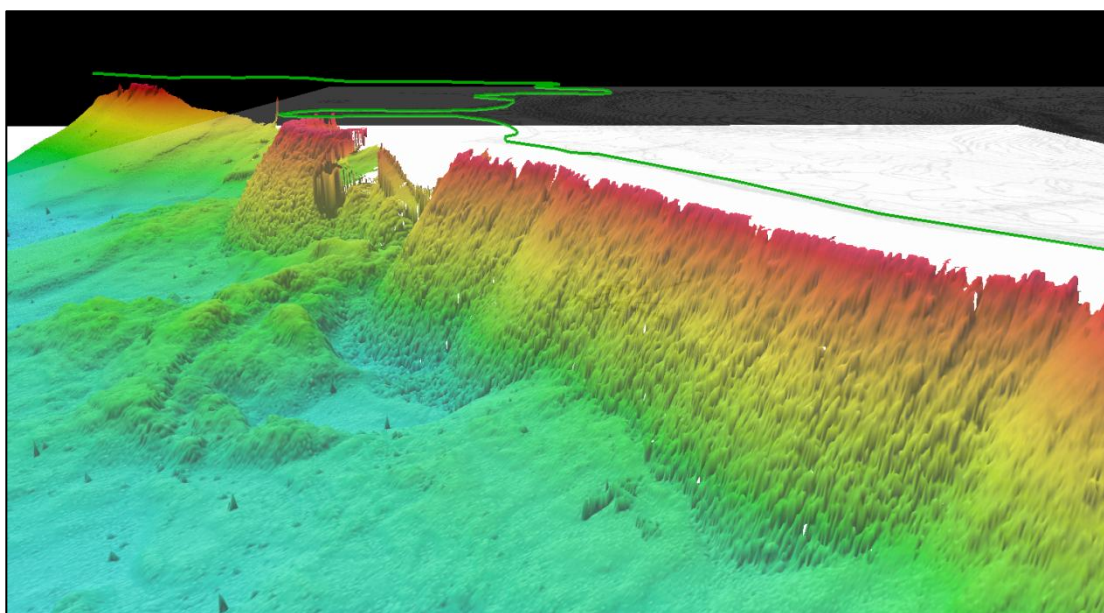


Undersökningar av Mälarens botten utanför Lövsta gamla deponiområde, Hässelby, Stockholms kommun

Ingemar Cato & Bernt Kjellin

sept 2012

SGU-rapport: 2012:6



Undersökningar av Mälarens botten utanför Lövsta gamla deponiområde, Hässelby, Stock- holms kommun

av

Ingemar Cato & Bernt Kjellin

© SGU, Uppsala

Referens: Cato, I. & Kjellin, B., 2012: Undersökningar av Mälarens botten utanför Lövsta gamla deponiområde, Hässelby, Stockholms kommun. *Sve-
riges geologiska undersökning, SGU-rapport 2012:6*, 69 sid. Uppsala.

Framsida: Botten utanför Lövsta gamla deponiområde med brant sluttande sprängstensfyllnad längs strandlinjen och skredpåverkad lerbotten därutanför. Terrängmodell uppmätt med multibeamekolod av SGU i november 2011.

Undersökningar av Mälarens botten utanför Lövsta gamla deponiområde, Hässelby, Stock- holms kommun

av

Ingemar Cato & Bernt Kjellin

Uppdragsområde:	Maringeologi
Rapport maringeologi nr:	SGUmaringeologi 2011:2
SGU Dnr:	08-1761/2011
SGU projektkod:	39154
SGU projektdirektory:	/prj/Lov11
Datum offert:	2011-11-01
Datum beställning:	2011-11-07
Datum rapport:	2012-07-17
Uppdragsgivare:	KFS Anläggningskonstruktörer AB
Adress uppdragsgivare:	KFS Anläggningskonstruktörer AB Industrivägen 5 171 48 SOLNA
Telefon uppdragsgivare:	08-470 05 62
Beställare:	Hans Klingenberg
Referens uppdragsgivare:	Hans Klingenberg
Referens/Projektledare SGU:	Ingemar Cato
Projektgrupp SGU:	Ingemar Cato Bernt Kjellin
Adress SGU:	Sveriges geologiska undersökning Box 670 751 28 UPPSALA
Telefon SGU:	018-179 000 (huvudkontor) 070-227 02 53 (SGUs fartyg)
SGU organisationsnummer	202100-2528

Innehållsförteckning	sid.
1. Sammanfattning	3
2. Uppdraget	9
3. Bakgrund	9
3.1 Tidigare industriverksamhet i Lövsta	9
3.2 Översiktliga geologiska förhållanden	12
4. Fältundersökning och databearbetning	14
4.1 Fartyg och positionering	14
4.2 Mätningar med multibeamekolod	14
4.3 Seismik- och sedimentekolodsmätning	15
4.4 Sedimentprovtagning	17
4.5 Kemiska analyser och isotopanalys	17
4.6 Bedömning av miljö kvalitet	18
5. Resultat	19
5.1 Utvärdering av yttäckande hydroakustiska mätningar	19
5.2 Utvärdering av penetrerande hydroakustiska mätningar	23
5.3 Aktivitetsanalys av ¹³⁷ Cs och beräknad ackumulationshastighet	28
5.4 Miljökemiska undersökningar	29
5.4.1 Undersökningar av huvud- och spårelement, särskilt metaller	29
5.4.1.1 Ytprover: 11_0458 – 11_0469	29
5.4.1.2 Djupare prover i sedimentkärna 11_0459	30
5.4.1.3 kommentarer till resultaten från metallanalyserna	30
5.5 Undersökningar av persistenta organiska miljögifter	32
5.5.1 HCB och PCB	32
5.5.2 HCH	35
5.5.3 Klordaner	35
5.5.4 DDT	35
5.5.5 PBDE	35
5.5.6 PAH	36
5.5.7 Organiska tennföreningar	38
6. Kommentarer och bedömningar av resultaten	39
7. Referenser	43
Bilaga 1: Provtagningsprotokoll	44
Bilaga 2: Analysresultat grundämnen	64
Bilaga 3: Analysresultat organiska miljögifter	67

1. Sammanfattning

Sveriges geologiska undersökning (SGU) har av KFS Anläggningskonstruktörer AB för Fortums räkning, fått i uppdrag att undersöka Mälarens botten utanför Lövsta gamla deponiområde i Hässelby, Stockholms kommun.

Undersökningarna har varit inriktade på att undersöka sedimentlagerföljden och sedimenttyperna samt om möjligt försöka fastlägga djup till fast botten (berg eller morän) inför Fortums planer på att låta anlägga en energihamn utmed en del av det gamla deponiområdets strand mot Lövstafjärden i Mälaren.

Undersökningarna genomfördes med hydroakustisk teknik (seismik, sedimentekolod och multibeamekolod), kompletterat med vibrohammarbörning och ytprovtagningar samt dokumentation av botten och sprängstensbanken med hjälp av undervattensvideokamera. Därutöver togs fyra prover, varav en sedimentkärna, med syfte att ge information om sedimentens miljöstatus och utvecklingen i Lövstafjärden under de senaste ca 60 åren.

Sedan slutet av 1800-talet har Stockholms stad hanterat sopor och latrin på platsen samt förbränt sopor i Lövstafjärden. Omfattande utfyllnader med olika typer av avfall och obehandlade sopor har i omgångar genomförts i viken som ligger i anslutning till Lövsta gamla deponiområde, vilket har skapat en ny strandlinje. Sopförbränningen i Lövsta lades ned 1986. Under de senaste åren har arbeten pågått med att sanera marken och stora delar av den i Mälaren utfyllda marken har sluttäckts enligt deponiförordningen 2001:512.

Den nuvarande strandlinjen, där kajen planeras, utgörs av en sprängstensvall som lades ut på 1960- och början av 1970-talet för att stabilisera tippområdet. Innanför sprängstensvallen ligger tippmassor i form av aska, slagg och obehandlade sopor från den tid då avfallshanteringen pågick vid Lövsta.

Sprängstensvallens utsida sluttar brant, mellan 35-40°, ut mot Lövstafjärden. Vid släntfoten, på mellan 25 och 30 m djup, vidtar glaciallera vilken sedan överlagras av en successivt allt mäktigare postglacial lera ut mot Lövstafjärdens mitt, där vattendjupet är omkring 50 m.

