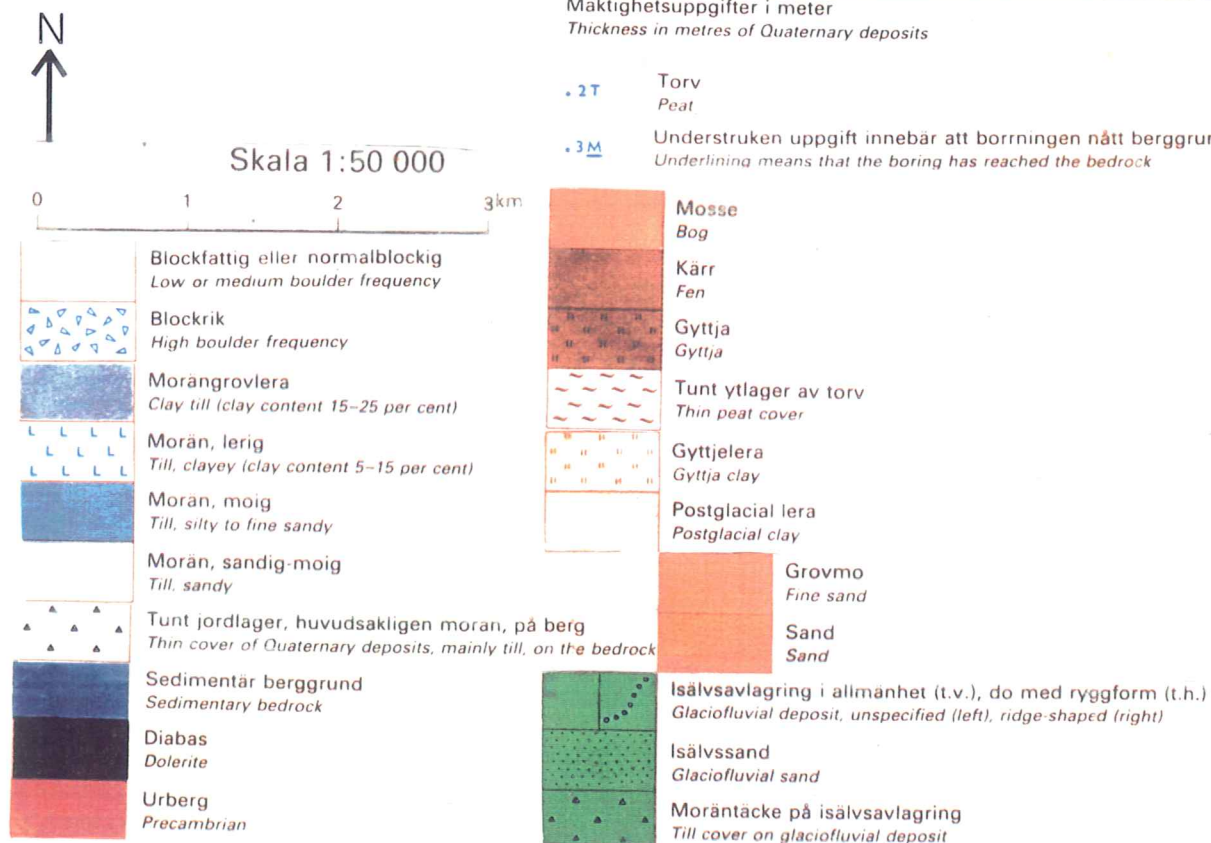


Fig. 4. Jordartskarta över provtagningsområdet kring St. Olof (Daniel 1986). Provtagningspunkterna är markerade med kryss.

4 Provtagningsområde

4.1 Lokalbeskrivning

Tre lokaler belägna kring Sankt Olof inom dräneringsområdet för Rörums södra å valdes för undersökningen (Fig. 4 och 5). Som underlag för valet av lokal användes ett flertal opublicerade kartläggningar av områdets yt- och grundvattenkvalitet utförda av Länsstyrelsen i Kristianstad län, SGU och ett flertal kommuner. Området runt Sankt Olof ligger på ca. 100-175 m.ö.h. Norr om samhället finns ett höjdområde och vattendragen rinner åt sydöst (Fig. 5). Nordost om samhället utgörs berggrunden av gnejs medan den i sydväst består av kambrisk sandsten, alunskiffer och lerskiffer (Fig. 3 och 4).

Moränens ytformer speglar i huvudsak den lokala berggrundens topografi och jorddjupet i området är sällan större än 10 meter (Fig. 4), något som enligt Åmark (1987) generellt innebär ett stort inslag av lokal berggrund i moränen.

Provtagningslokalerna lades så att den underliggande berggrunden skulle bestå dels av gnejs, dels av sedimentära bergarter. Syftet med denna lokalisering var att undersöka om bergartsammansättningen i moränen speglar berggrunden och om moränens kadmiumkoncentration speglar dess bergarters kadmiumhalt.

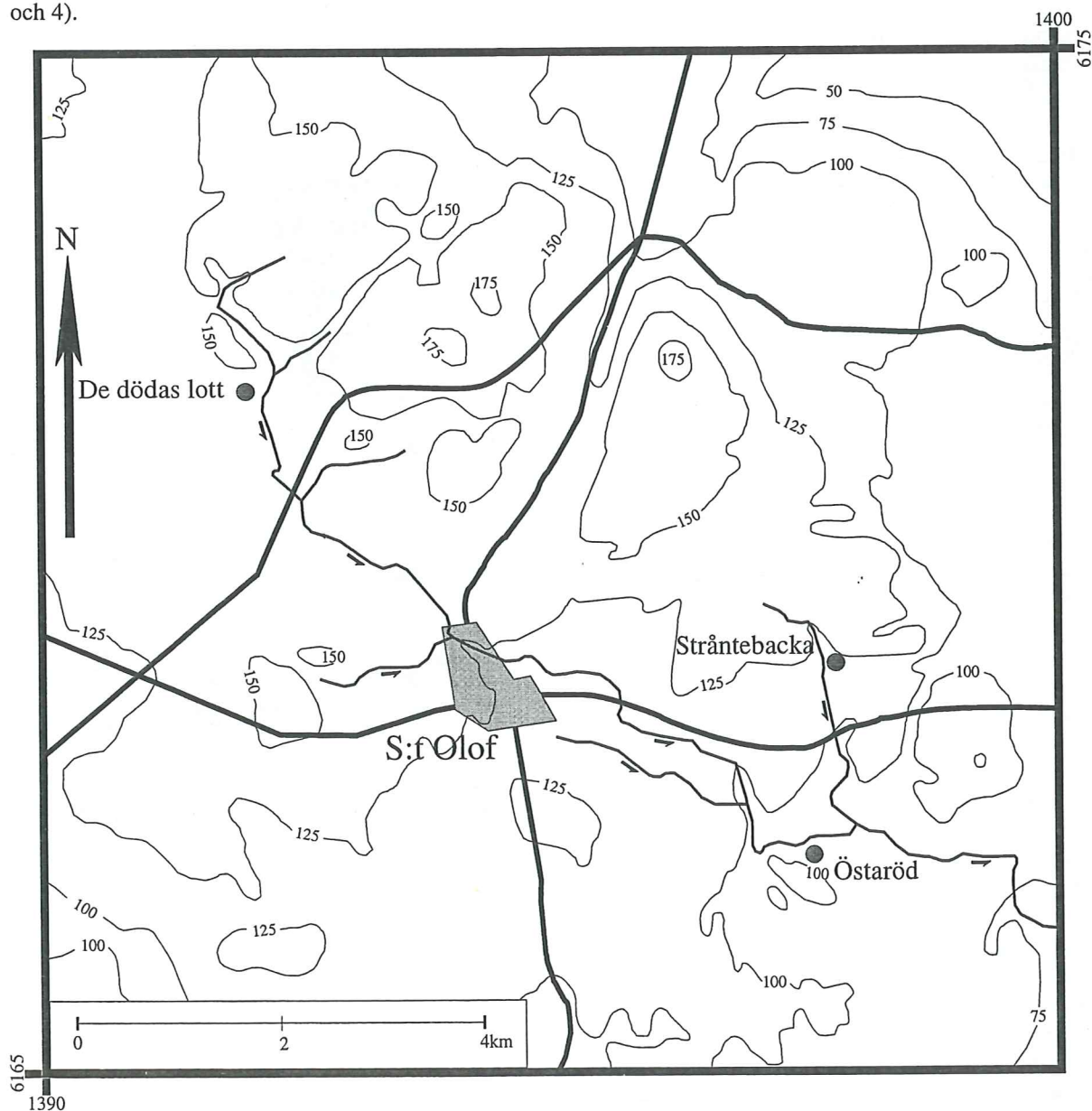


Fig. 5. Topografisk karta över provtagningsområdet med provtagningspunkterna utmärkta.

Lokal Stråntebacka (139770/616930)

Stråntebacka ligger vid en liten bäck ca. 120 m.ö.h. När Länsstyrelsen i Kristianstad 1993 inventerade vattenkvaliteten i bäcken uppmättes en så hög kadmiumkoncentration (5.7 ppb; opublicerat material) att bäckvattnet skulle klassas som otjänligt för användning som dricksvatten. Moränprovtagningpunkten lades i en sluttning ned mot bäcken strax uppströms vattenprovtagningpunkten. Troligen är den lilla höjden berggrundsbedingad eftersom berggrunden, som är gnejs, ligger ytligt och finns blottad på flera ställen i närheten. Block i stengårdsgårdar intill provpunkten består uteslutande av gnejs. Vegetationen på provtagningsplatsen består av planterad granskog med enstaka inslag av bok. Trädens ålder bedömdes vara ca. 50 år. Mossvegetationen är ytterst sparsam, marken täcks av gräs, och ingen buskvegetation förekommer.

A-horisonten ligger mellan 3 och 5 cm under markytan (Fig. 6) och en begynnande podsolidering av jordmånen märktes som en anrikning av vita kvartskorn i den annars mörkt grå jorden. I jordmånsprofilen är emellertid endast B-horisonten välutvecklad. Den sträcker sig ner till 80-85 cm djup där C-horisonten tar vid. Moränen är homogen och block saknas. Stenhalten är relativt låg med enstaka stenar spridda i den sandiga moränen. De stenar som bergartsbestämdes i fält var alla gnejs.

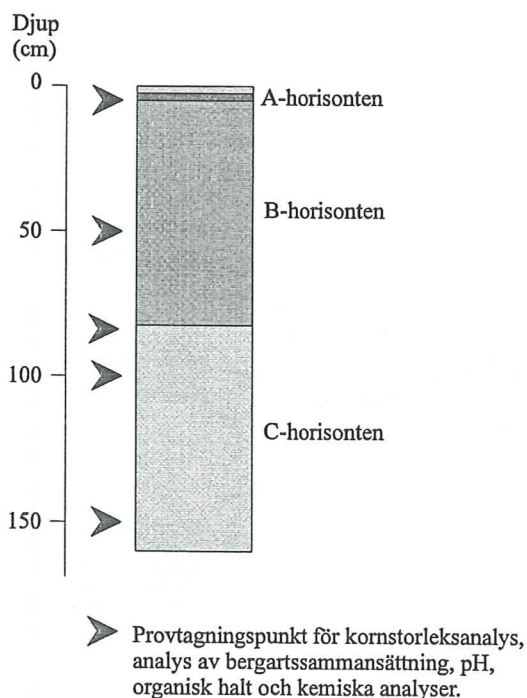


Fig. 6. Jordmånsprofil i moränen på Stråntebacka med provtagningspunkter för litologiska och geokemiska analyser.

Lokal Östaröd (139775/616730)

Östaröd ligger ungefär 2 kilometer söder om lokalen Stråntebacka på ca. 100 m.ö.h. Lokalen valdes eftersom kvartsitisk sandsten ligger blottad i närheten och det finns rikligt med sandstensblock i ytan. Ett par hundra meter sydöst om provtagningspunkten gjorde SGU en biogeokemisk kadmiumanalys och värdet var anmärkningsvärt högt, 3.45 ppb (opublicerat material). Provtagningspunkten lades på en kulle då området i lågpunkterna är relativt sankt. Vegetationen utgörs av självföryngrad 60-80 år gammal bokskog.

Jordmånsprofilen (Fig. 7) liknade mycket den på lokalen Stråntebacka med en svag podsolidering i A-horisonten, en relativt väl utvecklad B-horisont som sträcker sig ner till 80-85 cm djup där materialet övergår i "opåverkad" mineraljord. Den sandiga moränen är mer stenig än i Stråntebacka och eftersom klastren är kantiga bedömdes moränen vara mycket korttransporterad.

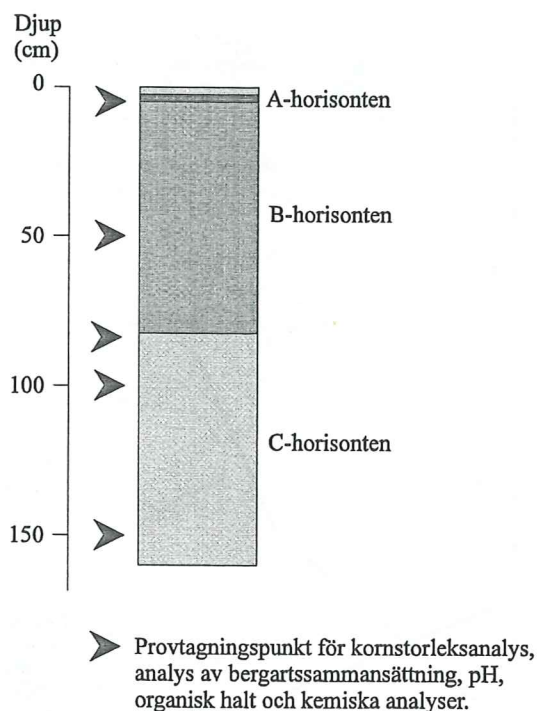


Fig. 7. Jordmånsprofil i moränen på Östaröd med provtagningspunkter för litologiska och geokemiska analyser.

Lokal De dödas lott (139215/617185)

Lokalen De dödas lott ligger ungefär 6,5 kilometer nordväst om Stråntebacka på ca. 140 m.ö.h. Provtagningspunkten lades i slutningen ner mot en bäck där SGU 1987 gjorde en biogeokemisk provtagning för tungmetallanalys. Kadmiumhalten i bäckvattenväxterna på platsen var 1.66 ppb (opublicerat material). Vegetationen utgörs av tät ca. 50 år gammal planterad granskog, buskvegetation saknas och marken täcks av mossa och gräs.

Jordmånsprofilen (Fig. 8) är snarlik de på Stråntebacka och Östaröd fränsett att gränsen mellan B- och C-horisonterna ligger på 50 cm djup och således ytligare än på de övriga två lokalerna. Området är generellt relativt blockrikt och ett hundratal meter från provtagningspunkten är moränen storblockig. Moränen bedömdes vara siltigare än de övriga två provtagningslokalerna och stenhalten var relativt låg.

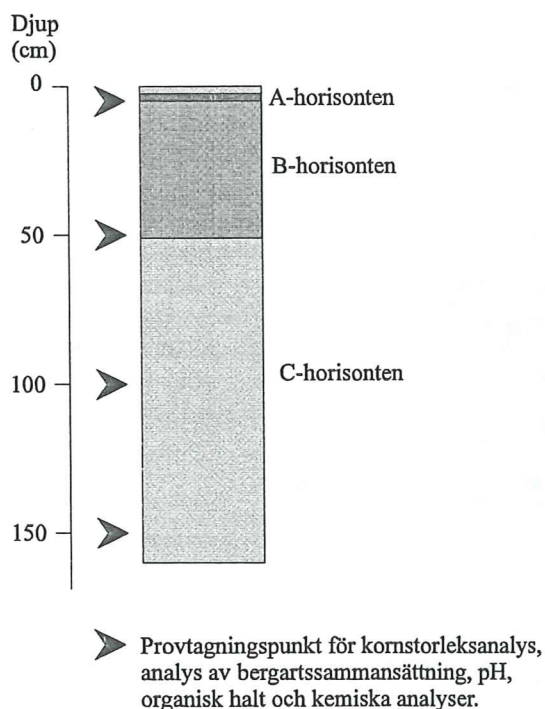


Fig. 8. Jordmånsprofil i moränen på De dödas lott med provtagningspunkter för litologiska och geokemiska analyser.

4.2 Kadmiumkällor kring St. Olof

De kadmiumhalter som uppmätts på Österlen är oroande inte minst eftersom de åar som rinner igenom detta område alla mynnar i Östersjön som redan idag är kraftigt belastad av tungmetaller. Länsstyrelsen i Kristianstad län kartlade 1994 de tio åar som rinner genom länet och förhöjda halter kadmium uppmättes i ytvattnet på ett flertal ställen (Lindström 1995). I samband med kartläggningen undersöktes även de reningsverk som har någon av åarna som recipient. Slammet från reningsverket i Sankt Olof uppvisar så höga kadmiumkoncentrationer att en deponering är nödvändig, då gränsvärdet för användning av slammet som gödningsmedel inom jordbruket överskrids. En separat utredning utfördes av Nilsson & Johansson (1994) som drog slutsatsen att orsaken till de höga kadmiumkoncentrationerna i Sankt Olof verkar vara en naturligt hög halt kadmium i berggrund och jordlager i området.

Den atmosfäriska kadmiumdepositionen är relativt hög i området (0.3-0.4 µg Cd /g mossa: Rühling *et al.* 1996). Antropogen tillförsel av kadmium kan också ske genom vittring och utlakning av sulfider i de slagghögar som deponerats i samband med utvinning av flusspat sydväst och söder om Sankt Olof. Gruvhålen ligger emellertid inte inom samma lokala avrinningsområde som någon av lokalerna och det är därför inte troligt att halterna på provtagningslokalerna skulle ha påverkats av lakvatten från eventuella slagghögar.

En annan antropogen källa till kadmium i naturen är avfallsdeponier. Det finns en avfallsanläggning, Måsalücke, söder om provtagningsområdet men det är inte troligt att lakvatten från deponin skulle inverka på kadmiumhalten på någon av lokalerna. Deponin påverkar främst grundvattnet söder om anläggningen och analyser av lakvattenkvaliteten 1996 visade dessutom relativt låga kadmiumkoncentrationer (VBB VIAC 1996, opublicerat material).