Djupet till fast botten vid sprängstensvallens släntfot har inte kunnat fastställas i föreliggande undersökning. Detta beror på att bottensedimenten (bl.a. skredmassor) utanför vallen innehåller sopor och avfall från parker och trädgårdar, m.m. som vid anaerob nedbrytning ger upphov till gasbildning i sedimenten och som i sin tur hindrar de akustiska signalerna att penetrera lagerföljden. Det kan dock mot bakgrund av annan berggrundsinformation förmodas att berggrundsytan ligger på nivån ca – 40 m eller djupare strax utanför strandkantens sprängstensfyllnad för att därutanför brant sluta ner mot – 90 m eller mer. De stora djupen hänger samman med en förkastningszon i berggrunden.

I stort sett hela det undersökta bottenområdet utanför Lövsta gamla deponiområde är påverkat av grunda skred och utglidningar som sannolikt uppkommit i samband med sprängstensvallens byggnad och de sprängningar som då genomfördes för att få vallen att sätta sig.

I det nu undersökta områdets centrala del, närmast utanför sprängstensslänten, syns även spåren av ett sannolikt djupare gripande skred, vilket också orsakat upptryckning av lermassor längre ut. Dessa spår kan med stor sannolikhet knytas till en händelse från 1972, då det rapporterades att ett skred skulle ha gått vid denna plats i samband med att sprängstensfyllnaden lades ut.

Skreden har medfört att aska, slagg, obehandlade sopor och sjunkna pråmar i det yttre tippområdet och strandzonen har förts mellan 50 och 250 meter ut från tippområdet och deponerats över Lövstafjärdens tidigare botten i området.

Koncentrationen av 58 grundämnen, däribland några av de mest uppmärksammade toxiska metallerna, undersöktes på två platser i skredmassorna som innehåller sopor samt på två platser utan sopor belägna ca 40 m respektive 300 m utanför sprängstensvallen. Den först nämnda av de två senare platserna utgörs av en begränsad ackumulationsbotten där recenta (nutida) sediment avlagrats med en genomsnittlig ackumulationshastighet av 7 mm/år. På den andra platsen belägen längre ut fanns endast ett tunt recent skikt som överlagrade betydligt äldre utskredade postglaciala sediment. På de två senare platserna undersöktes både grundämnen och 46 organiska miljögifter i ytproven samt även djupare ned i den sedimentkärna som togs på platsen närmast land.

Mycket höga halter (klass 5 enligt de svenska bedömningsgrunderna) uppmättes för kadmium, koppar, kvicksilver, bly och zink i ytsedimenten från skredmassorna som innehöll sopor, medan halterna av arsenik, kobolt och nickel låg på eller nära den naturliga bakgrunden (klasserna 1-2)

Metallhalterna i klass 5 är *mycket höga*. För kadmium ligger de som högst 7 ggr, för krom 3 ggr, för koppar 4 ggr, för bly 6 ggr och för zink 9 ggr högre än de högsta halter som uppmätts av SGU i hela Stockholms Mälardistrikt, i saltsjön och i övriga skärgårdsområdet inom länet och i nivå med de halter som uppmätts utanför Rönnskärsverken och Kallholmsfjärden i Bottenviken.

Andra grundämnen som ligger mycket högre än de högsta värden som uppmätts av SGU på ca 700 platser i svenska havsområden är bl a silver, barium, kalcium, litium, molybden, fosfor, antimon, selen, tenn, strontium och vanadin.

På de två andra platserna med recenta ytsediment, representerande den senaste 7-årsperioden av sedimentackumulation, var metallhalterna lägre (*låga till medelhöga*, klasserna 1-3) med undantag för zink (*hög halt*, klass 4). De organiska miljögifterna PCB och HCB däremot uppvisade *mycket höga halter* (klass 5) medan bekämpningsmedlen (pesticiderna: HCH, klordaner och DDT), flamskyddsmedlen (PBDE), och de till förbränning av fossila bränslen relaterade polycykliska aromatiska kolvätena (PAH), samt de mycket giftiga organiska tennföreningarna (butyltenn och fenyltenn) uppvisade *låga till höga halter* (klasserna 1-4). Ytprovet ca 300 m utanför sprängstensvallen uppvisade de lägsta halterna för både metaller och organiska miljögifter. Ytprovet från båda dessa platser är recenta och speglar därmed dagens miljöstatus i nyligen avsatta sediment utanför Lövsta f.d. sopstation.

Genom analyser av prover tagna på olika nivåer i den sedimentkärna som togs i ackumulationsbotten ca 40 m från sprängstensvallen har den historiska belastningsförändringen av metaller och organiska miljögifter dokumenteras under de senaste drygt 60 åren. I de övre lagren (0-20 cm) ökar metallhalterna relativt måttligt, men från sedimentdjupet ca 30 cm och nedåt ökar halterna mycket kraftigt till *mycket höga halter* (klass 5), vilket visar att den antropogena tillförseln av metaller till sedimentet i sopstationens närområde var högre för mer än 30 år sedan. Om tidpunkten sammanfaller med pluggningen av dräneringsrör från soptippen kan detta delvis vara en förklaring till de betydligt lägre metallhalterna på nivåerna 0-30 cm jämfört med de djupare liggande proven i sedimentkärnan, som i så fall skulle representera tiden före pluggningen av rören. De översta mest recenta proven visar att belastningen av metaller ytterligare minskat i sen tid vilket sannolikt kan vara en följd av nedlagda verksamheter samt vidtagna saneringsåtgärder, bl a genom sluttäckning (enligt deponiförordningen 2001:512) och efterbehandlingsåtgärder.

De organiska miljögifterna, som undersöktes i ytan och på två djupare nivåer (20-25 cm och 40-45 cm) har, till skillnad från metallerna och övriga grundämnen som undersöktes i fem prover, en mindre god upplösning för beskrivning av den historiska trenden. Hexaklorbensen (HCB) och flamskyddsmedlen (PBDE) visar på sjunkande halter med ökat sedimentdjup där också halterna av HCB precis som i ytan är *mycket höga* (klass 5) medan PBDE uppvisar *medelhöga till höga halter* (klasserna 3-4). Eftersom HCB slutade att användas som fungicid 1980, kan den högre halten i ytsedimenten nära Lövsta gamla deponiområde med stor sannolikhet relateras till oavsiktligt bildande vid termiska processer, dvs vid förbränning av organiska klorföreningar i hushållsavfall och från hantering av klorerade lösningsmedel. Trenden för PBDE däremot speglar den intill våra dagar ökade användningen av bromerade flamskyddsmedel.

Polyklorerade bifenyler (PCB) och bekämpningsmedlen (HCH, klordaner och DDT) samt polycykliska aromatiska kolväten (PAH) uppvisar en motsatt trend, liknande den för metaller, med ökande halter med ökat sedimentdjup. Halterna i skikten djupare än 20 cm är *höga till mycket höga* (klasserna 4-5). Trenden för bekämpningsmedlen speglar relativt väl förbuden mot deras användning som kom till under perioden 1971 till 1989.

PCB började tillverkas 1929, men användningen av det skadliga ämnet förbjöds i nya produkter 50 år senare (1978) och sedan 1995 får inga PCB-innehållande produkter användas. Dock finns stora kvarstående problem med PCB eftersom det använts i byggnadsmaterial (bl a i limmer och fogmassor) vilket medför en långsam avklingning till följd av läckage från bl a byggnader. Sedimenten speglar relativt väl denna utveckling och förklarar varför halterna än idag är *mycket höga* i sedimenten trots förbuden.

Användningen av fossila bränslen har inte minskat utan har successivt ökat med ökad folkmängd fram till slutet av 1990-talet, men vissa bränslen har ersatts av andra energislag samtidigt som omfattande åtgärder mot luftutsläpp vidtagits där fossila bränslena används. Till detta skall fogas förbudet mot användning av kreosot och att avfallsförbränningen vid Lövsta lades ned 1986 då denna verksamhet styrdes över till Högda-lenverket. Trenden för PAH i sedimenten utanför Lövsta speglar denna utveckling.

Misstankar har funnits om att även bekämpningsmedel hanterats inom området (Citres 2012). Resultaten från föreliggande sedimentundersökning i Lövstafjärden bekräftar

dess misstankar genom påvisande av hexaklorcyklohexaner (HCH), klordaner och diklordifenyltrikloretan (DDT) och dess nedbrytningsprodukter i medelhöga till höga halter.

En av källorna till de organiska tennföreningar som påvisats i sedimenten är sannolikt fritidsbåthamnen och dess uppställningsplats som SAKAB upplåtit inom sitt område. Den andra är förbipasserande sjöfart i Lövstafjärden och i mindre utsträckning avfallsdeponeringen. Småbåtshamnar och varv har visat sig vara en betydande källa till spridningen av dessa mycket giftiga föreningar som ger upphov till allvarliga effekter på det akvatiska ekosystemet.

Sedimentundersökningarna visar att de saneringsåtgärder och upphörande av verksamheter inom Lövsta gamla deponiområde resulterat i kraftigt minskade utsläpp till Lövstafjärden. Förbuden i Sverige mot användning av PCB, bekämpningsmedel och organiska tennföreningar i båtottenfärger har också bidragit starkt. Dock visar de ytligaste recenta sedimenten i Lövstafjärden att belastningen av metaller och organiska miljögifter inte helt upphört och att belastningen är högre nära Lövsta gamla deponiområde. Detta kan tyda på ett fortsatt men mindre läckage än tidigare från detta område och sannolikt också från SAKAB-området. För att klarlägga orsakerna bör grundvattenströmningarna genom berörda områden utredas ytterligare. Det kan inte heller uteslutas att de sopor som skredat ut i Lövstafjärden också bidrar.

Resultaten av den miljökemiska undersökningen av sedimenten visar med all tydlighet att källan till föroreningarna har varit de verksamheter som bedrivits inom f.d Skafabs område, f.d. Industridestillation ABs område (numera SAKAB) samt gamla Lövsta tvätteri och numera småbåtshamnen med uppställningsplats på land vad gäller de organiska tennföreningarna.

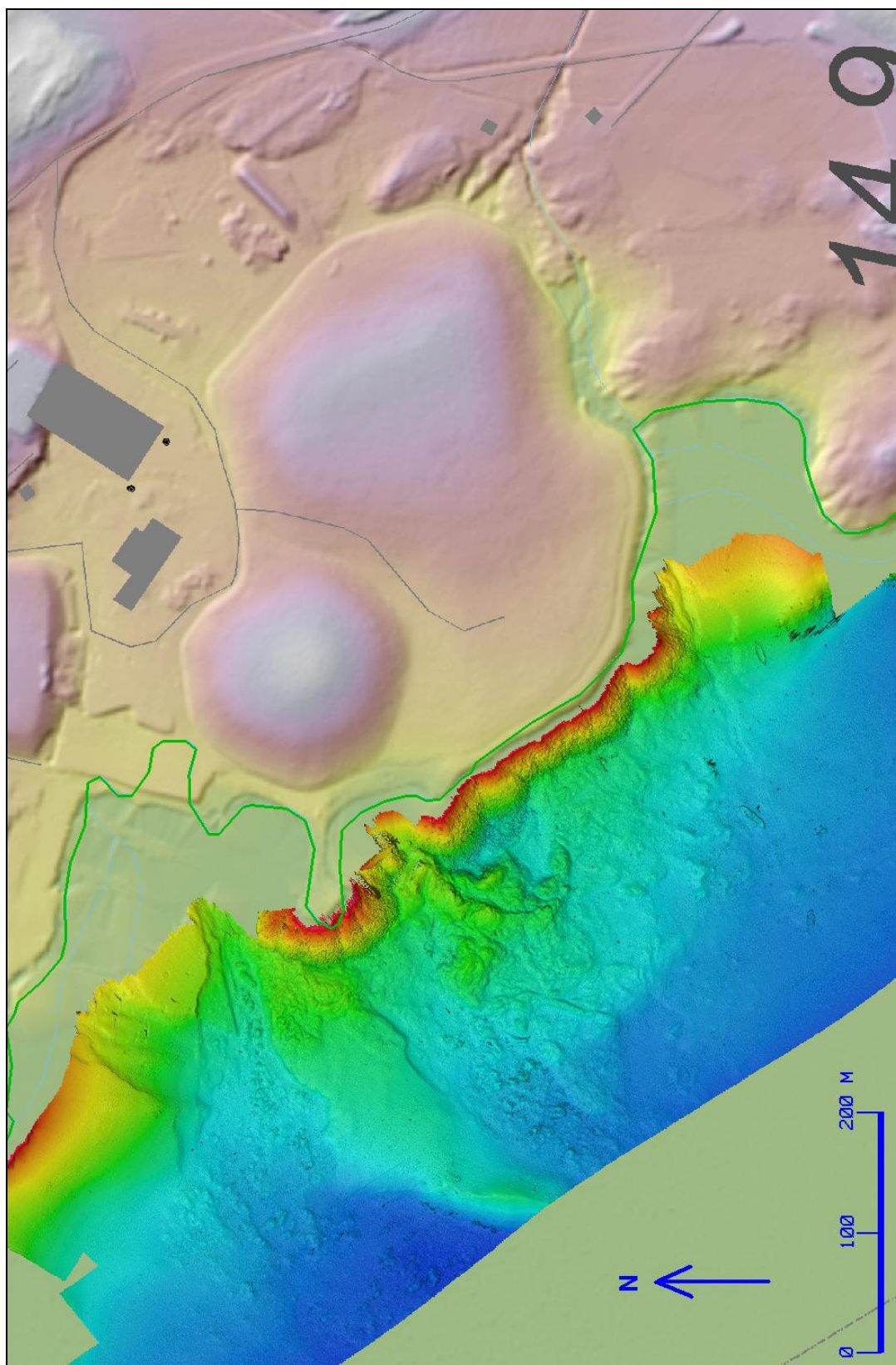


Fig. 1. Skuggad terrängmodell över Lövsta gamla deponiområde och utanförliggande sjöbotten. Centralt i bilden syns på land den östra och västra tippen som har planerats och övertäckts. I sjön, längs strandlinjen, syns den brant sluttande sprängstensfyllnaden och därutånför den av skred starkt påverkade sjöbotten. Terrängmodellen över land baserad på en 2 m-grid från Lantmäteriet och i sjön på en 50 cm-grid uppmätt med multibeamekolod av SGU i november 2011.

2. Uppdraget

Sveriges geologiska undersökning (SGU) har av KFS Anläggningskonstruktörer AB, för Fortums räkning, fått i uppdrag att undersöka Mälarens botten utanför Lövsta gamla deponiområde i Hässelby, Stockholms kommun. Undersökningarna avser hydroakustiska mätningar med seismik, sedimentekolod och multibeamekolod, kompletterat med dokumentation av botten och sprängstensbanken med hjälp av undervattensvideokamera samt provtagningar och analyser för studier av miljögifter i sedimenten. Uppdraget utgör en del av de undersökningar som krävs för att svara på frågorna om det är möjligt att anlägga en energihamn på platsen.

3. Bakgrund

3.1 Tidigare industriverksamhet i Lövsta

Den numera nedlagda Lövsta sopstation och gamla deponiområde ligger i stadsdelen Hässelby inom Stockholms kommun och gränsar till Lövstafjärden i Mälaren (fig.2).



Fig. 2. Hybridbild över Lövsta gamla deponiområde där Fortum planerar att anlägga en energihamn (röd ring). (Hybridbild från Eniro 2012).

Sedan slutet av 1800-talet har Stockolms stad hanterat sopor och latrin på platsen samt förbränt sopor i två anläggningar. Soporna och latrinerna transporterades till stationen dels på järnväg i specialkonstruerade tågvagnar, dels med pråmar till en anslutande kaj på Mälarsidan.

En första förbränningsanläggning för sopor, med maximal kapacitet om 160 ton per dag, stod klar 1907. Slaggen från förbränningsanläggningarna tippades i en till anläggningen anslutande vik av Lövstafjärden.

Förbränningskapaciteten blev ganska snart otillräcklig vilket fick till följd att sopor också förbrändes i det fria eller tippades direkt i vattnet. Bara 1931 tippades 80 000 ton sopor i Mälaren (Wikipedia). En andra förbränningsanläggning stod klar 1938. Numera är viken i anslutning till f.d. Lövsta sopstation i det närmaste helt igenfylld och en ny strandlinje har skapats. Utfyllnaden består troligen till delar av aska och slagg från sopförbränningen och till delar av obehandlade sopor.

Den nuvarande strandlinjen utgörs till stora delar av sprängstensfyllningar, vilka tillkom under 1960-talet och början av 1970-talet för att stabilisera tippen. Hur strandlinjen förändrats med åren framgår av kartor och foto från olika tidpunkter (fig. 3-8) samt av Jordartskartan Stockholm NV (fig. 9).