En undersökning av kadmiumhalten i enskilda vattentäkter i Simrishamn och Tomelilla kommuner utfördes 1994, då vatten ur både grävda och bergbore brunnar analyserades. I figur 9 redovisas dessa mätdata tillsammans med data från en grundvattenundersökning gjord av SGU 1988 (opublicerat material). Vattnet i 2 borrhå och 9 grävda brunnar har kadmiumhalter som överskrider 1.0 ppb och klassas således som tjänligt med anmärkning. I närheten av provtagningspunkterna finns tre grävda brunnar och en borrhå med kadmiumhalter över 1.0 ppb samt tre grävda och två borrhå med 0.5-1.0 ppb i vattnet.

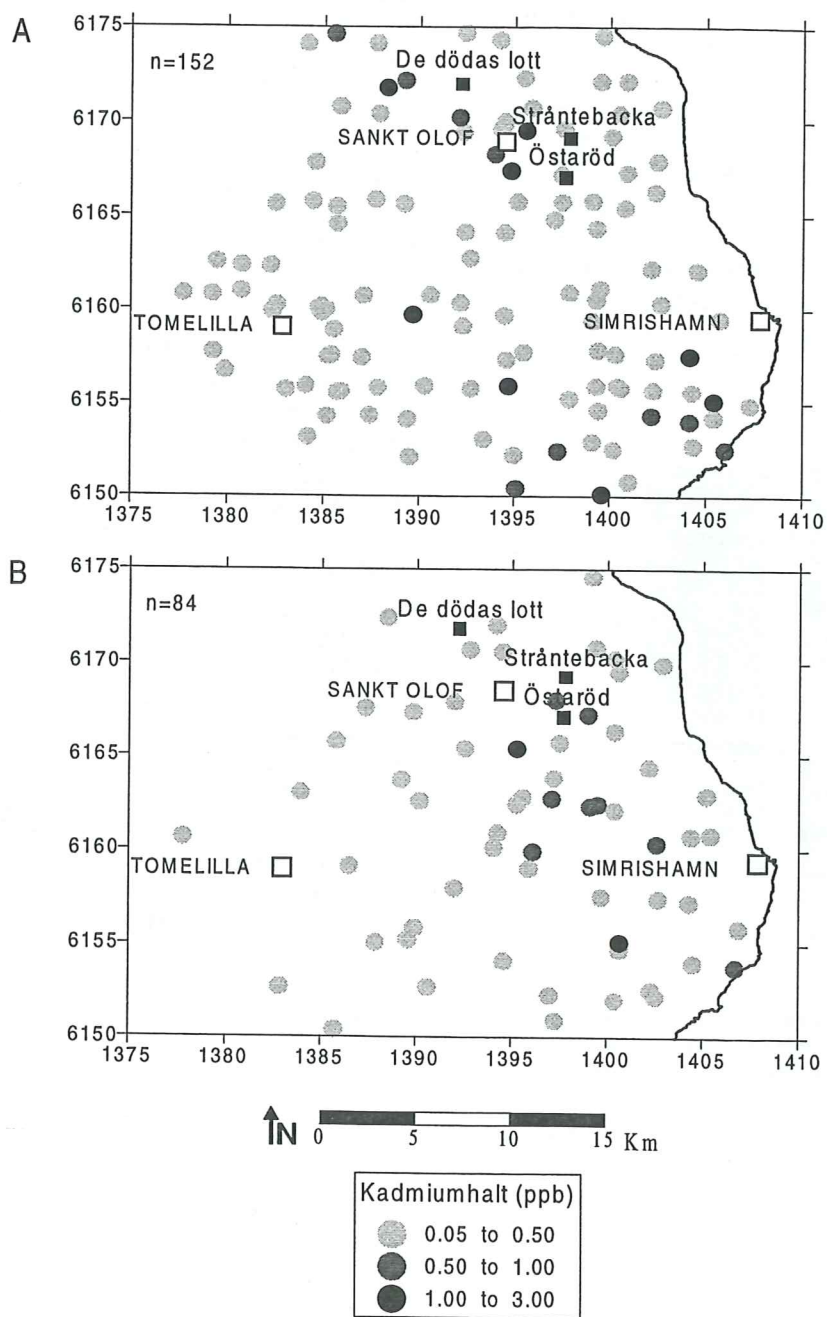


Fig. 9. Kadmiumhalter i grävda (A) respektive borrhade (B) brunnar i SÖ Skåne (opublicerat material)

5 Metoder

Provtagning

En 150 cm djup provtagningsgrop grävdes i moränen med hjälp av en spade av rostfritt stål. Moränprover för pH-mätning, kornstorleksanalys, analys av bergartssammansättning och kemiska analyser togs på fyra nivåer i profilen; i A-horisonten, i B-horisonten på 50 cm djup, i övergången mellan B-och C-horisonten samt i C-horisonten (Fig. 6 och 7). På lokalen De dödas lott provtogs emellertid endast fyra nivåer på grund av att B/C-horisontgränsen låg på 50 cm djup (Fig. 8). Jordproven förvarades i plastpåsar.

Bestämning av pH

Bestämning av pH i markextrakt gjordes enligt Balsberg-Påhlsson (1990). Två moränprover från varje provtagningsnivå analyserades med avseende på pH, dels med destillerat vatten och dels med 0,2 M kaliumkloridlösning som extraktionsvätska. Viktsproportionen prov:vätska var 1:3.3 för prover från A-horisonten och 1:2 för prov från nivåer djupare ner.

Kornstorleksanalys

Kornstorleksanalys av moränerna utfördes enligt Talme & Almén (1975). Grus- och sandfraktionerna (22.4-0.06 mm) bestämdes med hjälp av siktanalys medan silt- och lerfraktionerna (<0.06 mm) bestämdes med hjälp av hydrometeranalys.

Kolanalys

För att bestämma halten organiskt- respektive oorganiskt kol användes en kolanalysator, LECO RC-412 Multiphase Carbon Determinator. Proven som först torkats i 105°C över natten vägdes in med en provmängd 0.20-0.35 g och förbrändes under oxiderande förhållanden i analysatorugnen. Koldioxidavgången sker vid olika temperaturer beroende på hur kolet är bundet. De organiska kolföreningarna förbränns mellan 150 och 550°C och karbonatföreningarna mellan 600 och 1000°C. Genom denna uppdelning kan man få en uppfattning om i vilken form kolet föreligger i provet. Det bör noteras att det endast var material mindre än 1 mm som kolanalyserades.

Bergartsanalys

Moränmaterial i 7 kornstorleksklasser räknades och bergartsbestämdes. Identifikation i polarisationsmikroskop på pulverprov gjordes för vissa av de svåridentifierade kornen.

De bergartsklasser som urskiljdes var följande:

Surt urberg
Basiskt urberg
Vitträd bergart
Kambrisk sandsten
Alunskiffer
Lerskiffer, Lersten och Siltsten
Kalksten
Flinta
Övrigt/Osäkra

Till klassen surt urberg räknas gnejs och granit. I de finaste fraktionerna som bergartsbestämdes räknades även rena kvartskorn in i denna grupp. Halten basiskt urberg i moränen var mycket låg på samtliga lokaler. Vitträd bergart, troligen vittrat surt urberg (stort innehåll av kvartskorn och vittrade fältspater), fördes till en egen bergartsklass. Den kambriska sandstenen är en hård kvartsitisk sandsten bestående av kvartskorn, som är 0.1-1.0 mm i diameter. Kornen är kantavrundade och korngränserna är vanligen tydliga. Glaukonitkorn förekommer och är vanliga där kvartskornen förekommer i finsandfraktionen. Den kambriska sandstenen är vit, gulvit eller grönaktigt grå. Den sistnämnda färgen orsakas av glaukonitkornen.

I proven fanns skifferar av varierande färg och textur som lades samman till bergartsklassen lerskiffer/siltsten/lersten. Färgen varierar mellan ljus grå till gråaktigt svart. Den ljusgrå skiffern är ofta siltig medan den mörkare skiffern är finkornigare och ibland svår att skilja från alunskiffer. Den ljusa skiffern har av Åmark (1984) klassats som silurisk medan den mörkare har klassats som ordovisisk. Alunskiffer skiljer sig från den mörka skiffern genom sitt karaktäristiska glänsande streck och alunskiffern är dessutom oftast mörkare. Alunskiffer klassades emellertid som en egen bergartsklass. Kretaceiska bergarter såsom kalkrik sandsten, sandig kalksten och kalksten består av varierande koncentration kvartskorn, makroskopiska fossil, fossilfragment och finkornig kalk. Dessa bergarter lades samman till bergartsklassen kalksten. För identifikation av kalksten användes saltsyra (HCl). För att utesluta en förorening av bergartsmaterialet från syran analyserades den med avseende på kadmium. Resultatet redovisas i tabell 5 i Appendix. Den kretaceiska flintan blev klassad som en egen grupp. Till gruppen övrigt/osäkra lades korn som var svårbestämbara.

Bestämning av kadmium- och zinkhalt

Upplösning av bergartsproven gjordes i 7M ultraren Aristar® salpetersyra (HNO_3) med en deklarerad kadmiumkoncentration mindre än 0.005 ppm i den koncentrerade syran. Metoden har använts av Statens Lantbruksuniversitet vid kartläggning av kadmiumhalten i åkerjordar (Eriksson *et al.* 1995). Enligt Andersson (1975) extraheras mer än 90% av totalhalten kadmium i finkorniga jordar i denna koncentration syra. Metoden rekommenderas också av Nordforsk i en utvärdering av sedimentkemiska metoder (Nordforsk 1975). Bulkprover från de olika nivåerna krossades och maldes i en vibrationskulkvarn. Material i kornstorlekarna 0.06-0.18 mm, 0.18-0.35 mm, 0.35-0.71 mm samt finfraktionen (material mindre än 0.06 mm) maldes och vägdes in på samma sätt som bulkproven. Av de malda proverna vägdes 3.0 gram in och blandades med 20 ml 7M HNO_3 . Lösningarna kokades två timmar och filtrerades sedan genom 00A-filter ner i mätkolvar och späddes till konstant volym, 100 ml. Lösningarna analyserades med avseende på kadmium på atomabsorptionsspektrofotometer med grafitugn (AAS GF) med en detektionsgräns för kadmium runt 0.05 ppb. Vissa av proven analyserades även med avseende på zink med plasmaemissionsspektrometri (ICP AES). Den teoretiska detektionsgränsen för zink med denna metod är 0.03 ppm.

Eftersom de högsta kadmiumhalterna uppmättes i Östarödsprofilen valdes prov ur denna profil för vidare analys av ingående bergarters kadmium- och zinkhalter. Följande bergarter analyserades:

Surt urberg
Vittrad bergart
Kambrisk sandsten
Alunskiffer
Lerskiffer/siltsten/lersten
Kalksten

Material ur bergartsklasserna basiskt urberg, glimmerskiffer samt flinta analyserades inte. Anledningen till att basiskt urberg och glimmerskiffer valdes bort var att mängden material för provpreparering var otillräcklig. Flinta valdes bort på grund av att dess kadmiumhalt bedömdes vara obetydlig samt att det av kostnadsskäl var önskvärt att minimera antalet analyser. I klassen övrigt/osäkra fanns tillräcklig mängd material för analys endast från 150 cm nivån varför bergarten inte analyserades. Lerskiffer, siltsten och lersten lades samman för att mängden material skulle bli tillräcklig samt för att dessa bergarter bedömdes ha likartade geokemiska egenskaper. För att undersöka fördelningen av kadmium i profilerna analyserades bergarter från nivåerna 50 cm, gränsen B/C-horisonten samt 150 cm. Bergartsmaterial ur olika

kornstorleksklasser lades samman för att provmängden skulle bli tillräcklig. Bergarterna maldes och extraherades i syra enligt samma metod som övrigt material samt analyserades med avseende på kadmium med AAS GF och med avseende på zink med ICP AES. De bergarter som förekom i underordnad omfattning extraherades i 5 ml syra. Resultaten från bergarternas kadmium- och zinkanalyser redovisas i tabell 5 i Appendix.

Silikatanalys

För silikatanalys gjordes en uppslutning av bulkprover från A-horisonten, B-horisonten på 50-cm djup, gränsen mellan B- och C-horisonterna samt från C-horisonten på 150 cm djup. Litiummetaboratsmälta användes för att lösa silikater, något som inte kan göras med salpetersyra. Lösningarna analyserades med avseende på Na, K, Ca och Mg med plasmaemissionsspektrometri (ICP AES). Av dessa har Ca, Mg och Ti utnyttjats vid beräkning av sk. "vittringskvoter" som redovisas i tabell 1 i Appendix.

6 Resultat

6.1 pH, organisk halt, kornstorleksfördelning

Resultaten av pH-bestämningar från de tre lokalerna redovisas i figur 10a-c samt i tabell 1 i Appendix. På alla lokalerna uppvisar $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ som väntat stigande värden med djupet och värdena är likartade, ca 3.5-4.2 i ytan och omkring 5.0 i C-horisonten. Vid vattenextraktion erhålls ett pH-värde i extraktet som anses motsvara markvätskans pH. Det erhållna värdet blir dock något för högt eftersom man företar en utspädning av markvätskan. Vid extraktion med kaliumklorid utbyts huvuddelen av de vätejoner som sitter adsorberade på markkolloiderna mot kaliumjoner. Denna vätejonfraktion kan sägas motsvara den under naturliga betingelser utbytbara vätejonfraktionen. Värdet på $\text{pH}(\text{KCl})$ ligger därför vanligen 0,5-1,0 pH-enheter lägre än $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$. Torkning av materialet innan pH-mätningen sänker vanligen pH med 0,05-0,20 enheter oavsett metod.

Fördelningen av organiskt kol är likartad på samtliga lokaler och följer en förväntad trend där kolhalten snabbt avtar från 4.0-5.5% organiskt kol i ytproven till cirka 1% eller lägre på 50 cm djup (Fig. 11a-c samt Tab. 1 i Appendix).

Moränernas kornstorlekssammansättning (Fig. 12a-c) domineras av sand på samtliga lokaler och på så gott som alla djup. Det enda undantaget i populationen utgörs av C-horisonten (150 cm djup) på De dödas lott där ca. 70% av materialet utgörs av grus (Fig. 11c). De dödas lott uppvisar även en stor variation i kornstorlek mellan de olika nivåerna. Grushalten ökar i C-horisonten på Östaröd och den moränen har för övrigt lägst lerhalt med som mest 1.5 % ler i C-horisonten (Fig. 11b samt Tab. 1 i Appendix). Den kornstorleksmässigt mest homogena moränen återfinns på Stråntebacka (Fig. 11a).

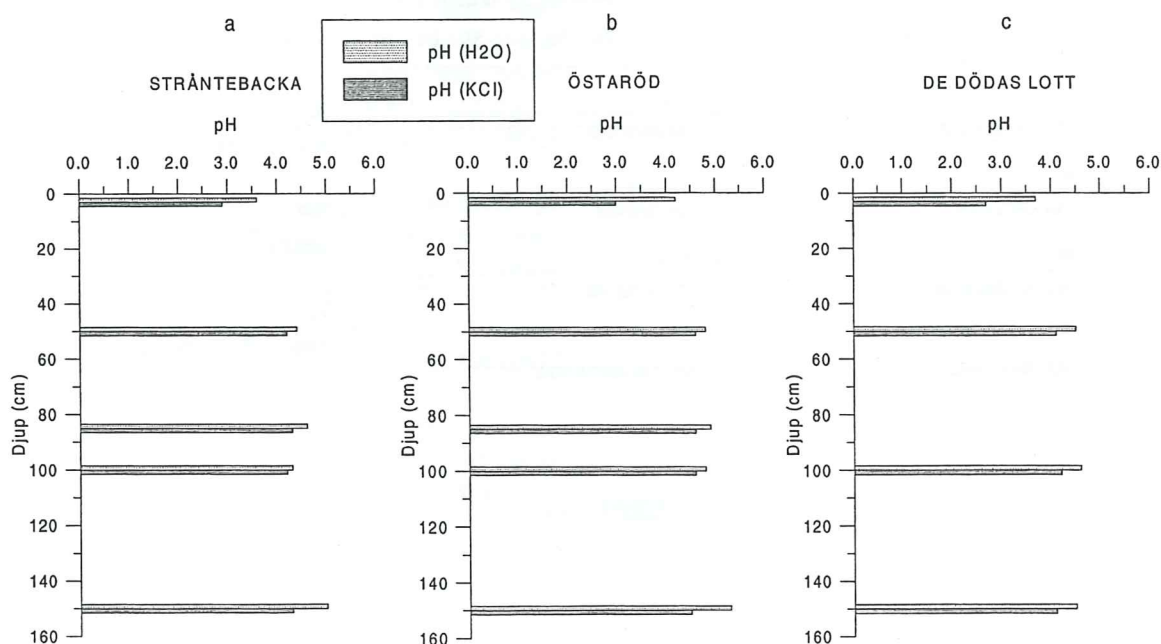


Fig. 10. Djupledsvariation i pH på Stråntebacka (a), Östaröd (b) och De dödas lott (c) med vatten respektive kaliumklorid som extraktionsvätska.

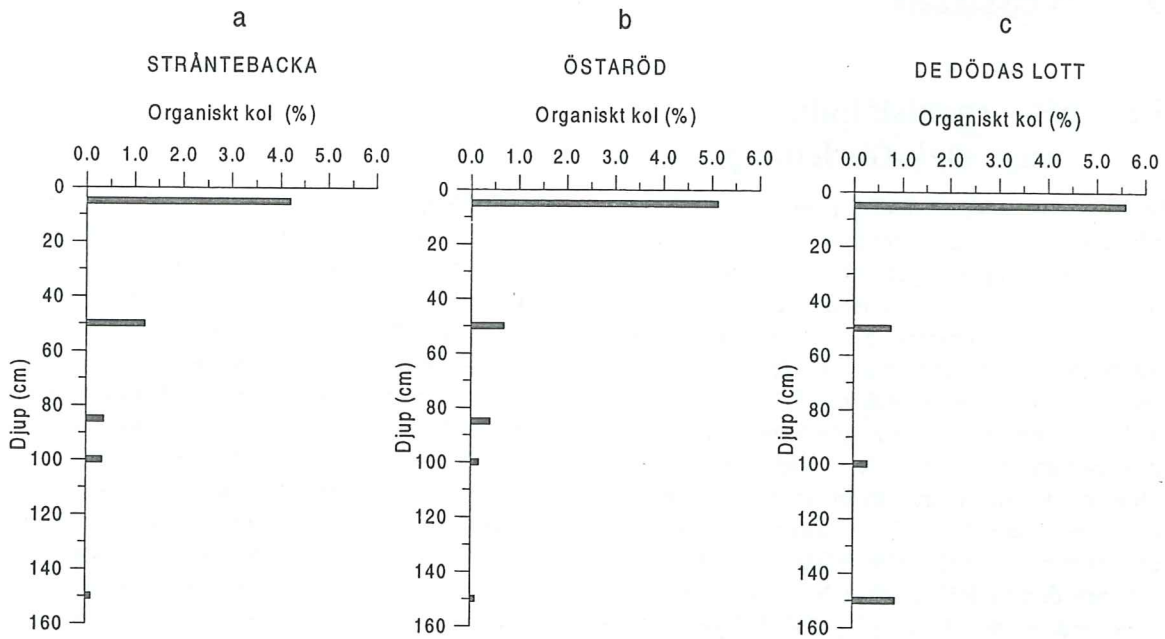


Fig. 11. Fördelningen organiskt kol i jordmånsprofilerna på Stråntebacka (a), Östaröd (b) och De dödas lott (c).