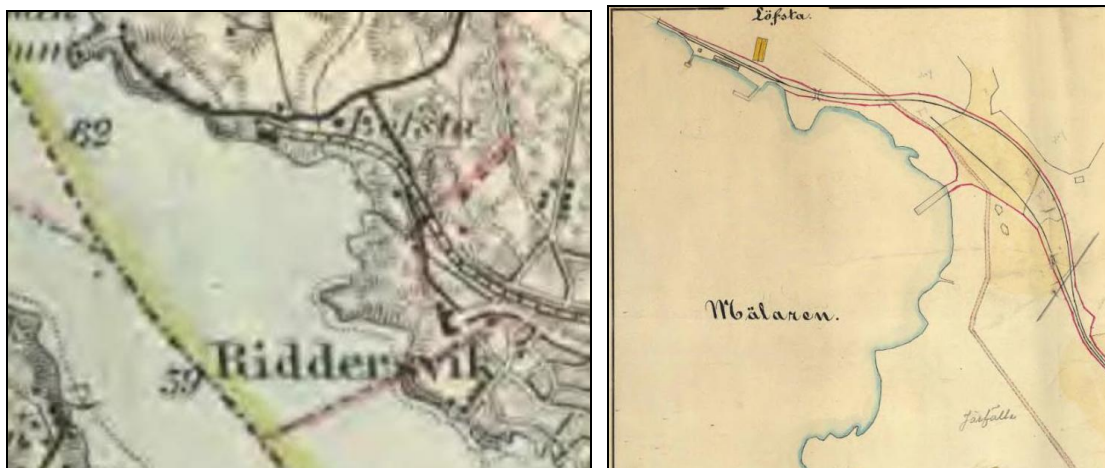


Fig. 3 och 4. Mälarens tidigare strandlinje vid Lövsta. Generalstabskartan från 1873 t.v. och en expropriationskarta från 1889 t.h. (fr. Lantmäteriet, historiska kartor).

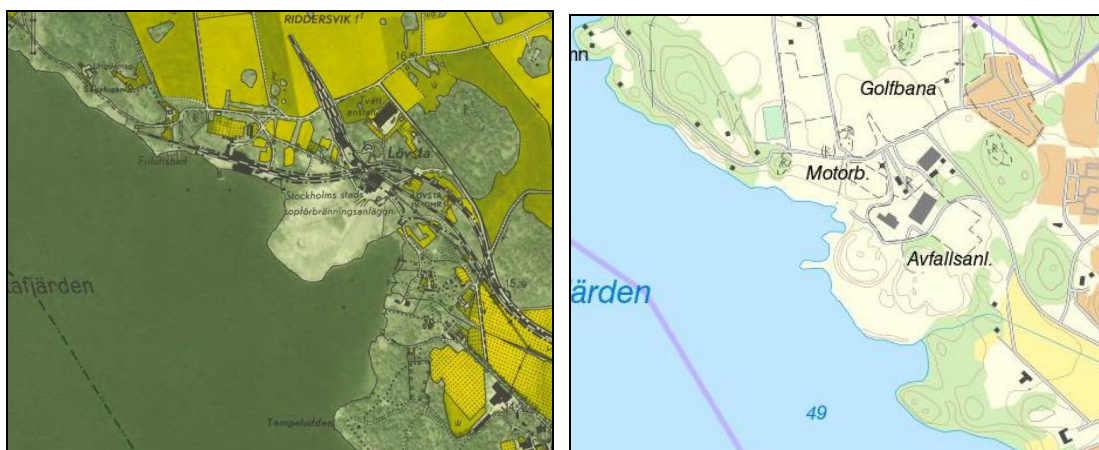


Fig. 5 och 6. Mälarens tidigare och nuvarande strandlinje vid Lövsta. Ekonomiska kartan från 1951 t.v. och den senaste topografiska webbkartan t.h. (fr. Lantmäteriet, historiska kartor). Av kartorna framgår den successiva deponiutfyllnaden i Lövstafjärden.



Fig. 7 och 8. T.v. Lövsta sopförbränningsanläggning vid Lövstafjärden 1959. Foto: Oscar Bladh (fr. Wikipedia). T.h. Utsikt från Lövsta gamla deponiområde som efterbehandlats och sluttäckts med jord samt gräsbesått enligt deponiförordningen (2001:512) och därigenom omvandlats till parkmark. Foto: anonymus.

Sopförbränningen i Lövsta lades ned 1986 och 2006 revs anläggningen från 1938 medan delar av Lövstas första sopförbränningsanläggning från 1907 finns kvar. Under de senaste åren har arbeten pågått med att sanera marken och stora delar av den i Mälaren utfyllda marken har sluttäckts och efterbehandlats enligt deponiförordningen 2001:512 (fig. 8).

I Lövstaområdet, närmast väster om avfallsanläggningen, har även SAKAB:s dotterbolag AB Industridestillation bedrivit verksamhet mellan åren 1957 och 1984. Här behandlades avfallsoljor, lösningsmedel (både från färg- och läkemedelsindustrin), färgavfall, bekämpningsmedel och avfall från kemisk industri. Farligt avfall mellanlagrades även på deponi- och sopförbränningsområdet på den norra tippen under ett 20-tal år från och med 1960-talet. Vid en undersökning 1994 konstaterades att höga halter av bland annat klorerade lösningsmedel, PCB och kvicksilver fanns i mark och grundvatten. År 2007 bedömde länsstyrelsen (Svanberg 2007) att halterna av vissa föroreningar troligtvis minskat, till exempel genom läckage till Mälaren, nedbrytning samt avgång av flyktiga ämnen till luft men att det sannolikt finns höga halter kvar för vissa av ämnena i mark, grundvatten och sediment även idag. Sammantaget har Industridestillations område riskklassats med en 2:a, men om området skulle planeras för bostadsbyggelse skulle det behöva omklassas till en 1:a.

I oktober 2011 finns Lövstaområdet med på länsstyrelsens ”Prioriteringslista förorenade områden i Stockholms län” (Länsstyrelsen Rapport 2011:30). Området är genom uppskattning, placerat i riskklass 1 (ej MIFO-klass). Tillsynsansvar åvilar kommunen och efterbehandlingsstatus är: ”Genomförande”.

Enligt Stockholm stads hemsida (mars 2012) är marksaneringsprojekt A51: Sluttäckning av östra tippområdet i Lövsta, i det närmaste slutfört (fig. 8). Man anser att i och med detta projekt är ett av Stockholms värst förorenade områden miljömässigt åtgärdat.

Lövstaområdet har åter blivit aktuellt genom att Fortum har planer på att anlägga ett värmeverk i Lövsta och därtill en energihamn i anslutning till de tippmassor och sprängstensbankar som idag utgör utfyllnad av strandlinjen vid Lövsta gamla deponi-område.

I samband med SGUs tidigare reguljära kartläggning av Mälaren 1999-2000 och speciellt vid en undersökning på uppdrag av Försvarmakten (Cato & Kjellin 2003) kunde konstateras att 12 mindre vrak och 29 icke identifierade objekt finns i Lövstafjärden utanför soptippen. Andra strukturer som observerades vid undersökningarna var ett eller flera möjliga skred alternativt områden med tippat skrot.

Mot bakgrund av att SGU sedan tidigare har en viss kunskap om området geologi och bottenbeskaffenhet, men inte för närområdet till den planerade kajen, fick SGU i uppdrag av KFS Anläggningskonstruktörer AB att för Fortums räkning undersöka bottenförhållandena i närområdet till den planerade kajanläggningen. Undersökningarna skulle omfatta både hydroakustiska mätningar av jordlagerföljden och bottenytan samt provtagningar och borrhningar för miljökemiska analyser och verifiering av observationerna.

3.2 Översiktliga geologiska förhållanden

Lövstaområdet med omgivningarna ingår i områden som tidigare, på olika sätt, kartlagts av SGU. På land finns information från Geologiska kartan Stockholm NV (SGU Ser. Ae 2, 1965) i skala 1:50 000 och i sjön den Maringeologiska kartan Mälaren (SGU Ser. K 223, 2009) i skala 1:100 000. Denna information finns, förutom som tryckta kartblad, även i digital form som databaser. I fig. 9 har för detta sammanhang relevant databasinformation sammanställts i kartform.

På land dominerar kulliga moränområden med uppstickande berghällar omgivet av flackare ytor med glaciallera.

I Lövstafjärden dominerar postglacial gyttjelera som blir allt mäktigare ner mot de djupaste, centrala delarna med vattendjup ner till omkring 50 m. Den underliggande glacialleran tittar fram som en smal bård på de grundare områdena längs stranden där nutida sedimentation förhindras av svallning.

När jordartskartan på land rekognoscerades under tidigt 1960-tal såg strandlinjen vid tippområdet i Lövsta annorlunda ut jämfört med när den maringeologiska kartan uppmättes år 2001. Därför blir det ett okaraterat glapp just här mellan land- och sjökartan. Ett glapp som idag är utfyllt med aska, sopor och sprängsten vilket vilar på den gamla sjöbotten som här troligen, till största delen, utgörs av glaciallera.

Längs hela den östra sidan av Lövstafjärden (och vidare mot SO förbi Hässelby och Nockeby) har man i berggrundskartan markerat en spröd deformationszon (dvs förkastning, spricka eller sprickzon) där stora nivåskillnader i berggrundsytan kan förekomma. Observera att läget inte är exakt utan mer schematiskt angivet.

På land har även morfologiskt indikerade linneament markerats, vilket bl.a. kan innebära spricka eller förkastning.

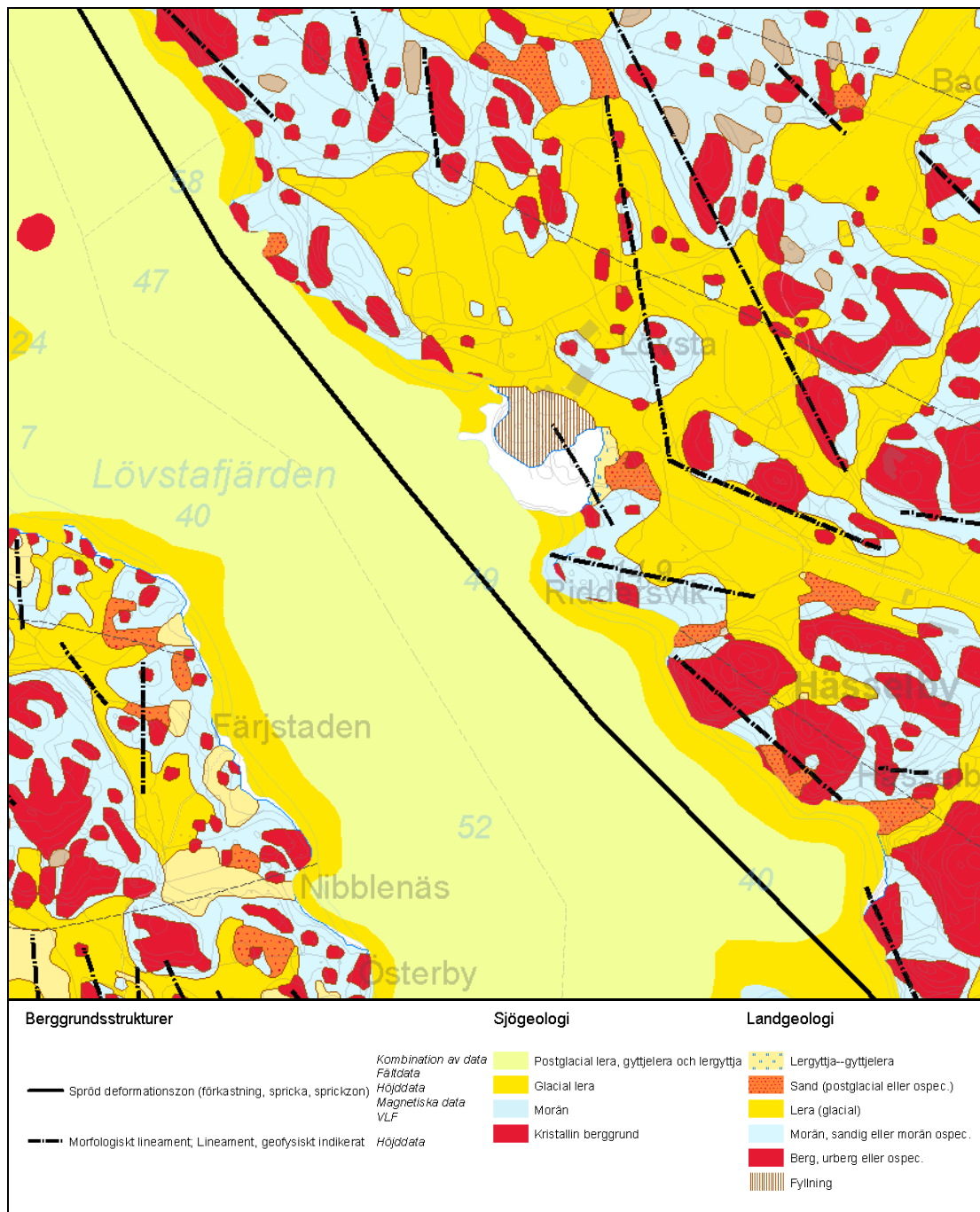


Fig. 9. Sammanställning av SGU:s databaser för jordartskartan på land och den maringeologiska kartan i och runt Löfstafjärden. Dessutom har tolkade deformationszoner och morfologiska lineament från berggrundskartan markerats i bilden.

4. Fältundersökning och databearbetning

4.1 Fartyg och positionering

I syfte att närmare undersöka bottenområdet utanför Lövsta gamla deponiområde, utförde SGU under perioden 13-15 november 2011 hydroakustiska mätningar och provtagningar/borringar från SGU:s fartyg S/V Ocean Surveyor.

Fartyg och utrustning har vid undersökningen positionerats med differentiell GPS. Uppskattningsvis ger dGPS en positionsnoggrannhet av <1 meter. Samtliga positionsuppgifter i undersökningen är angivna i koordinatsystemet SWEREF-99 TM.

4.2 Mätningar med multibeamekolod

I syfte att i första hand erhålla en areellt täckande terrängmodell av bottenytan uppmättes området utanför den planerade kajanläggningen med multibeamekolod (Kongsberg EM2040). Den resulterande terrängmodellen framgår av fig. 11.

Före multibeammätningarna gjordes en ctd-mätning för att erhålla en aktuell ljudhastighetsprofil på platsen (fig. 10). Profilen visar på gynnsamma förhållanden för multibeammätning med endast en svag sänkning av ljudhastigheten närmast botten beroende på något kallare bottenvatten.

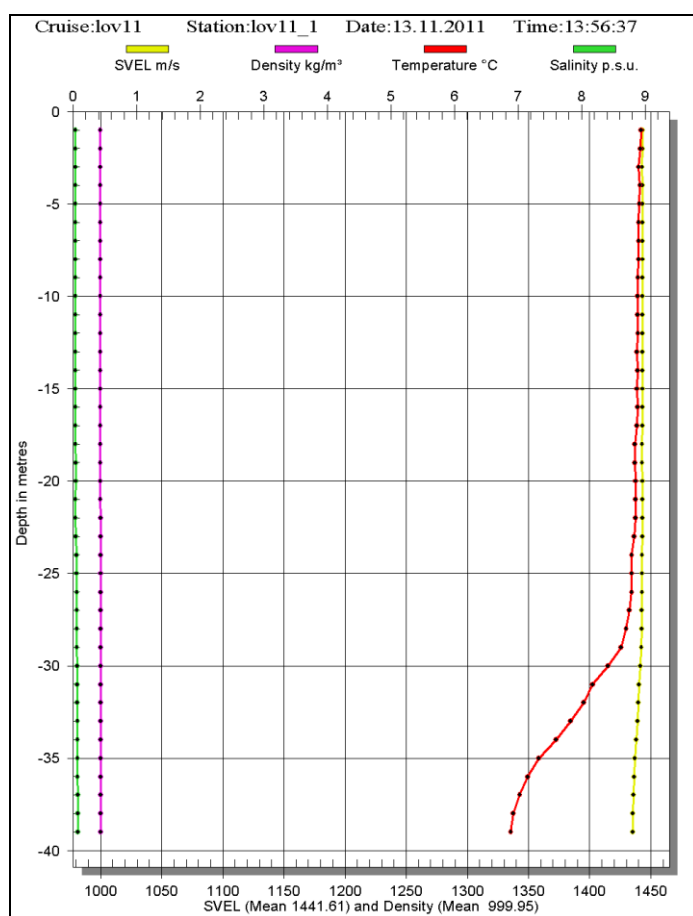


Fig. 10. CTD-profil uppmätt i området utanför Lövsta gamla deponiområde i Mälaren 2011-11-13.

Vid mätningarna 2011-11-13 till 2011-11-15 var vattenståndet i Mälaren +6 cm, dvs sex cm över Mälarens referensnivå. Mälarens referensnivå = +0,26 meter i höjdsystem RH00 (nov. 2011), enligt www.stockholmshamnar.se).

Den framställda (och digitalt levererade) höjdgriden har ej korrigerats för detta. Hela gridytan skall alltså höjas 32 cm för att nivåerna skall referera till RH00.

(Observera att det i litteraturen förekommer ett flertal olika uppgifter hur Mälarens referensnivå förhåller sig till höjdsystem RH00).

Förutom en noggrann terrängmodell så ger multibeammätning även en s.k. backscatterbild av det uppmätta området (fig. 12). En backscatterbild kan liknas vid en side scanning sonarbild där bottenytans varierande ekostyrka avbildas med en gråskala där svart = stor ekostyrka och vitt = liten ekostyrka.