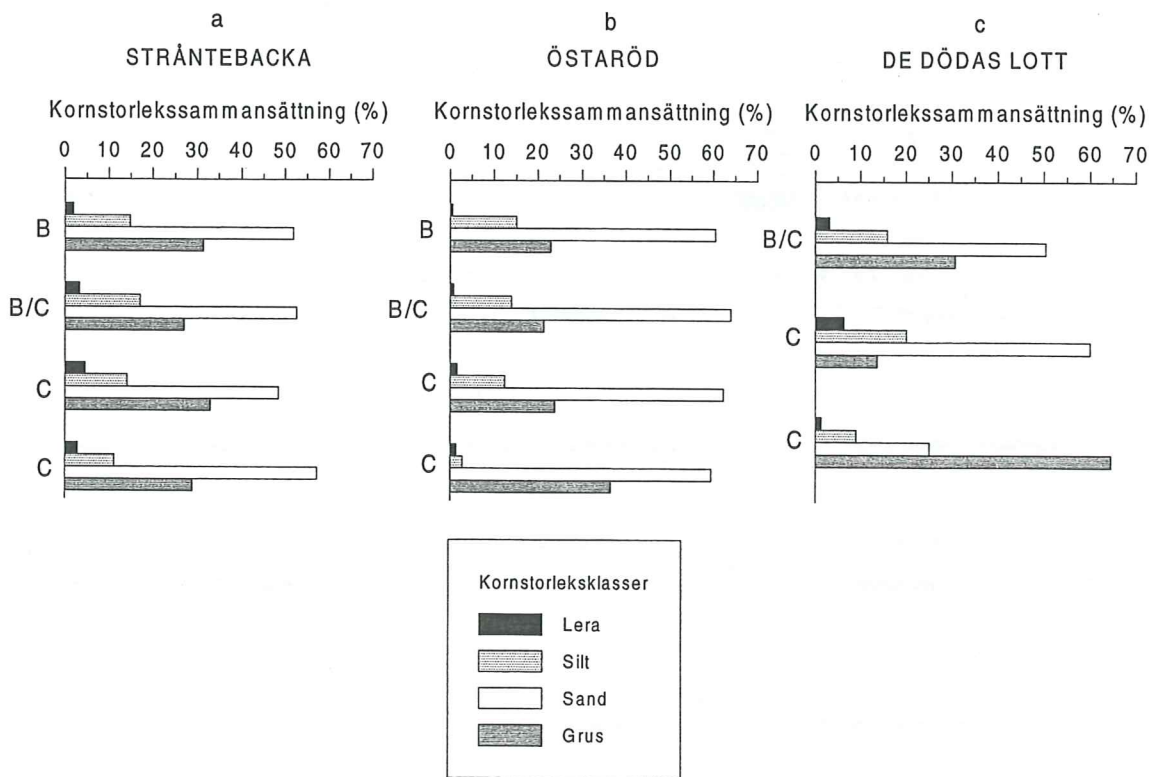


Fig. 12. Variationen i moränernas kornstorlekssammansättning på Stråntebacka (a), Östaröd (b) och De dödas lott (c).

6.2 Tungmetallkoncentration

6.2.1 Tungmetallhalt i olika kornstorleksklasser

Moränen i Östaröd uppvisar de högsta kadmiumkoncentrationerna i bulkproven (Fig. 13b och Tab. 2 i Appendix). Halten ökar där med djupet till skillnad från moränen i Stråntebacka och De dödas lott där förhållandena är de omvända (Fig. 13a och 13c samt Tab. 3 och 4 i Appendix).

Generellt gäller att finfraktionerna (material <0.063 mm) har högst kadmiumkoncentration (Fig. 14). På samtliga lokaler ökar kadmiumkoncentrationen med djupet i moränens finfraktion men halterna är markant högre i Östarödmoränen (Fig. 14b). En kraftig koncentrationsökning med djupet syns också i kornstorleksklassen 0.063-0.180 mm i Östarödmoränen (Fig. 14b).

Även för zink gäller generellt ett tydligt samband mellan minskande kornstorlek och ökande zinkkoncentration och halten ökar dessutom nedåt i profilerna (Fig. 15a-c samt Tab. 2-4 i Appendix). I moränen på Östaröd är zinkkoncentrationen högre än på de övriga lokalerna (Fig. 15b och Tab. 2 i Appendix).

6.2.2 Tungmetallhalt i olika bergarter

Kadmiumhalten i de olika bergarterna från Östarödmoränen redovisas i figur 16 samt tabell 5 i Appendix. Kadmiumkoncentrationen ökar med djupet i samtliga bergarter utom surt urberg och kambrisk sandsten som har relativt låga halter kadmium. Alunskiffer har de högsta kadmiumkoncentrationerna med nästan 10 gånger så höga halter som övriga bergarter.

Bergarterna analyserades också med avseende på zink och resultaten redovisas tillsammans med kadmiumkoncentrationerna i figur 16. Kambrisk sandsten, surt urberg och kalksten har de lägsta zinkhalterna och liten variation med djupet. Lerskiffer/siltsten/lersten och den vittrade bergarten innehåller högre halter zink med högst värden i B/C-horisontgränsen. Alunskiffer uppvisar en koncentrationsökning med djupet och innehåller generellt också högre halter zink än övriga bergarter.

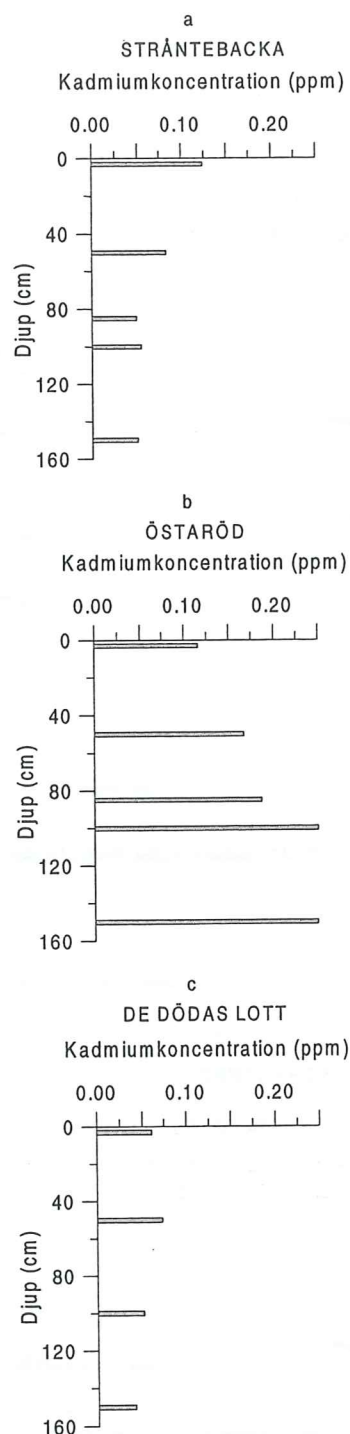


Fig. 13. Totala kadmiumkoncentrationen i moränerna på Stråntebacka (a), Östaröd (b) och De dödas lott (c).

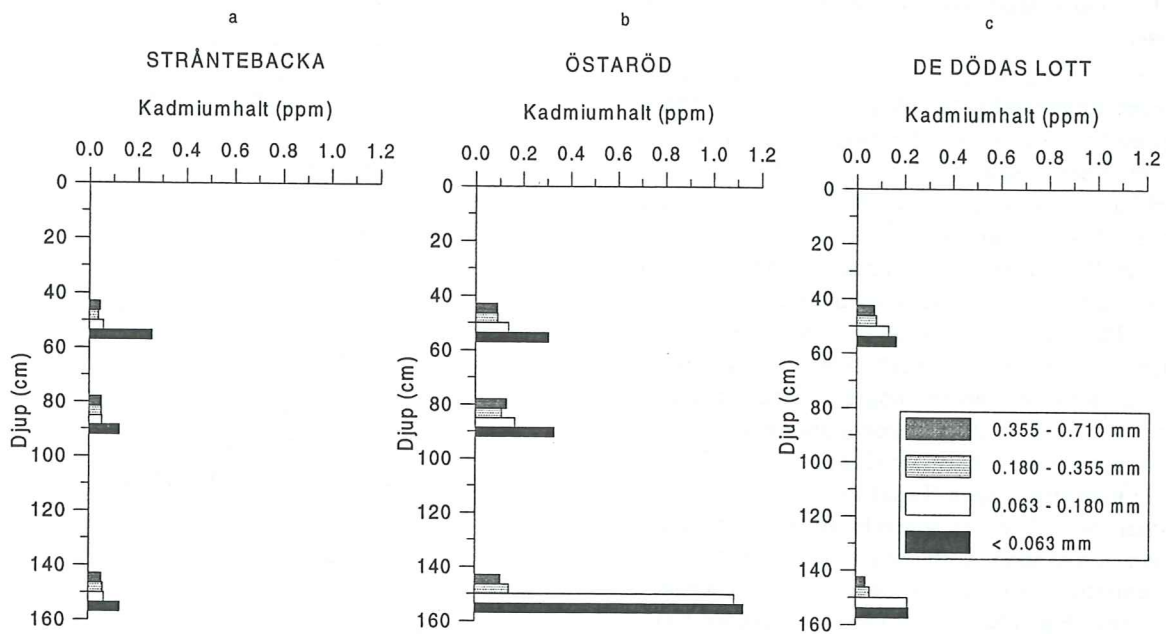


Fig. 14. Kadmiumkoncentrationen i fyra kornstorleksfraktioner från de tre lokalernas moräner.

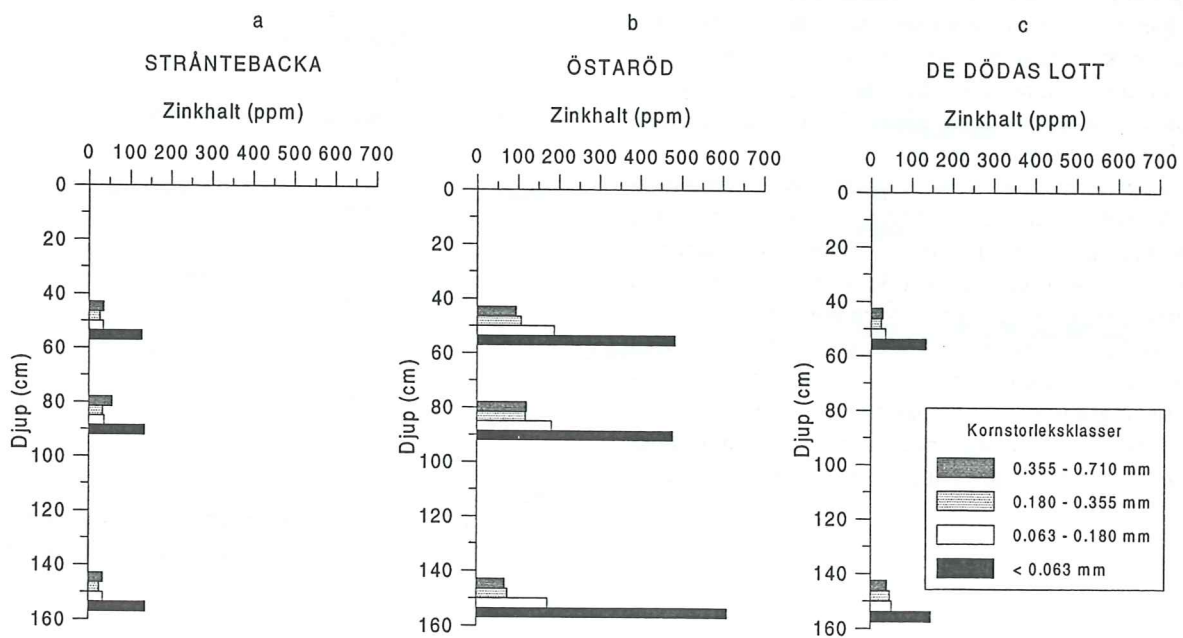


Fig. 15. Zinkkoncentrationen i fyra kornstorleksfraktioner från de tre lokalernas moräner.

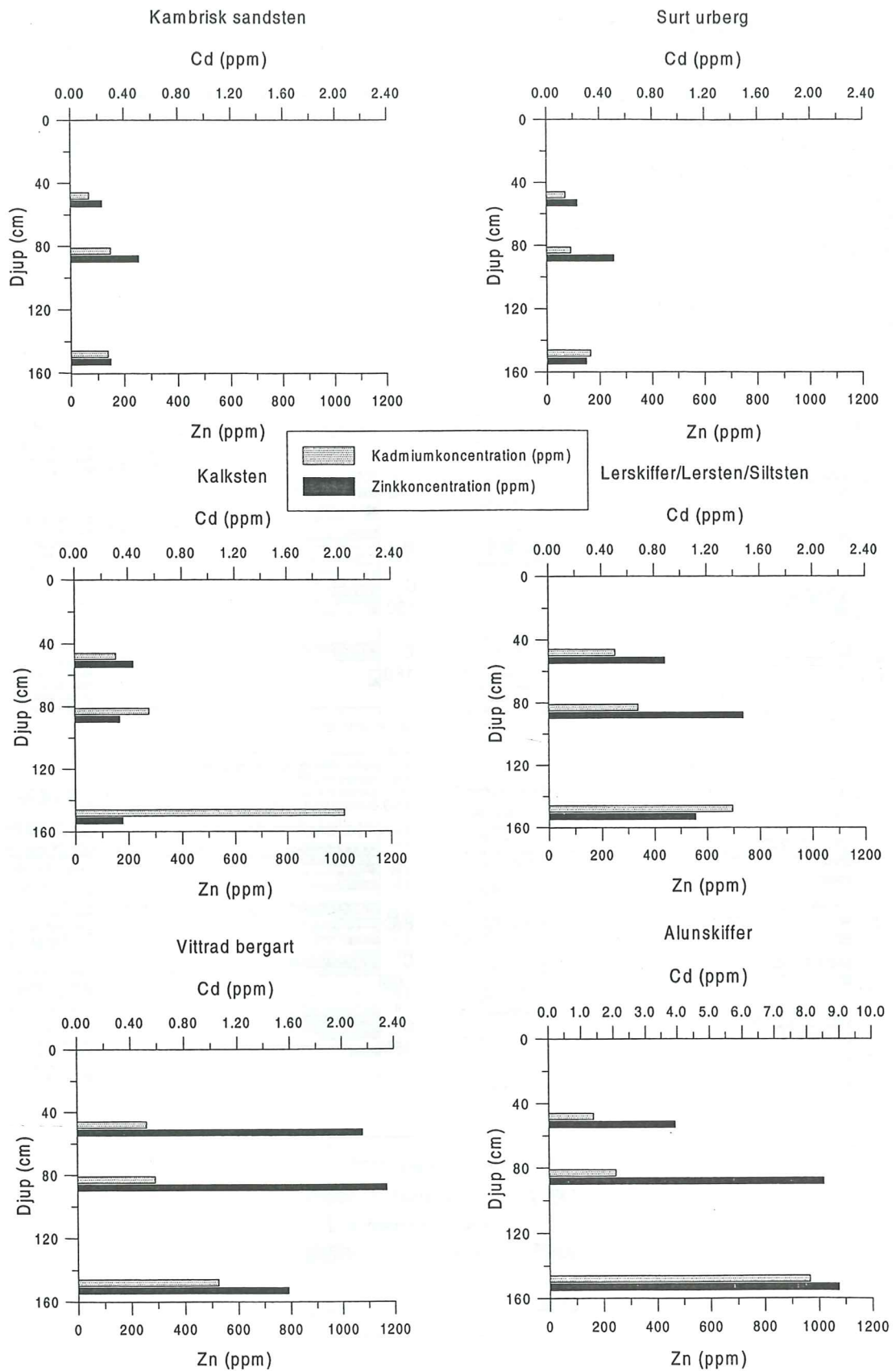


Fig. 16. Kadmiump- och zinkkoncentrationer i de olika bergarterna från Östarödsmoränen. Observera att skalan för kadmiumpkoncentrationen i alunskiffer skiljer sig från övriga bergarters skalor.

6.3 Bergartssammansättning

Surt urberg dominerar bergartssammansättningen i samtliga moräner. På Stråntebacka och De dödas lott överstiger halten surt urberg 95% på samtliga nivåer och i alla kornstorleksklasser (Tab. 6 och 7 i Appendix). Endast Östaröd har halter under 90% surt urberg på de djupare nivåerna (Tab. 5 i Appendix). För att åskådliggöra de sedimentära bergarternas fördelning i olika kornstorleksklasser och från olika nivåer redovisas den sedimentära bergartssammansättning i stapeldiagram (Fig. 17, 18 och 19).

Halten sedimentära bergarter i Stråntebacka-moränen är låg men ökar något med ökande kornstorlek (Fig. 17). Bergartsklassen lerskiffer/siltsten/lersten dominerar tillsammans med kambrisk sandsten den sedimentära bergartssammansättningen på de flesta nivåer.