För bearbetning och visualisering av uppmätta multibeamdata användes vid detta tillfälle programvaran FM Pro 7.0 (QPS, Quality Positioning Services BV).

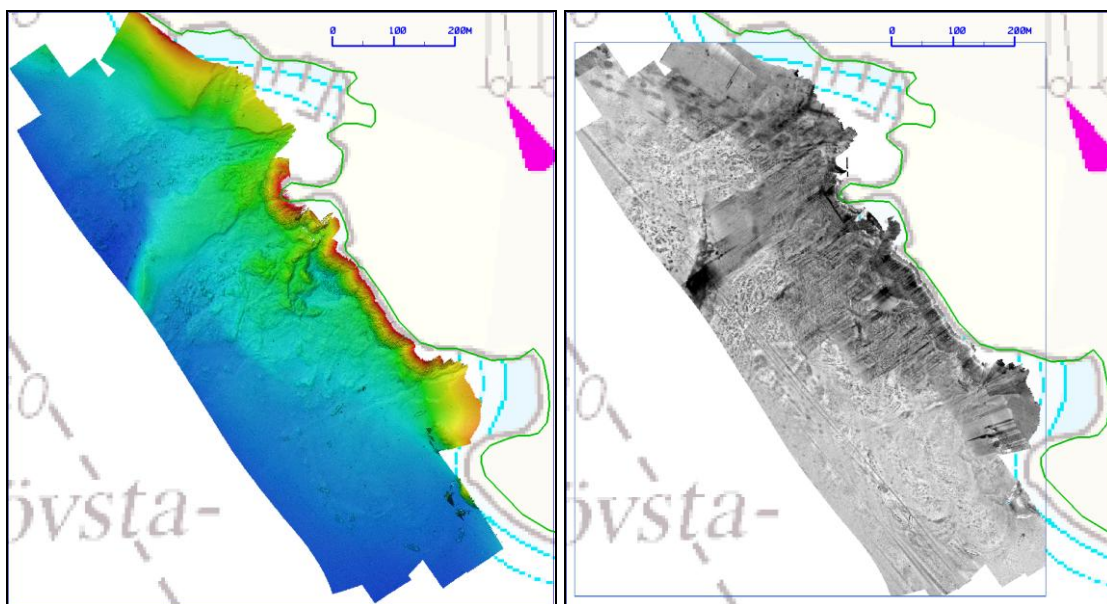


Fig. 11 och 12 . Nivåfärgkodad och terrängskuggad höjdmodell (t.v.) och backscatterbild (t.h.) uppmätta med multibeamekolod utanför Lövsta gamla deponiområde i Mälaren.

4.3 Seismik- och sedimentekolodsmätning

För att skapa profiler genom sedimentlagerföljden utfördes mätningar med seismik och sedimentekolod längs 4 mätlinjer i området (fig. 13). För den seismiska delen av undersökningen, med syfte att fastlägga berggrundens överyta samt eventuell förekomst av grövre och djupare liggande sedimentlager användes en tryckluftsdreven ljudsändare av typ ”sleevegun” (10 kubiktum) och med en 6-kanals linjehydrofon som mottagare. För att ge en mer detaljerad information om de övre sedimentlagren/lerorna användes ett skrofast sedimentekolod av typ EdoWestern HiPac, 7 kHz.

Samtliga rådata har lagrats digitalt i SEG Y-format.

Seismik- och sedimentekolodsdata har processats och tolkats med hjälp av programvaran MDPS 5.1 (Oy Meridata Finland Ltd).

Det bör framhållas att de penetrerande hydroakustiska undersökningarna med seismik och sedimentekolod i detta fall inte har givit önskat resultat, bl a beroende på att den förväntade, naturliga lagerföljden var kraftigt störd på grund av det flertal skred som upptäcktes inom området samt på förekomsten av sopor i sedimenten inom skredområdena.

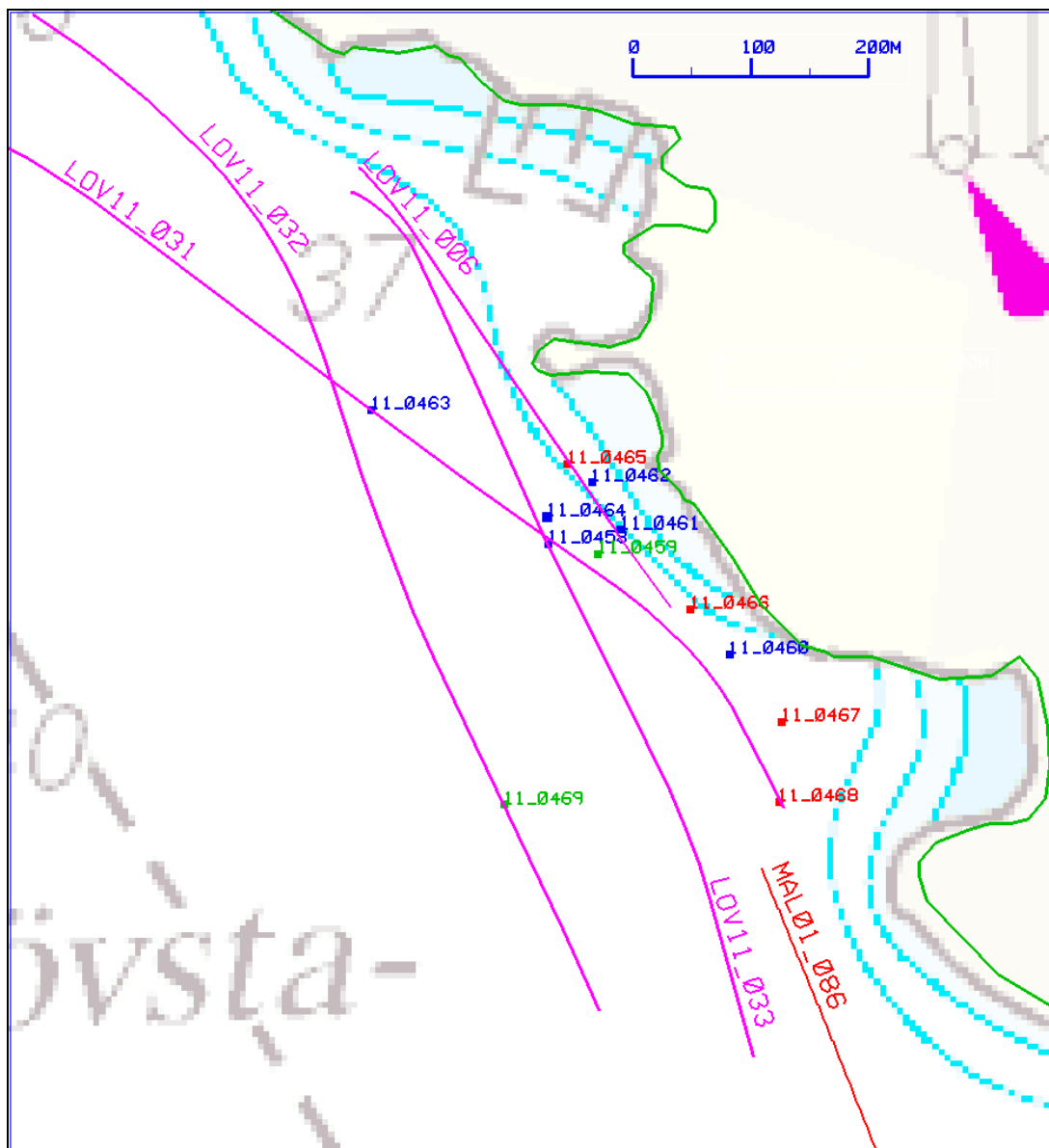


Fig. 13. Mälaren utanför Lövsta gamla deponiområde. Linjerna LOV11_006 och LOV11_031-033 (violettera) uppmättes med seismik och sedimentekolod 2011-11-13. Linjen MAL01_086 (röd) i sydöstra delen av området uppmättes vid SGU:s ordinarie kartläggning i Mälaren år 2001. Beteckningarna 11_0458 till 11_0468 visar platsen för provtagningar. Färgbeteckningar för prover: rött = borrhningar, blått = ytprovtagningar och grönt = miljöprovtagningar.

4.4 Sedimentprovtagning

Sedimentprovtagning utfördes på sammanlagt 12 platser utvalda från de hydroakustiska mätningarna, fig 13. Vid varje provtagning dokumenterades även bottenytan genom fotografering med en digital undervattenskamera. På fyra av platserna användes en vibrohammarborr, vilken kan ge maximalt en 6 m lång sedimentkärna.