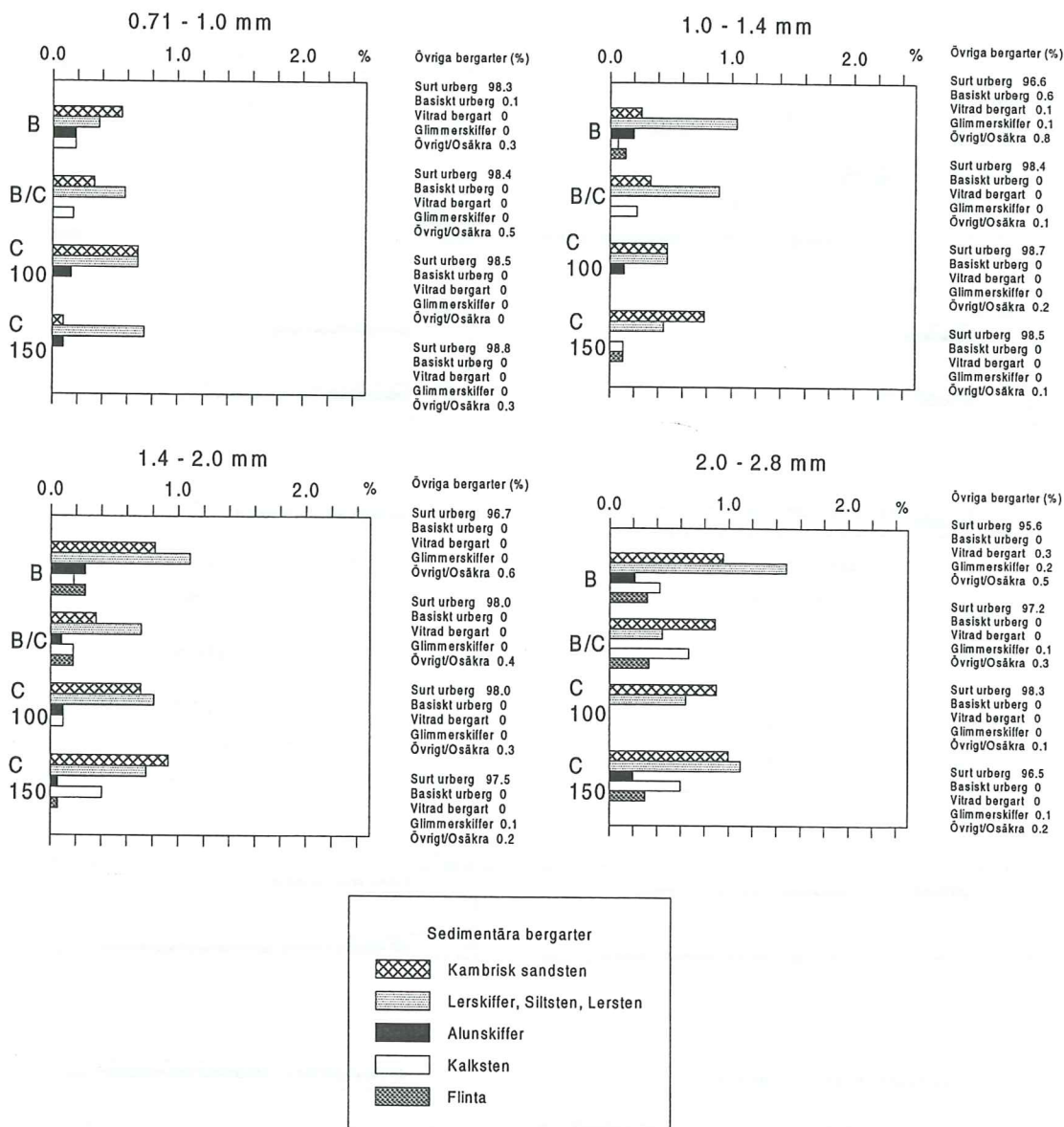


Fig. 17. Bergartssammansättning i moränen från fyra provtagningsnivåer i jordmånsprofilen på Stråntebacka: B-horisonten på 50 cm djup, B/C-horisontgränsen på 80-85 cm djup, C-horisonten på 100 respektive 150 cm djup. Halten sedimentära bergarter (%) redovisas i stapeldiagram medan halterna av övriga bergarter redovisas för varje provtagningsnivå i text till höger om respektive diagram.

Östarödsmoränen innehåller högst halt sedimentära bergarter av de undersökta lokalerna och halten ökar dessutom med ökande kornstorlek (Fig. 18). Den sedimentära bergartssammansättningen visar en klar dominans av kambrisk sandsten. Halten alunskiffer ökar något med djupet och denna trend finns i de flesta kornstorleksklasser.

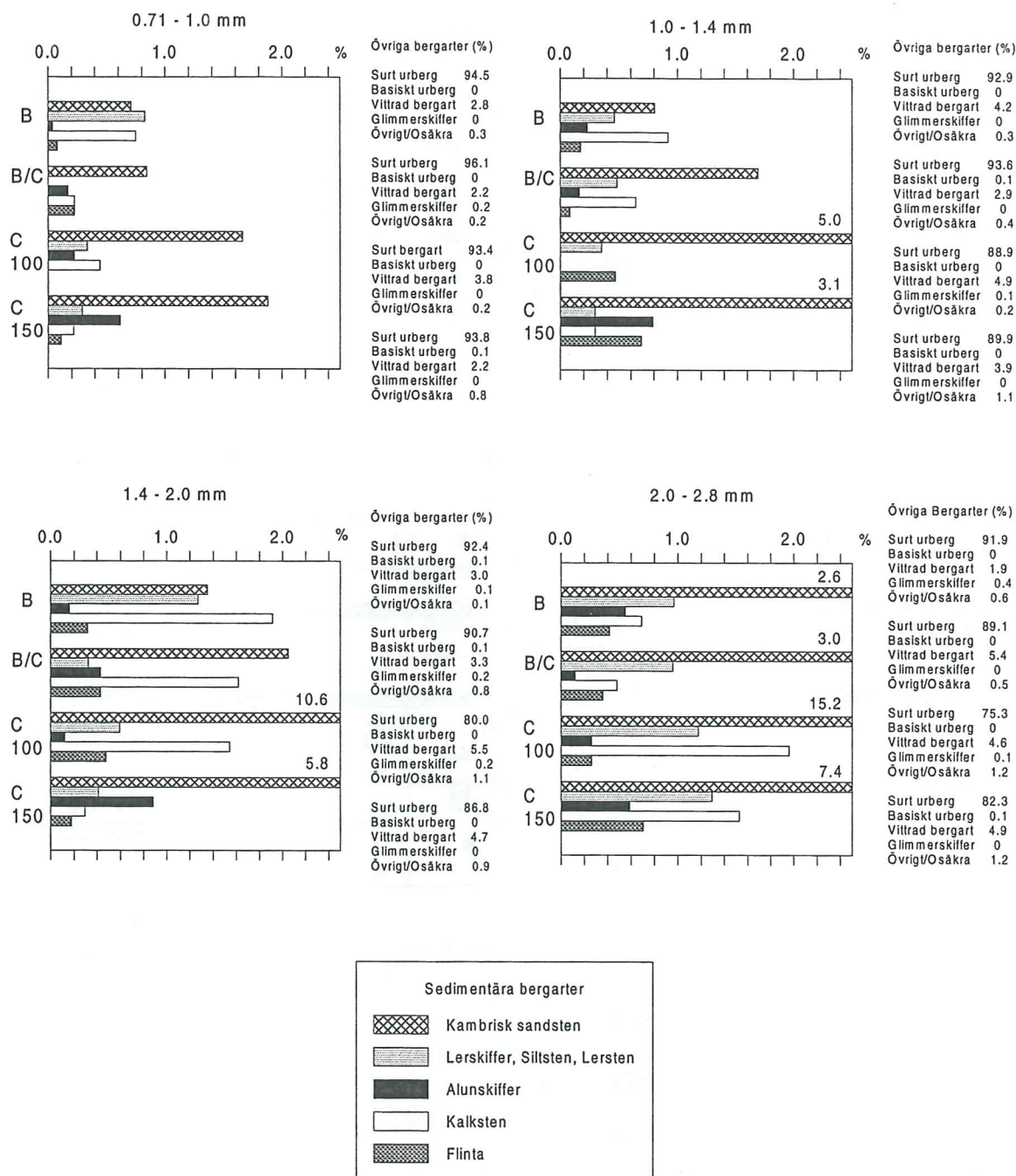


Fig. 18. Bergartssammansättning i moränen från fyra provtagningsnivåer i jordmånsprofilen på Östaröd: B-horisonten på 50 cm djup, B/C-horisontgränsen på 80-85 cm djup, C-horisonten på 100 respektive 150 cm djup. Halten sedimentära bergarter (%) redovisas i stapeldiagram medan övriga bergarter redovisas i texten till höger om respektive diagram.

Moränen på De dödas lott har en låg halt sedimentära bergarter och på flera av nivåerna saknas delar av den sedimentära bergartsassociation man finner på de övriga lokalerna i undersökningen (Fig. 19).

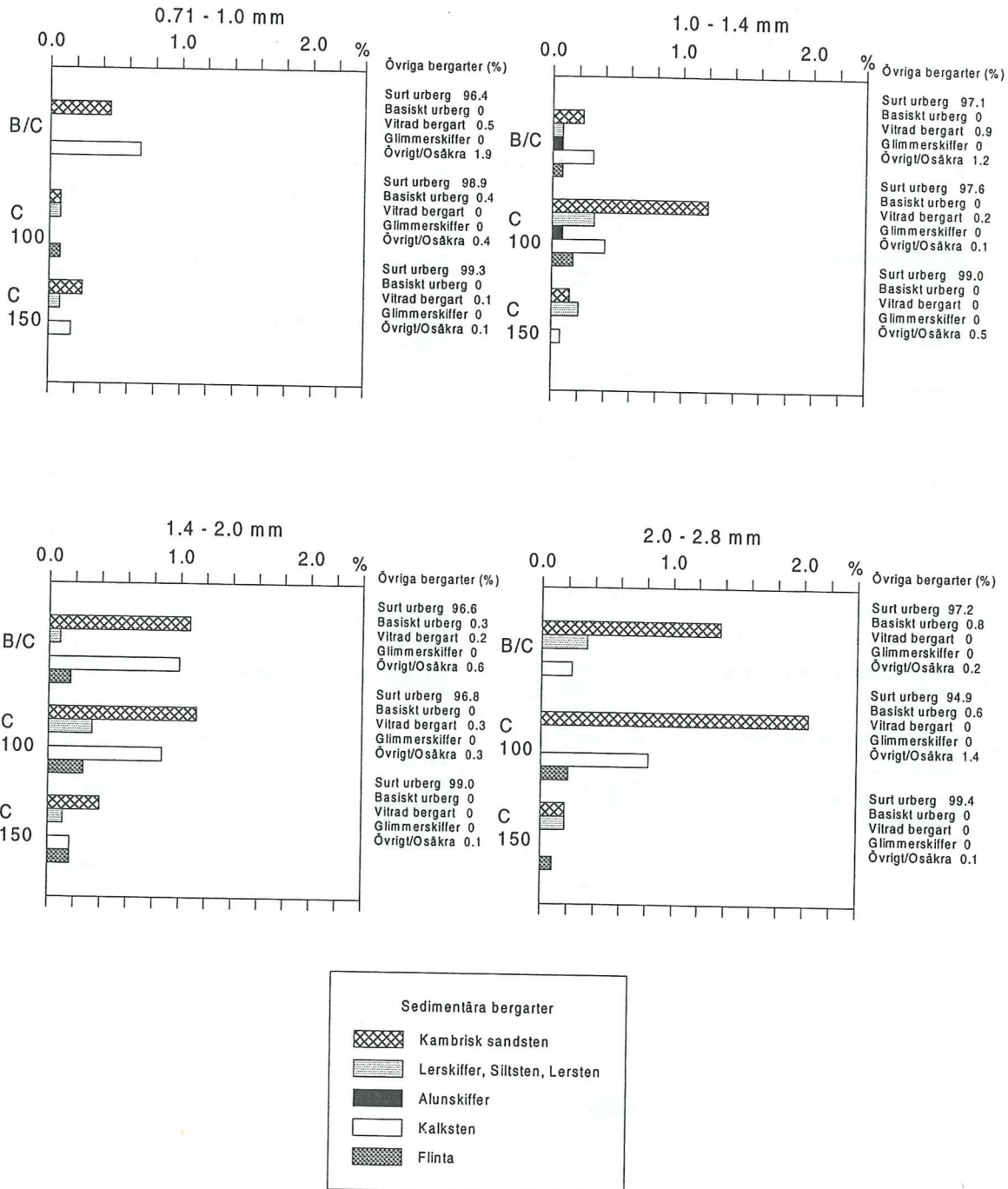


Fig. 19. Bergartssammansättning i moränen från tre provtagningsnivåer i jordmånsprofilen på De dödas lott: B/C-horisontgränsen på 50 cm djup samt C-horisonten på 100 respektive 150 cm djup. Halten sedimentära bergarter (%) redovisas i stapeldiagram medan övriga bergarter redovisas i texten till höger om respektive diagram.

6.4 Silikatanalys

Silikatanalysen kan användas för att utvärdera effekterna av vittringsförlopp i en jordmansprofil. Så kallade vittringskvoter, förhållandet mellan olika elementkoncentrationer i jord, kan användas för att åskådliggöra dessa förändringar i kemin med djupet. Man använder vanligen ett ämne som kan anses vara stabilt och svårmobiliserat och därigenom jämt fördelat i jordartsprofilen som nämnare i kvotberäkningen och till täljare väljs ett ämne som varierar mer på grund av vittringsprocesser och katjonutbytesprocesser. Exempel på par av ämnen som kan användas är titan, som anses vara stabilt, och rörligare ämnen såsom kalcium och magnesium.

I Stråntebackamoränen ökar vittringskvoten Ca/Ti med djupet och detsamma gäller för kvoten Mg/Ti. Kalciumhalten dubblas nästan på de djupare nivåerna och magnesiumhalten är tre gånger så hög (Fig. 20a).

Östaröd följer ett liknande mönster med en fördubblad halt kalcium på djupare nivåer och en mer än dubbelt så hög halt magnesium i C-horisonten jämfört med i ytan (Fig. 20b).

En liknande trend finns i moränen på De dödas lott men där sker endast en svag ökning i halten kalcium med djupet medan halten magnesium dubblas (Fig. 20c).

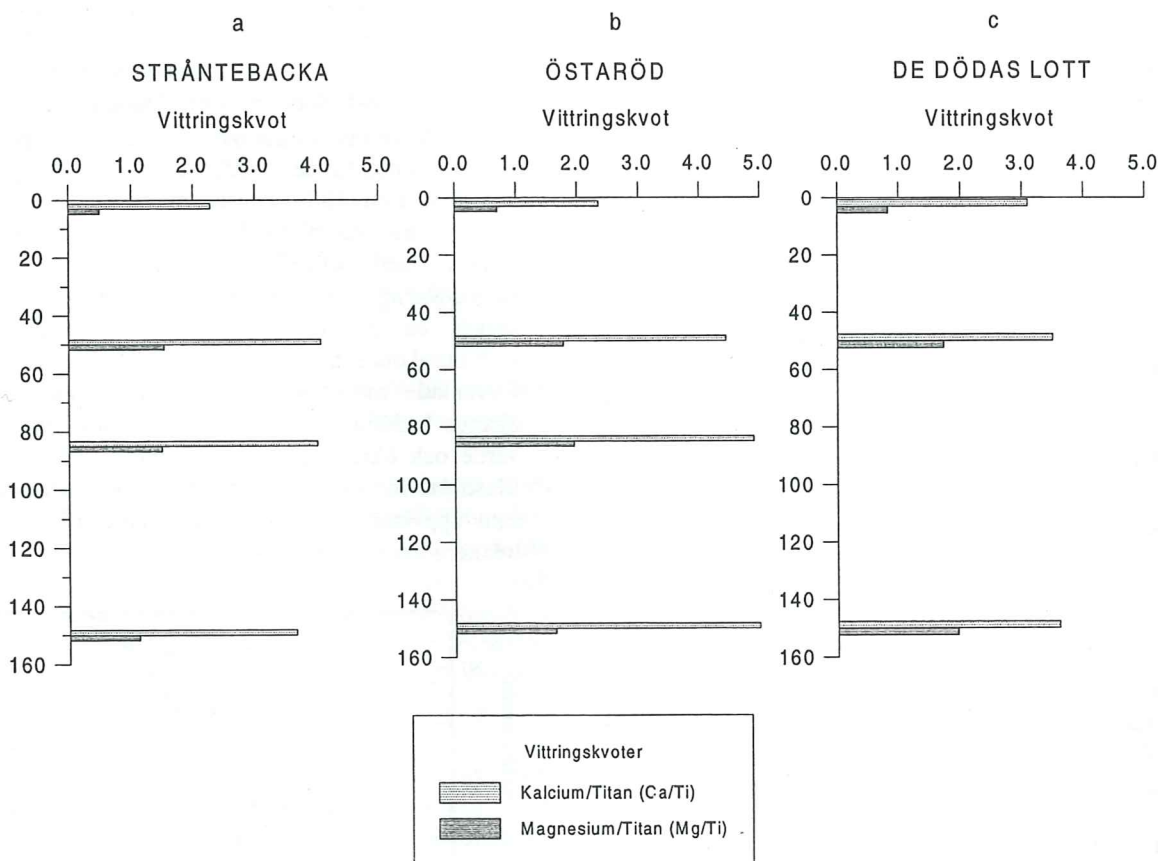


Fig. 20. Förhållandet mellan olika elementkoncentrationer, så kallade vittringskvoter, i moränen redovisas för Stråntebacka (a), Östaröd (b) och De dödas lott (c). De mobila ämnen som valts är kalcium och magnesium vars halter jämförs med halterna av det mer svårmobiliserade ämnet titan.

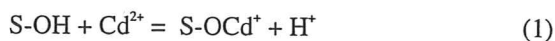
7 Diskussion

Moränerna kring Sankt Olof har klassificeras som basala utsmältningmoräner med en hög halt lokala bergarter (Åmark 1984). Samtliga moräner i denna undersökning är sandiga-siltiga med en lerhalt som understiger 5% (Fig. 12). Enligt Åmark (1987) består de översta lagren i morän med en mäktighet som understiger 10 meter generellt av 20 till 100% lokalt förekommande bergarter. På samtliga lokaler i undersökningen är jorddjupet litet och moränens bergartssammansättning torde följaktligen spegla den lokala berggrunden väl. Östarödmoränens bergartssammansättning avviker från de andra lokalerna i undersökningen med en genomgående högre halt sedimentära bergarter: på Stråntebacka och De dödas lott är halterna sedimentära bergarter i medeltal 1.8 respektive 1.4 % medan Östaröd har en medelhalt på 6.0% (Fig. 17, 18, 19). Östarödmoränen har generellt högst kadmium- och zinkhalter i undersökningen. Kadmiumhalten i moränens översta 1.5 meter är på Östaröd ca. fem gånger så hög per ytenhet som på Stråntebacka och De dödas lott.

Den totala kadmiumhalten varierar med djupet på samtliga lokaler men trenden i jordmånsprofilen på Östaröd avviker genom en koncentrationsökning med tilltagande djup till skillnad från Stråntebacka och De dödas lott som uppvisar maximala halter i de ytligaste delarna av jordmånsprofilen (Fig. 13). A-horisonen fungerar i allmänhet som en fälla för atmosfäriskt deponerade tungmetaller (Fredén 1994). Ackumuleringen av organiska föreningar i de ytligaste nivåerna i en jordmånsprofil ger upphov till en hög katjonutbyteskapacitet (CEC) som gynnar en ackumulering av tungmetaller i dessa delar. Den trend som Stråntebacka och De dödas lott uppvisar kan således möjligen förklaras som ett resultat av den atmosfäriska kadmiumdepositionen över området och av en bindning till organiskt material i A-horisonen. Kadmiumkoncentrationen i moränernas A-horisoner varierar dock något mellan lokalerna; Östaröd och Stråntebacka innehåller 0.12 ppm kadmium medan De dödas lott endast innehåller 0.06 ppm (Fig. 13). Denna skillnad beror troligen inte på en variation i det atmosfäriska nedfallet av kadmium över området eftersom lokalerna ligger nära varandra och inte markant skiljer sig åt topografiskt. En rimligare förklaring torde vara skillnader i markkemiska egenskaper hos de undersökta moränerna. Den organiska kolhalten i A-horisonerna är emellertid likartad: Stråntebacka innehåller lägst halt med 4.2%, Östaröd har 5.1 % och De dödas lott har högst värde med 5.6% (Fig. 11). Halten organiskt kol verkar därmed inte ha någon avgörande betydelse för hur hög kadmiumhalten är i de ytligaste jordlagren i dessa moräner.

7.1 Mobilisering och retention av kadmium

Ytkemiska reaktioner mellan markpartiklar och markvätskan är av stor betydelse för retentionen av kadmium i marken. Markkolloidernas kemiska sammansättning och strukturella uppbyggnad påverkar koncentrationen av olika ämnen i moränen och är fundamentala faktorer när det gäller adsorption av joner och utbytesprocesser på markpartiklarnas yta. Adsorption av katjoner till markpartiklar sker genom komplexbildning (Stumm 1992). En eller flera hydroxidmolekyler (OH) binds till silikatmineralets yta (S) och därefter bildas ett komplex mellan hydroxidmolekylens syrejon och katjonen varvid en proton frigörs (ekvation 1; Stumm 1992).



Markpartiklarnas adsorption av kadmium ur marklösningen är i hög grad beroende av marklösningens pH-värde (Adriano 1986, Alloway 1990, Christensen 1984, Chubin & Street 1981, Fergusson 1990, Sposito 1989). Varje metall har ett smalt intervall på ett par pH-enheter där sorptionen stiger från noll till nära 100% (Fig. 21).

Christensen (1984) konstaterar att i pH-intervallet 4.0-7.7 ökar kadmiumadsorptionen hos en sandig lerjord med ungefär tre gånger vid varje enhetsökning i pH. I moränprofilen på Östaröd antyds en positiv korrelation mellan pH och kadmiumkoncentration, något som således följer det förväntade mönstret (Fig. 22). Den tendens till ökande kadmiumkoncentration med tilltagande pH-värde och ökande djup som figur 22 till viss del illustrerar märks även i finfraktionens kadmiumhalt som uppvisar en gradient med djupet på samtliga lokaler i undersökningen (Fig. 14).

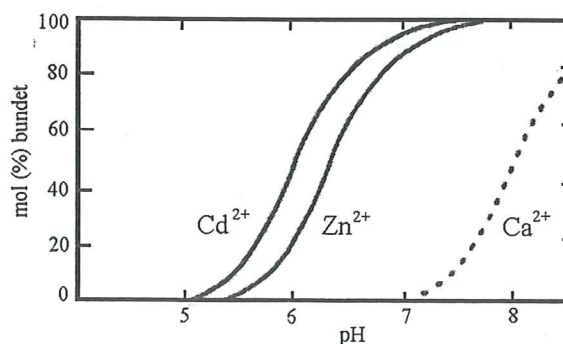


Fig. 21. Kadmium och zink har pH-beroende S-formade adsorptionskurvor (omritad efter Stumm, 1992).

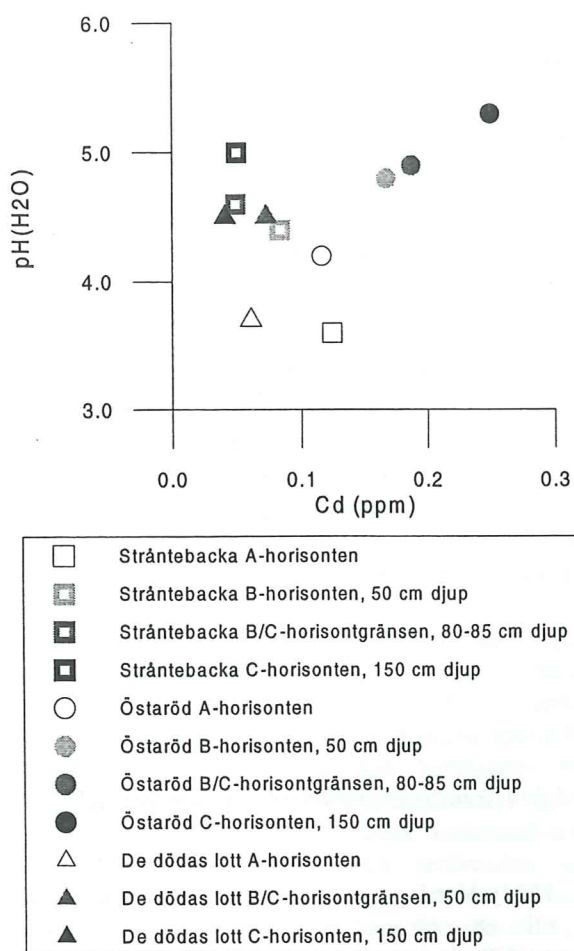


Fig. 22. Kadmiumkoncentrationen (totalhalt) och $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ på olika djup i de undersökta moränerna.

Komplexbildningen kan resultera i bildandet av ett innersfärskomplex eller ett ytersfärskomplex. Metalljoner som binds under $\text{pH} 7$ bildar generellt innersfärskomplex och både kadmium- och zinkjoner är sådana exempel. Ett innersfärskomplex är resultatet av en till stora delar kovalent bindning mellan katjonen och den elektrondonerande syrejonen på mineralets yta vilket resulterar i att katjonen binds relativt hårt till adsorbenten. Ett ytersfärskomplex innebär att ett eller flera lager vattenmolekyler binds mellan katjonen och syrejonen med följden att en svagare jonbindning bildas mellan katjonen och vattenmolekylerna. Metalljoner bundna i innersfärskomplex är följaktligen mindre lättmobiliserade än joner i ytersfärskomplex. En ökning av mängden protoner i systemet påverkar frigörandet av kadmium genom jonbyte (Tyler *et al.* 1983). Försurning leder således till en mobilisering av kadmium och transport i

marklösningen varifrån kadmium kan adsorberas till finkorniga markpartiklar på djupare nivåer där pH -värdena är högre.

Vegetationen har en naturligt försurande verkan på marksystemet och kan därmed påverka mineraljordens kadmiumkoncentration. Granskog, som generellt anses ha en mer försurande effekt än bok, har som en följd av detta ett högre metallflöde genom jordmånsprofilen än bokskog (Tyler *et al.* 1983). Provtagningslokalerna skiljer sig åt vegetationsmässigt; De dödas lott är bevuxen med mycket tät planterad granskog medan beståndet på Stråntebacka består av glest planterad gran med inslag av bok och Östaröd är bevuxen med enbart bok. Variationen i A-horisonternas pH -värden mellan lokalerna är emellertid så liten och populationen alltför begränsad för att man ska kunna urskilja något samband mellan vegetationstyp, pH och kadmiumkoncentration.

Den trend med ökande kadmiumhalt med djupet som moränen på Östaröd uppvisar tyder på att andra faktorer än atmosfärisk deposition styr kadmiumdistributionen på denna lokal (Fig. 13b). Halterna av silikatbundna lätt mobiliseringsbara baskatjoner, såsom magnesium och kalcium, uppvisar en liknande trend med låga koncentrationer på ytliga nivåer i alla jordmånsprofiler (Fig. 20). Baskatjonfördelningen i djupled är ett typiskt resultat av mobilisering och eluviering i samband med silikatvittring. Det faktum att kadmiumdistributionen på Östaröd uppvisar ett likartat mönster kan tolkas som att kadmium på motsvarande sätt mobiliserats och omfördelats i jordmånsprofilen genom vittring av ett kadmiumförande mineral. Zinkblände med en extremt hög kadmiumkoncentration (4820 ppm; Kornfält *et al.* 1996) har hittats i en bly-zink-flusspatgång i den kambriska sandstenen belägen endast 4 km sydväst om Östaröd. Detta tyder på att kadmium finns anrikat i zinkblände i provtagningsområdets berggrund. För att klargöra huruvida ett samband mellan kadmium och zink föreligger även i de undersökta moränerna i området jämfördes halterna av kadmium och zink från provtagningslokalerna. Detta gjordes genom att moränernas kadmium- och zinkhalter rangordnades efter koncentration och rangordningsplatserna plottades mot varandra för att få en uppfattning om hur väl dessa metallhalter samvarierar i de undersökta moränerna (Fig. 23). De rangordnade kadmium- och zinkhalterna uppvisade en relativt hög korrelationskoefficient, $r_s=0.72$ (Spearman's korrelationskoefficient; Till 1974). Detta indikerar att någon form av relation föreligger mellan kadmium och zink också i moränen och kan förklaras av en gemensam källa för elementen.

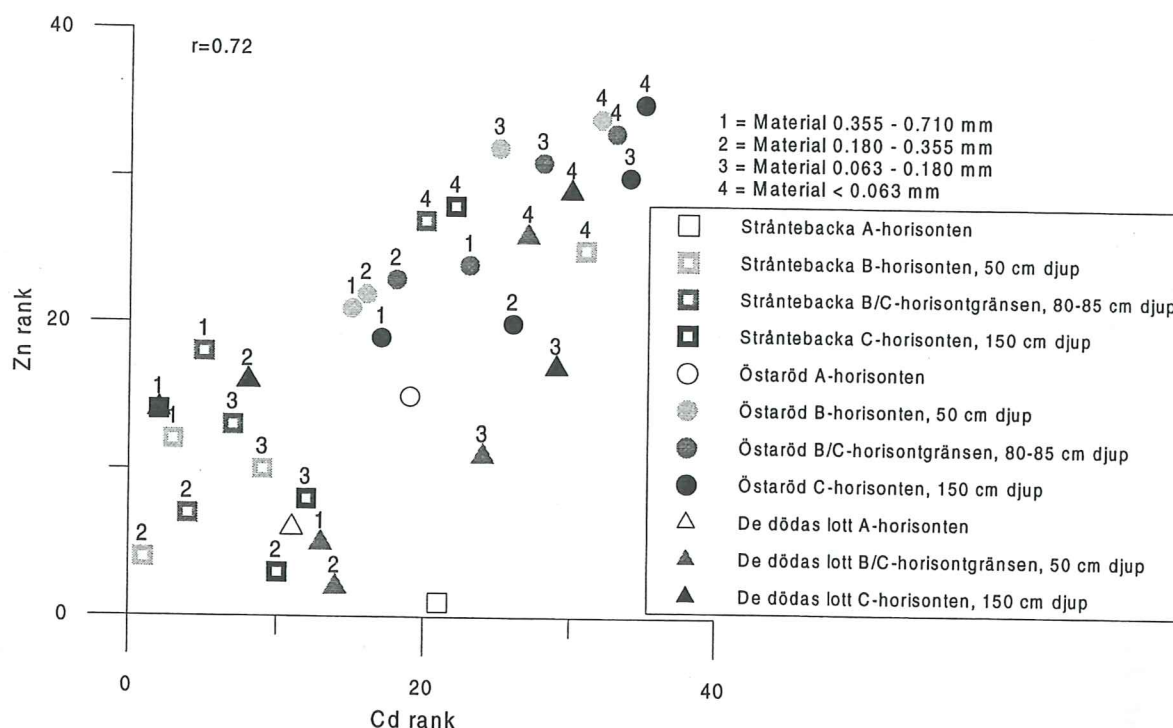
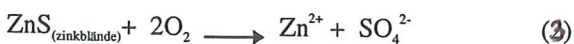
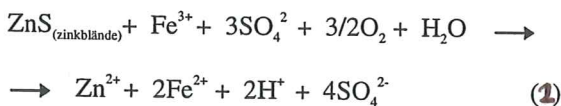


Fig. 23. Rangordnande kadmium- och zinkkoncentrationer i fyra kornstorleksfraktioner i jordmansprofilerna på Stråntebacka, Östaröd och De dödas lott.

Oxidation av sulfiden enligt ekvationerna 2 och 3 nedan är troligen den vittringsprocess som frigör zink och därmed också det kadmium som finns anrikat i mineralet (Lin 1997).



De flesta sulfider har en låg löslighetsprodukt vilket innebär att sulfider är förhållandevis stabila i markmiljön, $\text{ZnS}_{(\text{zinkblände})}$ har t.ex. $pK_s=25$ och CdS har $pK_s=26$ (Hägg 1969). Vittringen går långsamt också på grund av att det ofta bildas en omvandlingszon på sulfidkornens yta som skyddar partiklarna från ytterligare vittring. Denna omvandlingszon består vanligen av järnoxider, zinkoxider och silikater som innehåller zink (Lin 1997).

Vid sulfidvittringen genereras protoner (ekvation 2) och denna pH-sänkning ökar upplösningen av mineral som kalcit, klorit, biotit och hornblände (Lin

1997). Vittring av sulfidmineral leder således också till en ökning av mängden baskatjoner i marklösningen. Adsorptionen av kadmium till markkolloiderna kan påverkas av baskatjonmängden i marklösningen eftersom konkurrens om adsorptionsplatserna på markpartiklarnas ytor kan uppstå om jonutbytessystemet är mättat med avseende på divalenta joner. Kalciumjoner kan konkurrera med kadmium om dessa adsorptionsplatser men även metalljoner som zink kan inverka på kadmiumadsorptionen (Christensen 1984, Christensen 1987, Sánchez-Martin & Sánchez-Camazano 1993). Det finns emellertid inga indikationer på att det skulle föreligga någon konkurrens mellan kadmium och dessa joner i denna undersökning.

7.2 Kornstorleksfördelning och tungmetallhalt

Fördelningen av kadmium och zink i olika kornstorleksklasser visar i samtliga prov entydigt att koncentrationerna ökar markant med minskande kornstorlek av moränmaterialet, d.v.s. med ökande specifik yta hos markpartiklarna (Fig. 14 och 15).

Material mindre än 0.063 mm innehåller således två till tio gånger högre kadmiumhalt än de grövre fraktionerna från samma prov, oavsett provtagningsdjup och moränsammansättningens karaktär i övrigt. Detta faktum utgör en god indikation på hur stor betydelse adsorptionsprocesserna har för bindningen av tungmetaller i markprofilerna.

Det är vidare ett känt faktum att lerpartiklarnas mineralogiska sammansättningen påverkar adsorptionen av kadmium mer än de exakta halterna av adsorbenterna (Sánchez-Martin & Sánchez-Camazano 1993). De mineral som adsorberar mest kadmium är Gibbsit > Götit > Smektit > Kaolonit (Chubin & Street 1981). Möjligen kan en specifik lermineralassociation med hög andel av framförallt vermikulit och smektit i moränen på Östaröd kunna förklara de höga kadmiumhalter som uppmätts där trots att moränen har mycket låg lerhalt. Östaröds högre halt av sedimentära bergarter och framförallt den höga skifferhalten indikerar att även den lermineralogiska sammansättningen i finfraktionerna kan skilja sig något från den på Stråntebacka och De dödas lott.

I alla provtagna moräner innehåller som tidigare nämnts material mindre än 0.063 mm högst halter kadmium och zink (Fig. 14 och 15). För att utröna hur stor roll bidraget från finfraktionerna spelar för moränernas totala kadmiumhalt beräknades hur mycket kadmium varje kornstorleksfraktion bidrar med till den totala halten i moränen. Kadmiumhalten i material större än 0.71 mm beräknades som differensen mellan bulkprovets totalhalt och halten i material finare än 0.71 mm. Som framgår av figur 24 och 25 (se även Tab. 8-12 i Appendix) utgör bidraget från finfraktionerna i moränerna på Stråntebacka och De dödas lott mellan 40 och 60% av den totala kadmiumhalten trots att halten finkornigt material endast utgör mellan 10 och 20% av moränen. Detta understryker ytterligare vilken stor roll finmaterialets egenskaper, troligen främst dess adsorptionsegenskaper, spelar för fastläggningen av tungmetaller. Moränen på Östaröd uppvisar återigen ett annat mönster; där är bidraget störst från material större än 0.71 mm i B-horisonten samt i B/C-horisontgränsen medan kornstorleksklassen 0.06-0.18 mm bidrar med mest kadmium i C-horisonten (Fig. 26 och Tab. 13-15 i Appendix). De genomgående högre bidragen av kadmium som de grövre kornstorlekarna i moränen på Östaröd svarar för tyder på att andra faktorer påverkar kadmiumdistributionen där.