På två av platserna utfördes miljöprovtagning med ett dubbelpipigt gravitationslod av typ Gemini-Corer (konstruerat för att ta ostörda sedimentprover av maximalt 1m längd). En av de två parallella kärnorna röntgades för att mer detaljerat visa sedimentstrukturer. Den andra kärnan användes för uttagning av delprover till olika analyser: dels aktiviteten av radiocesium (^{137}Cs) för att ev. kunna bestämma sedimentationshastigheten, dels olika kemiska analyser för att kunna bedöma sedimentets miljöstatus.

Vid övriga platser (utom i sprängstensfyllningen som enbart fotograferades) användes en större gripskopa som kan ta ett maximalt 40 cm djupt sedimentprov.

Provtagningsprotokollen redovisas i Bilaga 1. Protokollen innehåller bl.a. fotodokumentation av bottenytan och sedimentprov/kärnor samt i förekommande fall röntgenbilder och ^{137}Cs -diagram.

4.5 Kemiska analyser och isotopanalys

Analysdata redovisas i tabellerna, bilaga 2. Följande metoder har använts:

Torrsubstansen (TS) för kemisk analys bestämdes genom torkning av frystorkade prover i enlighet med standard (SS 028113). Bestämningarna utfördes av Analytica (tillhörande ALS Laboratory Group) i Luleå.

Vattenhalten i sedimentet bestämdes genom vägning före och efter frystorkning. Bestämningarna utfördes av SGU. Vattenhalten och vattenkvoten beräknades från torrsubstansen och uttrycks i procent av det fuktiga respektive frystorkade provets vikt.

Totalkol, organiskt kol och totalkväve analyserades genom elementaranalys av Institutionen för Geovetenskaper, Göteborgs Universitet.

Huvudelement och spårelement har med några få undantag analyserats med avseende på sedimentets totala halt i enlighet med Internationella havsforskningsrådets (ICES) rekommendationer. Beroende på elementgruppernas olika kemiska och analytiska egenskaper har tre olika metoder för uppslutning/lakning använts. För flertalet element har sedimentprovet smälts med LiBO_2 och sedan upplösts i 5 % HNO_3 . För vissa element (Ag, Be, Co, Cs, Li, Pb, Sb, Tl och Zn) har uppslutning skett med $\text{HF}/\text{HClO}_4/\text{HNO}_3$ och för några element (As, Cd, Hg och S) efter lakning med 7M HNO_3 . Slutbestämning har skett med plasma-emissionsspektrometri (*Inductively Coupled Plasma*, ICP-AES) och plasma-masspektrometri (ICP-QMS). Analyserna har skett enligt modifierade EPA-metoder 200.7 respektive 200.8. Resultaten har jämförts med certifierade standarder (GSD-2, GSD-4, GSD-8). Analyserna utfördes av Analytica (tillhörande ALS Laboratory Group) i Luleå. Laboratoriet är ackrediterat för analyserna.

Organiska miljögifter har efter sohextraktion av sedimentprovet och efterföljande rening analyserats enligt följande. Polyaromatiska kolväten (PAH) har bestämts med hjälp av hög prestanda vätskekromatograf (HPLC). Klorerade ämnen har bestämts med hjälp av högupplösande gaskromatograf (GC-MS) försedd med SPI-injektor och EC-detektor. Resultaten har jämförts med certifierade standarder (NIST, SRM 1647, U.S.EPA C-813-01 och NIST, SMR 1492). Analyserna utfördes av Analytica-ALS Laboratory Group, Stockholm. Laboratoriet är ackrediterat för analyserna.

Aktiviteten av radiocesium (^{137}Cs) bestämdes i respektive sedimentkärna med en vertikal upplösning av 1 cm. Bestämningen skedde på vått sediment i en gammaspektrofotometer (NaI-detektor) med processeringsenhet bestående av MicroACE mångkanalsanalysator med programvara ScintiVision-32.

Radiografisk analys av sedimentkärnan har utförts vid de två miljöprovtagningarna. En av de två parallellkärnorna tagna med Gemini Corer röntgades ombord i fartygets laboratorium. Röntgning skedde med en digital sediment-scanner av typ ITRAX (Cato *et al.* 2000).

4.6 Bedömning av miljö kvalitet

Sedimentenprovets miljöstatus har bedömts och klassats (se tabell 1) i enlighet med Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för miljö kvalitet i kust och hav (Naturvårdsverket 1999).

Klassningen omfattar 5 klasser för tungmetaller, där klass 1 (blå färg) motsvarar ingen/obetydlig avvikelse från jämförvärdet, dvs. avvikelse från den naturliga bakgrunden och klass 5 (röd färg) ett starkt påverkat område med mycket stor avvikelse från jämförvärdet av ifrågasatt tungmetall (tabell 1). Klassningssystemet är liknande för organiska miljögifter. Enda skillnaden är att jämförvärdet är noll (tabell 1).

Svenska bedömningsgrunder finns inte för alla de ämnen som undersökts inom ramen för föreliggande undersökning. I dessa fall redovisas enbart koncentrationsdata samt hur dessa förhåller sig till medianvärdet av motsvarande ämne i SGUs miljökemiska databas. Resultatet av klassningen redovisas i avsnitt 5.3.

Tabell 1. Klassificering enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (Naturvårdsverket 1999).

		Metaller Avvikelse från jämförvärde	Organiska miljögifter
	Klass 1	Ingen/obetydlig avvikelse	Ingen halt
	Klass 2	Liten avvikelse	Låg halt
	Klass 3	Tydlig avvikelse	Medelhög halt
	Klass 4	Stor avvikelse	Hög halt
	Klass 5	Mycket stor avvikelse	Mycket hög halt

5. Resultat

5.1 Utvärdering av yttäckande hydroakustiska mätningar

Vid multibeammätning erhålls som resultat dels en detaljerad terrängmodell som visar bottenytans nivå, dels en backscatterbild som visar bottenytans förmåga att reflektera ljudvågor.

Om terrängmodellen djupfärgkodas, dvs ges en färg som varierar med djupet, och dessutom terrängskuggas, dvs belyses med snett infallande ljus, så framträder bottenytans relief och ytstruktur mycket tydligt.

I figur 14 har ett försök gjorts att tolka bottenytans formelement i området utanför Lövsta gamla deponiområde med hjälp av terrängmodellen och backscatterbilden.