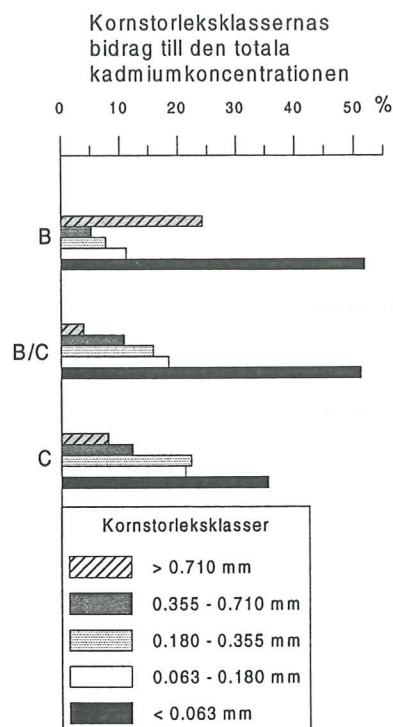


Fig. 24. De olika kornstorleksklassernas bidrag till den totala kadmiumhalten i moränen på Stråntebacka.

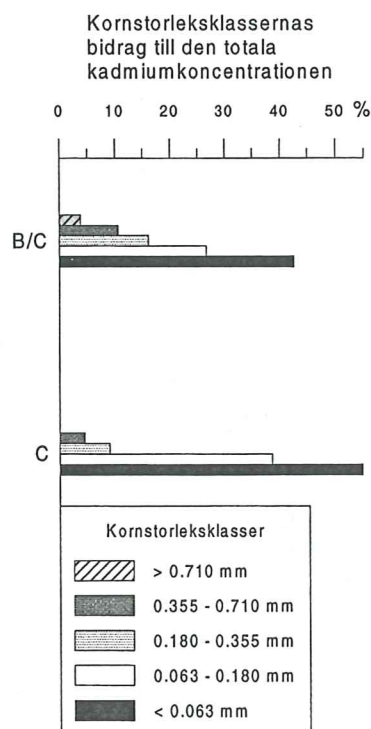


Fig. 25. De olika kornstorleksklassernas bidrag till den totala kadmiumhalten i moränen på De dödas lott.

7.3 Litologi och tungmetallhalt

Troligen speglar den kadmiumdistribution som Östaröd uppvisar hur tungmetallerna primärt är bundna i den ovittrade moränen, d.v.s. det direkta sambandet mellan moränens bergartssammansättning och dess kadmiumkoncentrationen.

På samma sätt som för tungmetallhalterna i de undersökta moränerna uppvisar de rangordnade kadmium- och zinkhalterna i bergarterna en relativt hög korrelation (Spearman's korrelationskoefficient $r=0.71$; Till 1974), vilket framgår av figur 27. Samvariationen kan, liksom tidigare, förklaras av förekomsten av en gemensam källa för dessa element i bergarterna (Fig. 27).

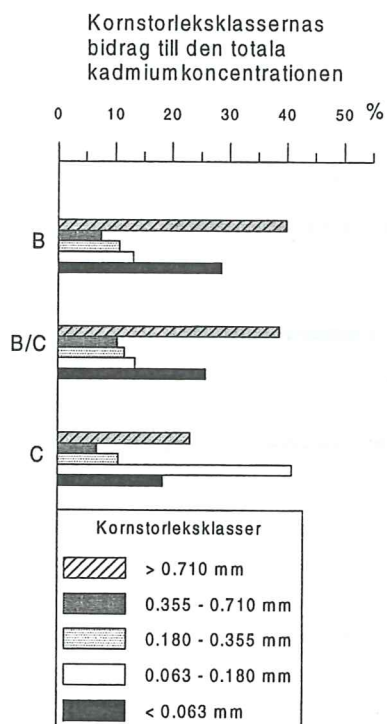


Fig. 26. De olika kornstorleksklassernas bidrag till den totala kadmiumhalten i moränen på Östaröd.

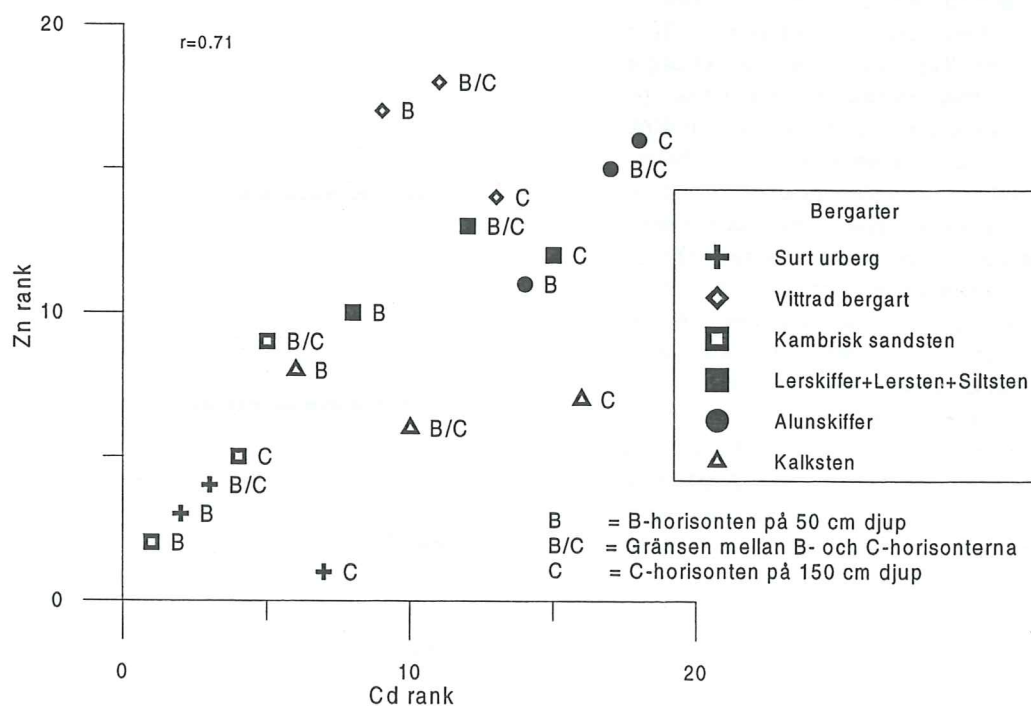


Fig. 27 Rangordnade kadmium- och zinkkoncentrationer i bergarterna i jordmånsprofilen på Östaröd.

Bergartssammansättningen i Östarödsmoränen avviker, som nämnts tidigare, från de andra moränerna i undersökningen genom en genomgående högre halt sedimentära bergarter. Ett annat särskiljande drag hos Östarödsmoränen är den vittrade bergarten som förekommer i halter upp till 5.5% (Fig. 18). Associationen sedimentära bergarter skiljer sig också från de övriga lokalerna med en klar dominans av kambrisk sandsten, en relativt hög halt kalksten, samt en ökande halt alunskiffer med djupet i samtliga kornstorleksklasser.

Bergartssammansättningen i fraktionerna 0.71-2.80 mm från Östarödsmoränen användes för att uppskatta hur stort bidraget från varje bergart är till kadmiumkoncentrationen i moränen. Dessa fraktioner utgör 14.5% i B-horisonten, 16.7% i gränsen mellan B-och C-horisonterna och 20.4% i C-horisonten på 150 cm djup. Beräkningarna speglar således inte förhållandena i hela moränen utan ska ses som en modell. Bergartssammansättningen, bestämd genom grusräkning, räknades om till

viktsprocent eftersom både kornstorleks-sammansättning och kadmiumkoncentration redovisas som viktsprocent. I beräkningarna användes varje fraktions bergartssammansättning medan sammansättningen som redovisas inom parentes i tabell 2 är ett medelvärde för alla fraktionerna 0.71-2.80 mm. Volymen av ett korn beräknades utifrån medelkorndiametern i varje kornstorleksintervall och antagandet att surt urberg, vittrad bergart, kambrisk sandsten och kalksten alla har formen av ett klot samt att fragment av skiffer/lersten/siltsten och alunskiffer har en platt cylinderform. Utifrån mätningar av alunskifferfragment gjordes antagandet att cylinderns tjocklek var en tredjedel av dess diameter. Litteraturvärden för bergarternas densiteter användes (Kearey & Brooks 1991). Bergarternas bidrag till den totala halten i moränen beräknades genom att kadmiumkoncentrationen i korn från alla kornstorleksklasserna lades samman (Tab. 2).

Tab. 2. Respektive bergarts bidrag (%) till kadmiumhalten i 0.71-2.8 mm från respektive provtagningsnivå på Östaröd. Medelvärdet för bergartssammansättningen (%) i material 0.71-2.8 mm redovisas inom parentes som jämförelse.

Bergart	B-horisonten (50 cm djup)	B/C-horisont gränsen	C-horisonten (150 cm djup)
Surt urberg	85.87 (92.9)	90.18 (92.4)	70.54 (88.1)
Vittrad bergart	7.89 (3.0)	1.60 (3.5)	11.90 (3.9)
Kambrisk sandsten	1.72 (1.4)	3.88 (1.9)	4.35 (4.5)
Lerskiffer/siltsten/lersten	1.24 (0.4)	0.98 (0.2)	1.32 (0.3)
Kalksten	1.66 (0.9)	2.31 (0.7)	5.58 (0.6)
Alunskiffer	1.62 (0.2)	1.06 (0.2)	6.31 (0.7)
Övriga bergarter	- (1.2)	- (1.1)	- (1.9)

Surt urberg dominerar bergartssammansättningen på Östaröd och dess bidrag till den totala halten i modellmoränen är också störst trots att själva bergartsfragmenten har en mycket låg kadmiumkoncentration (Fig. 16). Bergarten har relativt konstanta kadmium- och zinkkoncentrationer i djupled och detta kan tyda på att tungmetaller binds relativt hårt i denna bergart. Av denna anledning torde surt urberg vara en mindre viktig källa till de höga kadmiumkoncentrationer som uppmätts i grundvatten, bäckvattenväxter och morän i området kring Sankt Olof. Det är också värt att notera att surt urberg har en stor regional spridning och det är svårt att förklara varför området kring Sankt Olof skulle avvika med mycket höga halter kadmium.

Kambrisk sandsten uppvisar en liknande konstant och mycket låg kadmiumkoncentration oberoende av nivå i jordmånsprofilen. Detta mönster överensstämmer dåligt med de resultat som redovisats av Kornfält *et al.* (1996), som fann att kambrisk

sandsten från Österlen innehöll mycket höga kadmiumhalter (11.7 ppm). Korn av zinkblände fanns mellan kvartskornen i den kambriska sandstenen och identifierades som den sannolika orsaken till bergartens höga kadmiumhalt (Kornfält *et al.* 1996). Mina resultat tyder möjligen på att det inte finns en generell zinkbländeimpregnering av den kambriska sandstenen på Österlen. De låga halterna kadmium i C-horisontens kambriska sandstensfraktion utesluter att zinkbländet skulle ha vittrat bort i de ytligare jordmånslagen.

Övriga bergarter i undersökningen uppvisar en trend med ökande kadmiumkoncentrationer i djupled (Fig. 16). Det är värt att notera att alla dessa bergarter (vittrad bergart, alunskiffer, kalksten och lerskiffer/lerskiffer/siltsten/lersten) har en potential att adsorbera joner. Kadmiumkoncentrationsökningen med tilltagande djup i dessa bergarter kan därför spegla ett adsorptionsfenomen. Trenden kan emellertid även vara ett resultat av att

kadmiumförande mineral i bergarten vittrat bort i ytliga jordmånslager vilket lett till en utarmning av kadmium i ytan. Det är emellertid troligt att trenden bäst förklaras som en kombination av båda dessa mekanismer.

Kalkstenen innehåller relativt höga halter kadmium som ökar med djupet (Fig. 16). Kadmium kan anrikas i foraminiferskal och leda till att kadmiumhalten i kalkrika bergarter är relativt hög (Tab. 1; Heinrichs *et al.* 1980). De höga kadmiumkoncentrationerna i kalksten på de djupare nivåerna i jordmånsprofilen kan emellertid även vara en kombination av adsorption och resultatet av en utbytesreaktion på kalkstensfragmentets yta där kadmiumjoner substituerar kalciumjoner i ytliga kristaller.

Lerskiffer/siltsten/lersten och den vittrade bergarten uppvisar likartade halter kadmium samt en snarlik distribution i jordmånsprofilen. Lerskiffer/siltsten/lersten kan innehålla relativt höga halter kadmium (Tab. 1) och det är möjligt att dessa bergarter är primära kadmiumkällor i moränen. Det är emellertid också möjligt att kadmiumjonerna adsorberats sekundärt i dessa bergartsfragment, som består av ytterligt finkorniga primärpartiklar med hög utbyteskapacitet. Däremot är det inte troligt att kadmiumhalten i den vittrade bergarten primärt skulle varit högre än i motsvarande ovittrad bergart. Ökningen med djupet låter sig lättare förklaras som en sekundär adsorption som skett framför allt på de lermineral som nybildats i bergarten genom vittringsprocesserna.

Alunskiffer är den bergart som främst kan tänkas utgöra den primära kadmiumkällan i moränen eftersom den har runt 10 gånger högre kadmiumhalter än övriga bergarter (Fig. 16). Den låga frekvensen av bergarten gör emellertid att den inte bidrar med speciellt mycket kadmium till modellmoränens totala halt (Tab. 2). Ökningen i frekvens med djupet samt kadmiumkoncentrationens kraftiga gradient i djupled resulterar emellertid i att dess bidrag till totalhalten i C-horisonten är relativt stort. En ökande alunskifferhalt med djupet indikerar att bergarten kan vara bortvittrad i ytan och att kadmium som vittrat ut från bergarten troligen adsorberats på moränens finkorniga material.

8 Slutsatser

Grundvattnets kadmiumkoncentration är hög i både borrade och grävda brunnar i området kring Sankt Olof. Kadmiumhalterna i grundvattnet varierar mycket även inom ett och samma dräneringsområde vilket indikerar att mycket lokala geologiska förhållanden inverkar på kadmiumkoncentrationerna. Det saknas för närvarande detaljerad information om områdets berggrund men berggrundens sammansättning är troligen av primär betydelse för kadmiumkoncentrationen i områdets grundvatten. Berggrundssammansättningen har troligen en avgörande betydelse även för kadmiumhalten i den överlagrande moränen genom att moränen innehåller en stor andel lokala bergarter.

Resultaten i denna undersökning har, trots att materialet är mycket begränsat, visat att:

- Moränens kadmiumkoncentration uppvisar en geografisk variation inom ytmässigt sett små områden.
- Tendensen till ytanrikning av kadmium på två av lokalerna tyder på att området tillförs kadmium från en sekundär, antropogen kadmiumkälla via atmosfärisk deposition. Bidraget från en primär bergartsrelaterad, kadmiumkälla är tydligast i moränen på Östaröd. Här uppvisar kadmiumkoncentrationen en ökande gradient med djupet samtidigt som höga kadmiumhalter företrädesvis uppträder i de grova kornstorleksfraktioner, som domineras av bertartsfragment.
- Moränernas bergartssammansättning bestämmer storleken av och den geografiska variationen i kadmiumkoncentration. Alunskifferfragmenten i moränen innehåller mycket höga halter kadmium och utgör därigenom en viktig kadmiumkälla i morän med hög alunskifferhalt.
- Kadmiumhalten är stor i finfraktionen i samtliga undersökta moräner och kadmiumkoncentrationen i denna fraktion ökar med tilltagande djup. Efter mobilisering av kadmium genom vittring verkar adsorption av kadmium till finkornigt material i moränen vara en av de viktigaste mekanismerna som bestämmer kadmiumdistributionen i jordmånsprofilen. En kvantitativ utvärdering av adsorptionens betydelse kräver emellertid en mer detaljerad undersökning innefattande en selektiv extraktion av utbytbar kadmium.
- Tendenserna till en samvariation mellan kadmium- och zinkkoncentrationer i både bergarter och morän indikerar att dessa element kan härröra från ett gemensamt mineral.

I alla moment som innefattar geokemiska analyser kan mätfel förekomma. Förorening av proverna vid provtagning, hantering och förvaring har i görligaste mån minimerats. Eventuella fel som trots detta orsakats av kontaminering är omöjliga att kvantifiera. Bergartsanalysen uppskattas dock vara den största felkällan i denna undersökning. Bergartsklassificering baserad på en okulär bedömning är en relativt osäker metod. I denna undersökning har korn mindre än de som vanligen används för bergartsklassificering analyserats varför osäkerheten ökar. I de finaste fraktionerna bedömdes rena kvartskorn vara surt urberg trots att materialet kan vara av sedimentärt ursprung. Kalksten provades med saltsyra vilket ibland ledde till att materialet löstes upp och inte kunde användas i senare kemiska analyser. Bergartsklasser som inte kunde analyseras på grund av brist på material är en annan felkälla.

Tackord

Ett stort och varmt tack till min handledare Siv Olsson som med sin kunskap och uppmuntran hjälpt mig mycket under detta arbete. Ett stort tack även till Johan Holmqvist för idén till denna undersökning, givande diskussioner samt mycket uppskattad hjälp vid fältarbetet. Tack även till Länsstyrelsen i Kristianstad, VBB VIAK Malmö samt Tomelilla och Simrishamns kommuner för att jag har fått tillgång till opublicerat material som varit till stor nytta för detta arbete. Ett särskilt tack till Karl-Axel Kornfält på SGU i Lund för hjälp med att få tillgång till material inom SGU. Tack även till Gunnar Digerfält som har läst och kommenterat arbetet. Till sist vill jag tacka Mats Åkesson för assistans vid figurritning och kopiering samt Petter Johansson för granskning av uppsatsens språk.

Referenser

- Adriano, D.C. 1986: *Trace Elements in the Terrestrial Environment* Springer-Vlg, Berlin. Sidor 533.
- Alloway, B.J. 1990: *Heavy Metals in Soils*. Blackie, Glasgow. Sidor 339.
- Andersson, A. 1975: Relative efficiency of nine different soil extractants. *Swedish J. Agric. Res.* 5; 125-135.
- Andersson, A. Dahlman, B. Gee, D.G. Snäll, S. 1985: The Scandinavian Alum Shales. *Sveriges geologiska undersökning, Avhandlingar och uppsatser I A4. Ser. Ca Nr. 56. Sidor 50.*
- Balsberg-Påhlsson, A-M. 1990: *Handledning i kemiska metoder vid växtekologiska arbeten. 6 upplagan.* Meddelanden från växtekologiska institutionen Lunds universitet 0348-245642. sidor 58.
- Bergström, J. & Shaikh, N.A. 1980: Malmer, industriella mineral och bergarter i Kristianstad län. Projekt för länsplaneringen 1980. *Rapporter och meddelanden Sveriges Geologiska Undersökning 220349-2176*, Uppsala. Sidor 89.
- Christensen, T.H. 1984: Cadmium Soil Sorption at Low Concentrations: I. Effect of time, Cadmium Load, pH and Calcium. *Water, Air and Soil Pollution* 21 (1984) 105-114.
- Christensen, T.H. 1987 Cadmium Soil Sorption at Low Concentrations: V. Evidence of Competition by Other Heavy Metals. *Water, Air and Soil Pollution* 34 (1987) 293-303
- Chubin, R.G. & Street, J.J. 1981: Adsorption of Cadmium on Soil Constituents in the Presence of Complexing Ligands *J. Environ. Qual.*, Vol.10, nr. 2, 1981, 225-229.
- Daniel, E. 1986: Beskrivning av jordartskartorna Tomelilla SO/Simrishamn SV Ystad NO/Örnahusen NV. *Sveriges Geologiska Undersökning, Serie Ae Nr 65-66.* Offsetcenter AB, Uppsala. Sidor 151.
- Eriksson J. Andersson, A. Söderström, M. 1995: Kadmiumhalter i matjorden i svensk åkermark. *Naturvårdsverket Rapport 0282-7298 4450.* Naturvårdsverkets förlag. Sidor 30.
- Esser, K.B. 1996: Reference concentrations for heavy metals in mineral soils, oat and orchard grass (dåctylis glomerata) from three agricultural regions in Norway. *Water Air and Soil Pollution* 89 (1996) 375-397.
- Fergusson, J.E. 1990: *The Heavy Elements Chemistry, Environmental Impact and Health Effects.* Pergamont Press, Oxford. Sidor 614.
- Friberg, L. Johansson, N. Nordberg, G. Skerfvinge, S. Andersson, A. 1990: Hälsoeffekter och försurning: kunskapssammanställning om hälsomässig betydelse av förändrad metallexponering: underlag til forskningsprogram. *Statens Naturvårdsverk Rapport 0208-7298 3823.* Statens Naturvårdsverk Solna. Sidor 96.
- Fredén, C. 1994: *Berg och Jord. Sveriges Nationalatlas*, Bra Böcker, Stockholm, Höganäs. Sidor 208.
- Gabrielsson, O. 1946: Studier över elementfördelningen i zinkblände från svenska fyndorter. *Sveriges Geologiska Undersökning, Serie C468*, Uppsala, 1-52.
- Gong, H. Rose, A.W. Suhr, N.H. 1977: The Geochemistry of Cadmium in Some Sedimentary Rocks. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 41, 1687-1692.
- Heinrichs, H. Schulz-Dobrick, B. Wedepohl, K.H. 1980: Terrestrial geochemistry of Cd, Bi, Tl, Pb, Zn and Rb. *Geochimica et Cosmochimica Acta* Vol. 44. 1519-1533
- Hägg, G. 1969: *Kemisk reaktionslära processer och jämvikter i kemisk analys.* Almqvist och Wiksells Boktryckeri AB, Stockholm. Sidor 212.
- Johansson, Å. 1983: Composition of sphalerites in some Swedish Pb-Zn-bearing veins. Särtryck ur *Annual Report of the Ore research Group Stockholm University* 1983. 117-144.
- Johansson, Å. & Rickard, D.T. 1982: The Variscan lead-zinc-fluorite veins of Southern Sweden. *Bull. Du BRGM 12, section 11, no 2*, 133-142.
- Kearey, P. & Brooks, M. 1991: *An Introduction to Geophysical Exploration 2nd Edition.* Blackwell Scientific Publications Oxford. Sidor 254.
- Kornfält, K-A. Andersson, M. Daniel, E. Och Persson, M. 1996: Kadmium i marken i sydöstra Skåne. *Sveriges Geologiska Undersökning Rapporter och meddelanden nr 82*, Uppsala. Sidor 52.
- Lagerlund, E. 1987. An alternative Weichselian glaciation model, with special reference to the glacial history of Skåne, South Sweden. *Boreas* Vol. 16, 433-459.
- Leeder, M.R. 1982: *Sedimentology Processes and Product.* Allen & Unwin, London. Sidor 344.
- Lin Z. 1997: Geochemical and Mineralogical Studies of Sulfidic Wastes in Central Sweden. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology 280. *Acta Universitatis Upsalensis*, Uppsala. Sidor 104.

- Lindström, C. 1995: *Österlenåar - en sammanfattning. Översiktlig beskrivning av Österlens vattendrag med förslag till provtagningslokaler för vattenkemi och biologi. Förslag till strategi vid beskrivning av vattendrag.* Länsstyrelsen i Kristianstad län, Kristianstad. Sidor 51.
- Nilsson, R. 1979: Sweden Bans Major Uses of Cadmium. *AMBIO*, 8, 275-277.
- Nilsson, P. & Johansson, J. 1994: *Avloppsslam från S:t Olofs reningsverk, Förhöjda kadmiumhalter. Orsakande faktorer-teknisk utredning.* Tekniska kontoret Simrishamns kommun. Sidor 13.
- Nordforsk Miljövårdssektariatet 1975: *Interkalibrering af sedimentkemiske analysemetoder. Rapport från arbetsgruppen för vattenanalys.* Publikation 1975:6. Sidor 40.
- Notter, M. (red) 1993: *Metallerna och miljön. Statens Naturvårdsverk Rapport 0282-7298 4135.* AB Fälths Tryckeri, Värnamo. Sidor 202.
- Ressar, H. Olsson, S.-Å. & Ekelund, L. 1987: *Geokemiska kartan. Tungmetaller i bäcktorv. Sveriges geologiska undersökning - Rapporter och meddelanden 49.*
- Rühling, Å. Steinnes, E. Berg, T. 1996: *Atmospheric Heavy Metal Deposition in Northern Europe 1995.* NORD 1996:37. Copenhagen Nordic Council of Ministers. Fritze, Stockholm. Sidor 46.
- Sánchez-Martin, M.J. & Sánchez-Camazano, M. 1993 Adsorption and Mobility of Cadmium in Natural, Uncultivated Soils *J. Environ. Qual.* Vol 22, 1993, sid 737-742.
- Sposito, G. 1989: *The environmental chemistry of aluminium.* Boca Raton, Fla. Sidor 317.
- Stark, J.G & Wallace, H.G. 1982: *Chemistry Data Book 2nd Edition in SI.* Murray, London. Sidor 112.
- Statens Livsmedelsverks kungörelse om dricksvatten 1989:30 (omtryck 1993:35)
- Stumm, W. 1992: *Chemistry of the solid-water interface - Processes at the mineral-water and particle-water interface in natural systems.* John Wiley & Sons, Inc. New York. Sidor 428.
- Talme, O. & Almén, K-E. 1975: *Jordartsanalys Laboratorieanvisningar Del 1.* Kompendium Kvartärgeologiska institutionen Stockholms Universitet. Sidor 128.
- Till, R. 1974: *Statistical Methods for the Earth Scientist an Introduction.* Macmillan, London. Sidor 154.
- Tyler, G. Bergkvist, B. Rühling, Å. & Wiman, B. 1983: *Metaller i skogsmark - deposition och omsättning. Statens Naturvårdsverk PM 0346-7309 1692.* Statens Naturvårdsverk Solna. Sidor 65.
- Åmark, M. 1984: The Deglaciation of the Eastern Part of Skåne, Southeastern Sweden. A Study of Till and Stratified Drift. *Lundqua Thesis, Vol. 15* Lund University, Department of Quaternary Geology. Lund. Sidor 124.
- Åmark, M. 1987: Ice movements, ice recession and till formation. *Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar, vol. 109, Pt. 4, 275-290.* Stockholm.

Opublicerat material:

Resultat av grundvattenanalyser utförda av miljö- och hälsoskyddsnämnderna i Tomelilla och Simrishamn kommuner.

Analys av ytvattenkvaliteten gjorda av Länsstyrelsen i Kristianstad.

Grundvattenanalyser registrerade i brunnsarkivet hos SGU. Även vissa av de biogeokemiska analysresultaten är opublicerat material.

Appendix

Tabell 1	I
Tabell 2	I
Tabell 3	II
Tabell 4	II
Tabell 5	III
Tabell 6	IV
Tabell 7	V
Tabell 8	V
Tabell 9	VI
Tabell 10	VI
Tabell 11	VI
Tabell 12	VI
Tabell 13	VII
Tabell 14	VII
Tabell 15	VII

Tabell 1. Geokemiska parametrar på fem nivåer i jordmånsprofilen på Stråntebacka (SB) och Östaröd (ÖR) samt på fyra nivåer på De dödas lott (DDL); A-horisonten, B-horisonten på 50 cm djup, B/C-horisontgränsen, C-horisonten på 100 respektive 150 cm djup.

Lokal och nivå	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	Organiskt kol (%)	Lerhalt (%)	Ca/Ti	Mg/Ti
SB A	3.6	2.9	4.20	-	2.28	0.50
SB B	4.4	4.2	1.21	1.88	4.07	1.53
SB B/C	4.6	4.3	0.36	2.94	4.01	1.49
SB C 100 cm	4.3	4.2	0.33	4.50	-	-
SB C 150 cm	5.0	4.3	0.11	1.81	3.66	1.11
ÖR A	4.2	3.0	5.12	-	2.36	0.70
ÖR B	4.8	4.6	0.69	0.56	4.45	1.77
ÖR B/C	4.9	4.6	4.41	0.79	4.90	1.95
ÖR C 100 cm	4.8	4.6	0.17	1.52	-	-
ÖR C 150 cm	5.3	4.5	0.10	1.26	4.99	1.64
DDL A	3.7	2.7	5.59	-	3.10	0.83
DDL B/C	4.5	4.1	0.77	3.12	3.51	1.73
DDL C 100 cm	4.6	4.2	0.29	6.34	-	-
DDL C 150 cm	4.5	4.1	0.87	1.23	3.61	1.95

Tabell 2. Östarödmoränens totala halt av kadmium och zink på fem nivåer i jordmånsprofilen samt halterna i fyra kornstorleksklasser i B-horisonten, B/C-horisontgränsen samt C-horisonten på 100 respektive 150 cm djup.

Lokal		Total halt	0.355-0.710 mm	0.180-0.355 mm	0.063-0.180 mm	<0.063 mm
ÖR A						
	Cd (ppm)	0.1160				
	Zn (ppm)	43.300				
ÖR B						
	Cd (ppm)	0.1670	0.089	0.091	0.138	0.306
	Zn (ppm)		94.4	106.796	187.833	482.753
ÖR B/C						
	Cd (ppm)	0.1870	0.129	0.108	0.166	0.330
	Zn (ppm)		120.937	117.726	181.555	477.317
ÖR 100						
	Cd (ppm)	0.2503				
ÖR 150						
	Cd (ppm)	0.2496	0.106	0.143	1.090	1.127
	Zn (ppm)		67.531	74.718	172.071	610.165

Tabell 3. Stråntebackamoränens totala halt av kadmium och zink på fem nivåer i jordmånsprofilen samt halterna i fyra kornstorleksklasser i B-horisonten, B/C-horisontgränsen samt C-horisonten på 100 respektive 150 cm djup

Lokal		Total halt	0.355-0.710 mm	0.180-0.355 mm	0.063-0.180 mm	<0.063 mm
SB A						
	Cd (ppm)	0.124				
	Zn (ppm)	23.263				
SB B						
	Cd (ppm)	0.0833	0.044	0.037	0.058	0.257
	Zn (ppm)		36.300	27.017	35.465	128.245
SB B/C						
	Cd (ppm)	0.0490	0.051	0.051	0.053	0.123
	Zn (ppm)		56.392	33.862	37.597	135.477
SB 100						
	Cd (ppm)	0.0540				
SB 150						
	Cd (ppm)	0.0500	0.053	0.058	0.063	0.127
	Zn (ppm)		35.458	25.897	35.098	137.277

Tabell 4. Moränens totala halt av kadmium och zink på fyra nivåer i jordmånsprofilen på De dödas lott samt halterna i fyra kornstorleksklasser i B/C-horisontgränsen samt C-horisonten på 100 respektive 150 cm djup.

Lokal		Total halt	0.355-0.710 mm	0.180-0.355 mm	0.063-0.180 mm	<0.063 mm
DDL A						
	Cd (ppm)	0.061				
	Zn (ppm)	32.663				
DDL B/C						
	Cd (ppm)	0.0727	0.073	0.083	0.133	0.164
	Zn (ppm)		28.499	24.866	36.132	134.167
DDL 100						
	Cd (ppm)	0.0510				
DDL 150						
	Cd (ppm)	0.0410	0.039	0.056	0.214	0.218
	Zn (ppm)		40.499	47.329	52.432	147.762

Tabell 5. Östarödmoränens bergartssammansättning (%) i fyra kornstorleksfraktioner i B-horisonten på 50 cm djup, B/C-horisontgränsen samt i C-horisonten på 100 respektive 150 cm djup. Kadmium- och zinkkoncentrationen (ppm) i sex bergarter från B-horisonten, B/C-horisontgränsen samt C-horisonten på 150 cm djup redovisas längst ner i tabellen liksom kadmiumkoncentrationen i den saltsyra som användes vid bergartsanalysen.

Lokal Nivå	Kornstorlek (mm)	Surt urberg (%)	Vittrad bergart (%)	Basiskt urberg (%)	Kamb. sst. (%)	Lsk/Lst /Sst. (%)	Alun skiffer (%)	Kalk sten (%)	Flinta (%)	Osäkra Övrigt (%)	Glim. skiffer (%)
ÖR B	0.71 - 1.0 n=2542	94.49	2.79	0	0.71	0.83	0.04	0.75	0.08	0.31	0
	1.0 - 1.4 n=1738	92.92	4.20	0	0.81	0.46	0.23	0.92	0.17	0.29	0
	1.4 - 2.0 n=1259	92.45	3.02	0.08	1.35	1.27	0.16	1.19	0.32	0.08	0.08
	2.0 - 2.8 n=725	91.86	1.93	0	2.62	0.97	0.55	0.69	0.41	0.55	0.41
ÖR B/C	0.71 - 1.0 n=1781	96.13	2.25	0	0.84	0	0.17	0.22	0.22	0.22	0
	1.0 - 1.4 n=1242	93.56	2.90	0.08	1.69	0.08	0.16	0.64	0.08	0.40	0
	1.4 - 2.0 n=927	90.72	3.34	0.11	2.05	0.22	0.43	1.62	0.43	0.76	0.22
	2.0 - 2.8 n=836	89.23	5.38	0	2.99	0.12	0.12	0.48	0.36	0.48	0
ÖRC100	0.71 - 1.0 n=904	93.36	3.76	0	1.66	0.33	0.22	0.44	0	0.22	0
	1.0 - 1.4 n=858	88.93	4.90	0	5.01	0.35	0	0	0.47	0.23	0.12
	1.4 - 2.0 n=841	80.02	5.47	0	10.58	0.59	0.12	1.55	0.48	0.95	0.24
	2.0 - 2.8 n=765	75.29	4.58	0	15.16	1.18	0.26	1.96	0.26	1.18	0.13
ÖRC150	0.71 - 1.0 n=2770	93.75	2.24	0.07	1.88	0.29	0.61	0.22	0.11	0.83	0
	1.0 - 1.4 n=1013	89.83	3.85	0	3.06	0.30	0.79	0.30	0.69	1.09	0
	1.4 - 2.0 n=1699	86.64	4.71	0	5.83	0.41	0.89	0.29	0.18	0.82	0
	2.0 - 2.8 n=851	82.26	4.94	0.12	7.40	1.29	0.59	1.53	0.71	1.18	0
		Surt urberg (ppm)	Vittrad bergart (ppm)	Basiskt urberg (ppm)	Kamb. sst. (ppm)	Lsk/Lst /Sst. (ppm)	Alun skiffer (ppm)	Kalk sten (ppm)	Flinta (ppm)	Osäkra Övrigt (ppm)	Glim. skiffer (ppm)
B	Cd	0.1427	0.5176	-	0.1347	0.5033	1.3739	0.3069	-	-	-
B	Zn	116.07	1077.5	-	115.53	440.90	469.47	218.71	-	-	-
B/C	Cd	0.1843	0.5817	-	0.2963	0.6753	2.0663	0.5547	-	-	-
B/C	Zn	134.82	1169.8	-	253.95	736.06	1020.8	167.65	-	-	-
C	Cd	0.3270	1.0492	-	0.2730	1.3909	8.058	2.0362	-	-	-
C	Zn	85.51	789.75	-	147.64	556.39	1074.3	177.03	-	-	-
HCl	Cd (ppb)	3.91									

Tabell 6. Stråntebackamoränens bergartssammansättning (%) i fyra kornstorleksfraktioner i B-horisonten på 50 cm djup, B/C-horisontgränsen samt i C-horisonten på 100 respektive 150 cm djup.

Lokal Nivå	Kornstorlek (mm)	Surt urberg (%)	Vittrad bergart (%)	Basiskt urberg (%)	Kamb. sst. (%)	Lsk/Lst /Sst. (%)	Alun skiffer (%)	Kalk sten (%)	Flinta (%)	Osäkra Övrigt (%)	Glim. skiffer (%)
SB B	0.71- 1.0 n=1083	98.34	0	0.09	0.55	0.37	0.18	0.18	0	0.28	0
	1.0 - 1.4 n=1542	96.63	0.13	0.65	0.26	1.04	0.19	0.06	0.13	0.84	0.06
	1.4 - 2.0 n=1099	96.72	0	0	0.82	1.09	0.27	0.18	0.27	0.64	0
	2.0 - 2.8 n=901	95.56	0.32	0	0.95	1.48	0.21	0.42	0.32	0.53	0.21
SB B/C	0.71- 1.0 n=1204	98.42	0	0	0.33	0.58	0	0.17	0	0.50	0
	1.0 - 1.4 n=895	98.44	0	0	0.33	0.89	0	0.22	0	0.11	0
	1.4 - 2.0 n=1122	98.04	0	0	0.36	0.71	0.09	0.18	0.18	0.45	0
	2.0 - 2.8 n=901	97.23	0	0	0.89	0.44	0	0.67	0.33	0.33	0.11
SBC100	0.71- 1.0 n=1310	98.47	0	0	0.69	0.69	0.15	0	0	0	0
	1.0 - 1.4 n=845	98.70	0	0	0.47	0.47	0.12	0	0	0.24	0
	1.4 - 2.0 n=986	98.97	0	0	0.71	0.81	0.10	0.10	0	0.30	0
	2.0 - 2.8 n=779	98.33	0	0	0.90	0.64	0	0	0	0.13	0
SBC150	0.71- 1.0 n=1089	98.71	0	0	0.09	0.73	0.09	0	0	0.28	0
	1.0 - 1.4 n=901	98.34	0	0	0.78	0.44	0	0.11	0	0.11	0
	1.4 - 2.0 n=1729	97.51	0	0	0.93	0.75	0.06	0.40	0.06	0.23	0.06
	2.0 - 2.8 n=1001	96.50	0	0	1.00	1.10	0.20	0.60	0.30	0.20	0.10

Tabell 7. Bergartssammansättning (%) på De dödas lott i fyra kornstorleksfraktioner i B/C-horisontgränsen samt i C-horisonten på 100 respektive 150 cm djup.

Lokal Nivå	Kornstorlek (mm)	Surt urberg (%)	Vittrad bergart (%)	Basiskt urberg (%)	Kamb. sst. (%)	Lsk/Lst /Sst. (%)	Alun skiffer (%)	Kalk sten (%)	Flinta (%)	Osäkra Övrigt (%)	Glim. skiffer (%)
DDLB/C	0.71- 1.0 n=1756	96.41	0.51	0	0.46	0	0	0.68	0	1.94	0
	1.0 - 1.4 n=1297	97.15	0.93	0	0.23	0.08	0.08	0.31	0.08	1.16	0
	1.4 - 2.0 n=1212	96.62	0.17	0.33	1.07	0.08	0	0.99	0.17	0.58	0
	2.0 - 2.8 n=883	97.17	0	0.68	1.36	0.34	0	0.23	0	0.23	0
DDL100	0.71- 1.0 n=1221	98.85	0	0.41	0.08	0.08	0	0	0.08	0.41	0
	1.0 - 1.4 n=1253	97.61	0.16	0	1.20	0.32	0.08	0.40	0.16	0.08	0
	1.4 - 2.0 n=1508	96.82	0.33	0	1.13	0.33	0	0.86	0.27	0.27	0
	2.0 - 2.8 n=491	94.91	0	0.61	2.04	0	0	0.81	0.20	1.43	0
DDL150	0.71- 1.0 n=1193	99.33	0.08	0	0.25	0.08	0	0.17	0	0.08	0
	1.0 - 1.4 n=1480	99.05	0	0	0.14	0.20	0	0.07	0	0.54	0
	1.4 - 2.0 n=1785	99.05	0	0	0.39	0.11	0	0.17	0.17	0.11	0
	2.0 - 2.8 n=1110	99.46	0	0	0.18	0.18	0	0	0.09	0.09	0

Tabell 8. Kadmiumhalten i fem kornstorleksklasser i B-horisonten på Stråntebacka (50 cm djup). Moränens totalhalt är 83.3 ppb (0.0833 ppm).

Kornstorleksfraktion (mm)	A Kornstorleksfrekvens (%)	B Cd-halt i respektive fraktion (ppb)	C=A*B Cd-halt i moränen från resp. fraktion (ppb)
> 0.710	40.0	50.0	20.0
0.355-0.710	9.9	44.0	4.4
0.180- 0.355	17.3	37.0	6.4
0.063- 0.180	16.0	58.0	9.3
< 0.063	16.8	257.0	43.2

Tabell 9. Kadmiumhalten i fem kornstorleksklasser i B/C-horisontgränsen på Stråntebacka (80-85 cm djup). Moränens totalhalt är 49.0 ppb (0.049 ppm).

Kornstorleksfraktion (mm)	A Kornstorleksfrekvens (%)	B Cd-halt i respektive fraktion (ppb)	C=A*B Cd-halt i moränen från resp. fraktion (ppb)
>0.710	37.1	4.9	1.8
0.355-0.710	10.3	51.0	5.3
0.180- 0.355	15.2	51.0	7.8
0.063- 0.180	17.0	53.0	9.0
< 0.063	20.4	123.0	25.1

Tabell 10. Kadmiumhalten i fem kornstorleksklasser i C-horisonten på Stråntebacka (150 cm djup). Moränens totalhalt är 50.0 ppb (0.050 ppm).

Kornstorleksfraktion (mm)	A Kornstorleksfrekvens (%)	B Cd-halt i respektive fraktion (ppb)	C=A*B Cd-halt i moränen från resp. fraktion (ppb)
>0.710	37.8	10.3	3.9
0.355-0.710	11.5	53.0	6.1
0.180- 0.355	19.1	58.0	11.1
0.063- 0.180	17.6	63.0	11.1
< 0.063	14.0	127.0	17.8

Tabell 11. Kadmiumhalten i fem kornstorleksklasser i B/C-horisontgränsen på De dödas lott (50 cm djup). Moränens totalhalt är 73.0 ppb (0.073 ppm).

Kornstorleksfraktion (mm)	A Kornstorleksfrekvens (%)	B Cd-halt i respektive fraktion (ppb)	C=A*B Cd-halt i moränen från resp. fraktion (ppb)
>0.710	41.7	7.4	3.1
0.355-0.710	10.6	73.0	7.7
0.180- 0.355	14.2	83.0	11.8
0.063- 0.180	14.6	133.0	19.4
< 0.063	18.9	164.0	31.0

Tabell 12. Kadmiumhalten i fem kornstorleksklasser i C-horisonten på De dödas lott (150 cm djup). Moränens totalhalt är 41.0 ppb (0.041 ppm).

Kornstorleksfraktion (mm)	A Kornstorleksfrekvens (%)	B Cd-halt i respektive fraktion (ppb)	C=A*B Cd-halt i moränen från resp. fraktion (ppb)
>0.710	70.6	0	-3
0.355-0.710	5.1	39.0	2.0
0.180- 0.355	6.6	56.0	3.7
0.063- 0.180	7.4	214.0	15.8
< 0.063	10.3	218.0	22.5

Tabell 13. Kadmiumhalten i fem kornstorleksklasser i B-horisonten på Östaröd (50 cm djup). Moränens totalhalt är 167.0 ppb (0.167 ppm).

Kornstorleksfraktion (mm)	A Kornstorleksfrekvens (%)	B Cd-halt i respektive fraktion (ppb)	C=A*B Cd-halt i moränen från resp. fraktion (ppb)
>0.710	34.6	193.1	66.8
0.355-0.710	14.2	89.0	12.6
0.180- 0.355	19.6	91.0	17.8
0.063- 0.180	16.0	138.0	22.1
< 0.063	15.6	306.0	47.7

Tabell 14. Kadmiumhalten i fem kornstorleksklasser i B/C-horisontgränsen på Östaröd (80-85 cm djup). Moränens totalhalt är 187.0 ppb (0.187 ppm).

Kornstorleksfraktion (mm)	A Kornstorleksfrekvens (%)	B Cd-halt i respektive fraktion (ppb)	C=A*B Cd-halt i moränen från resp. fraktion (ppb)
>0.710	35.0	206.3	72.2
0.355-0.710	15.1	129.0	19.5
0.180- 0.355	20.0	108.0	21.6
0.063- 0.180	15.2	166.0	25.2
< 0.063	14.7	330.0	48.5

Tabell 15. Kadmiumhalten i fem kornstorleksklasser i C-horisonten på Östaröd (150 cm djup). Moränens totalhalt är 250.0 ppb (0.250 ppm).

Kornstorleksfraktion (mm)	A Kornstorleksfrekvens (%)	B Cd-halt i respektive fraktion (ppb)	C=A*B Cd-halt i moränen från resp. fraktion (ppb)
>0.710	52.1	111.3	58.0
0.355-0.710	16.0	106.0	17.0
0.180- 0.355	18.4	143.0	26.3
0.063- 0.180	9.4	1090.0	102.5
< 0.063	4.1	1127.0	46.2

Tidigare skrifter i serien "Examensarbeten i Geologi vid Lunds Universitet":

29. Regnell, Mats, 1988: Stenåldersmänniskans vegetationspåverkan på Kullaberg, nordvästra Skåne. En paleoekologisk studie.
30. Siverson, Mikael, 1989: Palaeosporinacid selachians from the Late Cretaceous of the Kristianstad Basin, Skåne, Sweden.
31. Mathiasson, Lena, 1989: REE i svekofenniska migmatitneosomer och sensvekofenniska graniter från Nyköpingsområdet.
32. Månsson, Agneta, 1990: Kinematic analysis of the basement-cover contact of the western margin of the Grong-Olden Culmination, Central Norwegian Caledonides.
33. Lagerås, Per, 1991: Kontinuitet i utnyttjandet av Baldringes utmarker. En pollenanalytisk studie i Skogshejdan, Skåne.
34. Rundgren, Mats, 1991: Litostratigrafi och paleomiljöutveckling i Langelandselv-området, Jameson Land, östra Grönland.
35. Björkman, Leif, 1991: Vegetationshistorisk undersökning av en för-historisk jordmånsprofil begravd under en stensträng i Rösered, Västergötland.
36. Holmström, Patrich, Möller, Per, & Svensson, Mats, 1991: Water supply study at Manama, southern Zimbabwe.
37. Barnekow, Lena, 1991: Jämförelse mellan hydrometer-, pipett- och sedigrafmetoderna för kornstorleksanalyser.
38. Ask, Rikard, 1992: Rocks of the anorthosite-mangerite-charnockite-granite suite along the Protogine Zone, southern Sweden.
39. Leander, Per & Persson, Charlotte, 1992: En geologisk och geohydrologisk undersökning av Siesjöområdet norr om Sölvesborg.
40. Mannerstrand, Maria, 1992: Röntgenkaraktärisering och optisk undersökning av kalifältspater från Varbergscharnockiten och Hinnerydsgraniten, sydvästra Sverige.
41. Johansson, Per, 1992: Moränstratigrafisk undersökning i kustklingar, NV Polen.
42. Hagin, Lena, 1992: Övergången mellan koronadiabas och eklogit i Seveskollan på Grapesvare, Norrbotten, svenska Kaledoniderna.
43. Nilsson, Patrik, 1992: Caledonian Geology of the Laddjuvaggi Valley, Kebnekaise-area, northern Swedish Caledonides.
44. Nilsson, Pia, 1992: Lateritisering - en process som kan ha orsakat kontinental Fe-anrikning i Skåne under rät-lias.
45. Jacobsson, Mikael, 1993: Depositional and petrographic response of climatic changes in the Triassic of Höllviken-II, southern Sweden.
46. Christodoulou, Gina, 1993: Agglutinated foraminifera from the Campanian of the Kristianstad basin, southern Sweden.
47. Söderlund, Ulf, 1993: Structural and U-Pb isotopic age constraints on the tectonothermal evolution at Glassvik, Halland.
48. Remelin, Mika, 1993: En revision av Hedströms *Phragmoceras*-arter från Gotlands Silur.
49. Gedda, Björn, 1993: Trace fossils and Palaeoenvironments in the Middle Cambrian at Äleklinta, Öland, Sweden.
50. Månsson, Kristina, 1993: Trilobites and stratigraphy of the Middle Ordovician Killeröd Formation, Scania.
51. Carlsson, Patric, 1993: A Petrographic and Geochemical Study of the Early Proterozoic, Bangenhuk Granitoid Rocks of Ny Friesland, Svalbard.
52. Holmqvist, Björn.H., 1993: Stratigrafiska undersökningar i sjön Vuolep Njakajaure, Abisko.
53. Zander, Mia, 1993: Sedimentologisk undersökning av en kvartär deltaavlagring vid övre Jyllandselv, Jameson Land, Östgrönland.
54. Albrecht, Joachim, 1993: Sedimentological and lithostratigraphical investigations in the gravel pit "Hinterste Mühle" at Neubrandenburg, northeastern Germany.
55. Magnusson, Martin, 1994: Sedimentologisk och morfologisk undersökning av Gyllebo-Baskemöllafältet, östra Skåne.
56. Holmqvist, Johan, 1994: Vittring i en moränjord vid Farabol, NV Blekinge.
57. Andersson, Torbjörn, 1994: A sedimentological study of glacial deposits in the upper Sjelandselv area, Jameson Land, East Greenland.
58. Hellman, Fredrik, 1994: Basement - cover relationships in the Harkerbreen Group of the northern Ny Friesland Caledonides, Svalbard.
59. Friberg, Magnus, 1994: Structures and PT determination of the Caledonian metamorphism of the lower part of the Planetfjella Group in the area around Mosseldalen, northern Ny Friesland, Svalbard.
60. Remelin, Mika, 1994: Palaeogeographic and sedimentation models for the Whitehill-Irati sea during the Permian of South America and southern Africa.
61. Hagman, Mats, 1994: Bevattning med avloppsvatten - en hydrogeologisk studie.
62. Sandström, Olof, 1994: Petrology and depositional history of the Campanian strata at Maltesholm, Scania, southern Sweden.
63. Pålsson, Christian, 1995: Middle-Upper Ordovician trilobites and stratigraphy along the Kyrkbäcken rivulet in the Röstånga area, southern Sweden.
64. Gustafson, Lars, 1995: Senkvartär stratigrafi och utveckling i Örseryd, mellersta Blekinge.

65. Gichina, Boniface M., 1995: Early Holocene water level changes as recorded on the island of Senoren, eastern Blekinge, southeastern Sweden.
66. Nilson, Tomas, 1996: Process- och miljötolkning av sedimentationen i en subglacial läsideskavitet, Järnavik, S. Blekinge.
67. Andersson, Jenny, 1996: Sveconorwegian influence on the ca. 1.36 Ga old Tjärnesjö granite, and associated pyroxene bearing quartz-monzonites in southwestern Sweden.
68. Olsson, Ingela, 1996: Sedimentology of the Bajocian Fuglunda Member at Eriksdal, Scania, southern Sweden.
69. Calner, Hanna, 1996: Trace fossils from the Paleocene-Middle Eocene Monte Sporno flysch complex, Northern Apennines, Italy.
70. Calner, Mikael, 1996: Sedimentary structures and facies of fine grained deep-water carbonate turbidites in a Paleocene-Middle Eocene flysch complex, Monte Sporno, Northern Apennines, Italy.
71. Hesbøl, Ros-Mari, 1996: Retrograded eclogites of the Richarddalen Complex, NW Svalbard - Petrology and P/T-conditions.
72. Eriksson, Mats, 1996: Lower Silurian polychaetaspid and raphioprionid polychaetes from Gotland: aspects on taxonomy and palaeoecology.
73. Larsson, Daniel, 1996: Proterozoic hydrothermal alteration and mineralization along the Protogine Zone in southern Sweden.
74. Rees, Jan, 1996: A new hybodont shark fauna from the Upper Jurassic Vitabäck Clays at Eriksdal, Scania, southern Sweden.
75. Bengtsson, Fredrik, 1996: Paleomagnetisk undersökning av senpaleozoiska gångbergarter i Skåne; Kongadiabas, melafyr och kullait.
76. Björngreen, Maria, 1996: Kontrollprogram vid avfallsupplag - en utvärdering.
77. Hansson, Anders, 1996: Adaptations and evolution in terrestrial carnivores.
78. Book, Jenny, 1996: A Light Microscopy and Scanning Electron Microscopy study of coccoliths from two bore holes along the City Tunnel Line in Malmö, Sweden.
79. Broström, Anna, 1996: The openness of the present-day landscape reflected in pollen assemblages from surface sediments in lakes - a first step towards a quantitative approach for the reconstruction of ancient cultural landscapes in south Sweden.
80. Paulsson, Oskar, 1996: Sevekomplexets utbredning i norra Kebnekaise, Skandinaviska Kaledoniderna.
81. Sandelin, Stefan, 1997: Tektonostratigrafi och protoliter i Mårma-Vistasområdet, Kebnekaise, Skandinaviska Kaledoniderna.
82. Meyerson, Jacob, 1997: Uppermost Lower Cambrian - Middle Cambrian stratigraphy and sedimentary petrography of the Almbacken drill-core, Scania, southern Sweden.
83. Åkesson, Mats, 1997: Moränsedimentologisk undersökning och bestämning av postglacialt bildade järn- och manganmineral i en drumlinformad rygg.
84. Ahlgren, Charlotte, 1997: Late Ordovician communities from North America.
85. Strömberg, Caroline, 1997: The conodont genus *Ctenognathodus* in the Silurian of Gotland, Sweden.
86. Borgenlöv, Camilla, 1997: Vätskeinklusioner som ledtrådar till bildningsmiljön för Bölets manganmalm, Västergötland, södra Sverige.
87. Mårtensson, Thomas, 1997: En petrografisk och geokemisk undersökning av inneslutningar i Nordingrågraniten.
88. Gunnemyr, Lisa, 1997: Spårämnesförsök i konstgjort infiltrerat vatten - en geologisk och hydrogeologisk studie av Strömsholmsåsen, Hallstahammar, Västmanland.
89. Antonsson, Christina, 1997: Inventering, hydrologisk klassificering samt bedömning av hydrogeologisk påverkan av våtmarksområden i samband med järnvägstunnelbyggnation genom Hallandsåsen, NV Skåne.
90. Nordborg, Fredrik, 1997: Granens markpåverkan - en studie av markkemi, jordmånsbildning och lermineralogi i gran- och lövskogsbestånd i södra Småland.
91. Dobos, Felicia, 1997: Pollen-stratigraphic position of the last Baltic Ice Lake drainage.
92. Nilsson, Johan, 1997: The Brennvinfjorden Group of southern Botniahalvøya, Nordaustlandet, Svalbard - structure, stratigraphy and depositional environment.
93. Tagesson, Esbjörn, 1998: Hydrogeologisk studie av grundvattnets kloridhalter på östra Listerlandet, Blekinge.
94. Eriksson, Saskia, 1998: Morängenetiska undersökningar i klintar vid Greifswalder Bodden södra kust, NÖ Tyskland.
95. Lindgren, Johan, 1998: Early Campanian mosasaurs (Reptilia; Mosasauridae) from the Kristianstad Basin, southern Sweden.
96. Ahnesjö, Jonas, B., 1998: Lower Ordovician conodonts from Köpings klint, central Öland, and the feeding apparatuses of *Oistodus lanceolatus* Pander and *Acodus deltatus* Lindström.
97. Rehnström, Emma, 1998: Tectonic stratigraphy and structural geology of the Ålkatj-Tielma massif, northern Swedish Caledonides.
98. Modin, Anna-Karin, 1998: Distributionen av kadmium i moränmark kring St. Olof, SÖ Skåne.