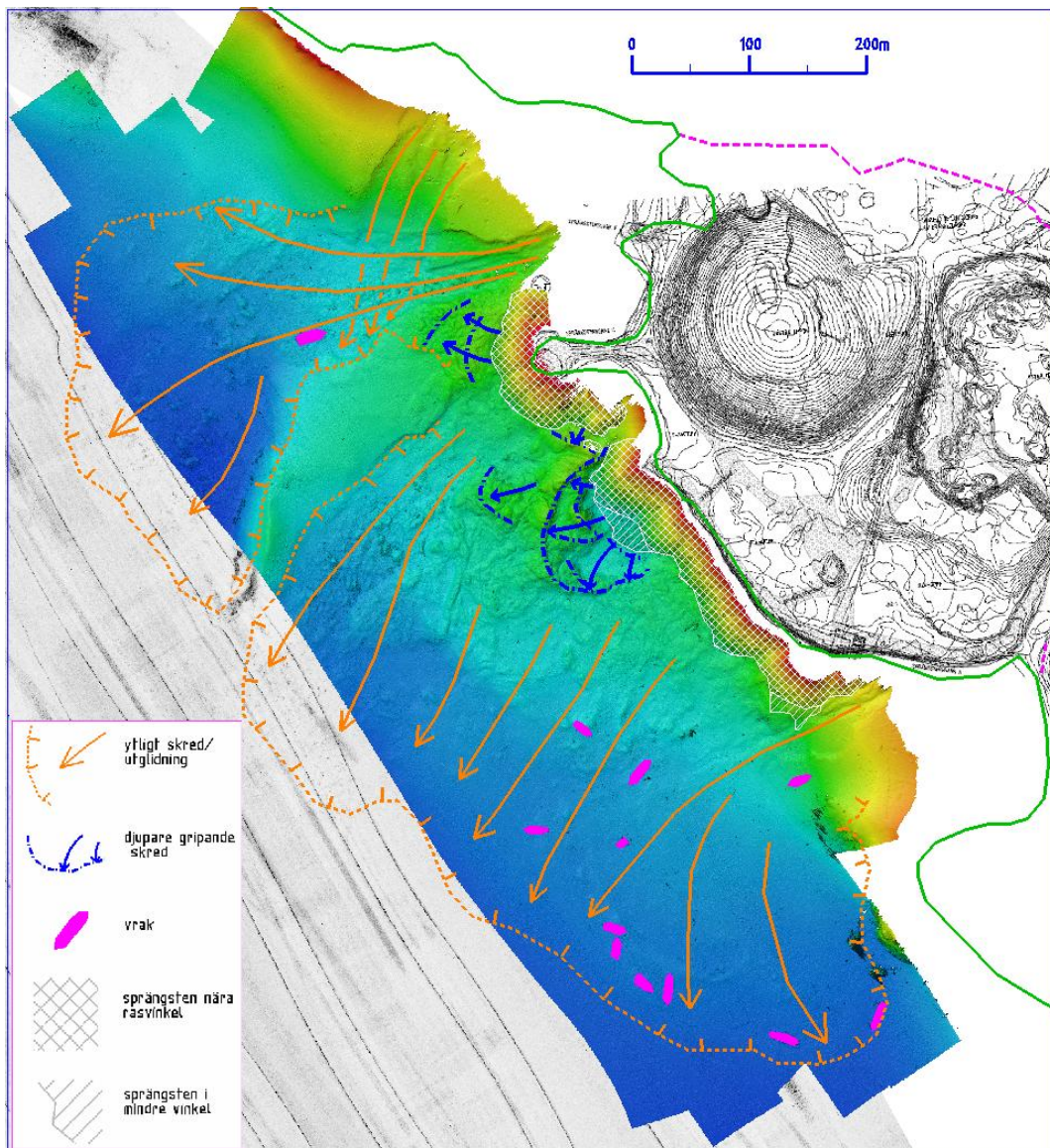


Fig. 14. Tolkning av bottenytans formelement mot bakgrund av en djupfärgkodad och terrängskuggad modell av det undersökta området utanför Lövsta gamla deponiområde i Mälaren. Bakgrunden i det utanförliggande området är en högupplösande sonar-mosaikbild från SGU:s undersökningar av försvarets dumpningsområden i Mälaren 2003. Grön linje markerar strandlinjen enligt Lantmäteriets terrängkarta och violett streckad linje visar en uppskattad ursprunglig strandlinje före utfyllnad (syns uppe t.h.).

Närmast utanför strandlinjen vid det utfyllda området syns tydligt i terrängmodellen sprängstensfyllnaden (markerat med korsstreckning i tolkningen) längs strandlinjen. Denna har en släntlutning på mellan 35°-40°, dvs sannolikt mycket nära rasvinkel. På några ställen fortsätter sprängsten ut på plana ytor (markerat med enkelstreckning i tolkningen) utanför släntfoten. Vid släntfoten, på mellan 25-30 m djup, vidtar annars lerytan som flackt sluttar ut mot Lövstafjärdens mitt där bottenytan, vid ytterkanten av det multibeammäta området, ligger på omkring 45 m djup. Bottenytans relativa lutning framgår även genom tätheten av nivåkurvorna i fig. 15, där kurvor med 2 m ekvidistans projicerats på terrängmodellen.

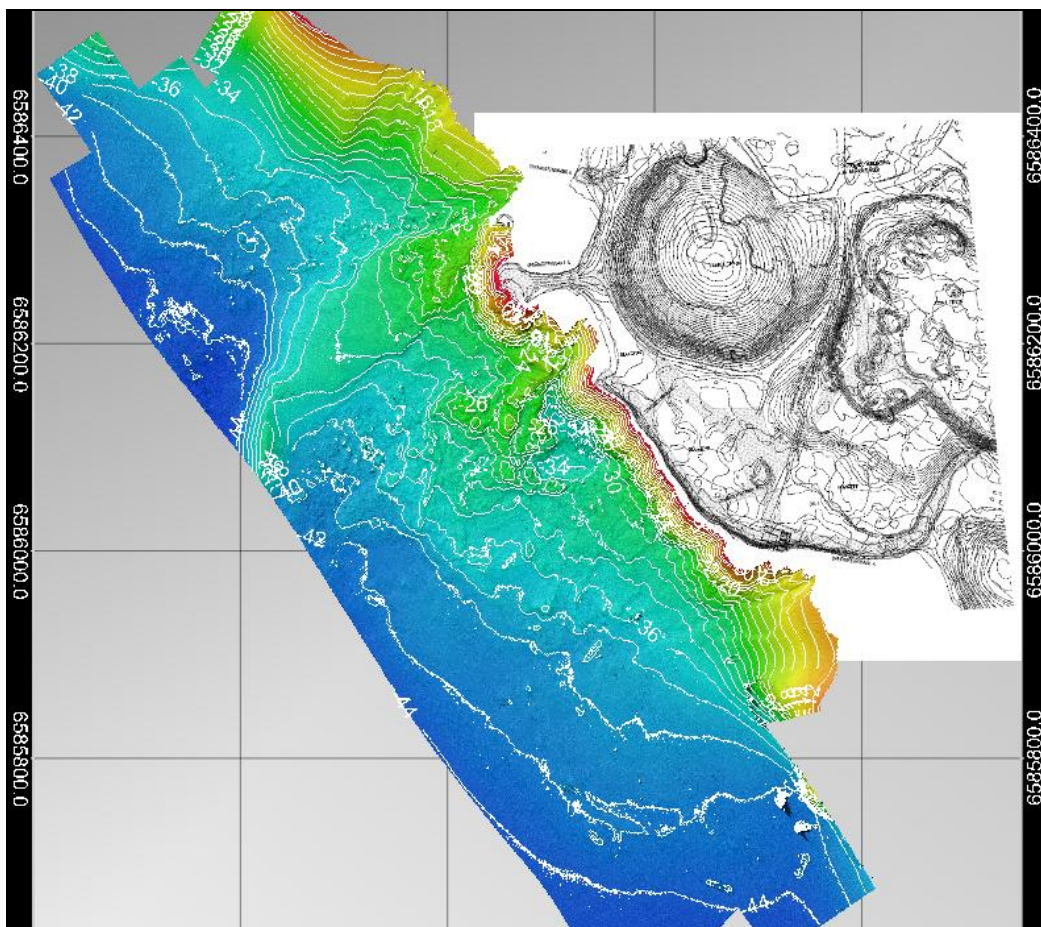


Fig. 15. Terrängmodell över multibeammätt område utanför Lövsta gamla deponi-
område. Nivåkurvor (2 m ekvidistans).

Vad som i övrigt är tydligt är att större delen av det undersökta bottenområdet förefaller vara starkt påverkat av skred och utglidningar i sedimenten. I den nordvästra delen av området kan man se hur ytliga skred/utglidningar av olika ålder korsar varandra. Utglidningarna (markerat med orange färg i tolkningen) förefaller att här ha startat relativt strandnära där bottenlutningen är större och på djup grundare än 15-20 m, för att sedan fortsätta ut över flackare områden och ned till djup av drygt 45 m. I backscatter-bilden (fig. 17) kan man också se de av skred/utglidningar påverkade lerytorna genom sitt oregelbundna och melerade utseende.

Även den centrala och sydöstra delen av området förefaller att till största delen vara påverkat av ytliga utglidningar. Flera av de vrak som påträffats mer koncentrerat i om-

rådets sydöstra del kan ha förts dit genom ytliga skred/utglidningar (fig. 16). Sammanlagt har 12 vrak påträffats inom undersökt område. De flesta vraken är omkring 20-25 m långa och utgörs sannolikt av några av de pråmar som använts till att frakta sopor sjövägen till Lövsta.

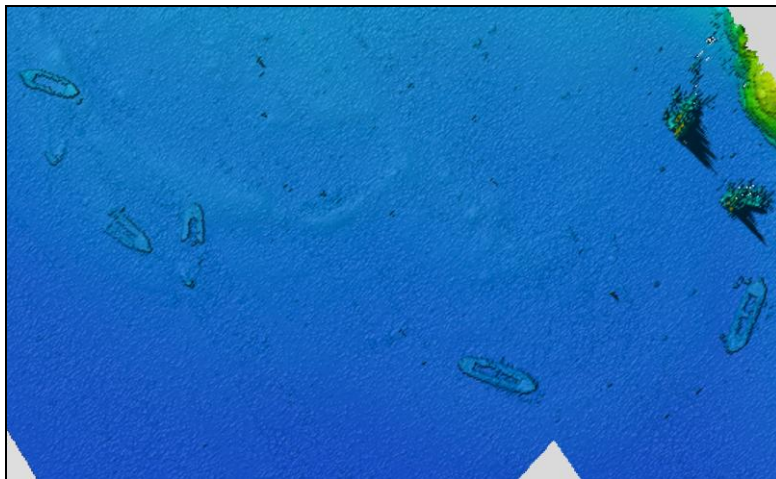


Fig. 16. Några av de vrak, sannolikt soppråmar, som påträffats i områdets sydöstra del utanför Lövsta gamla deponiområde i Mälaren.

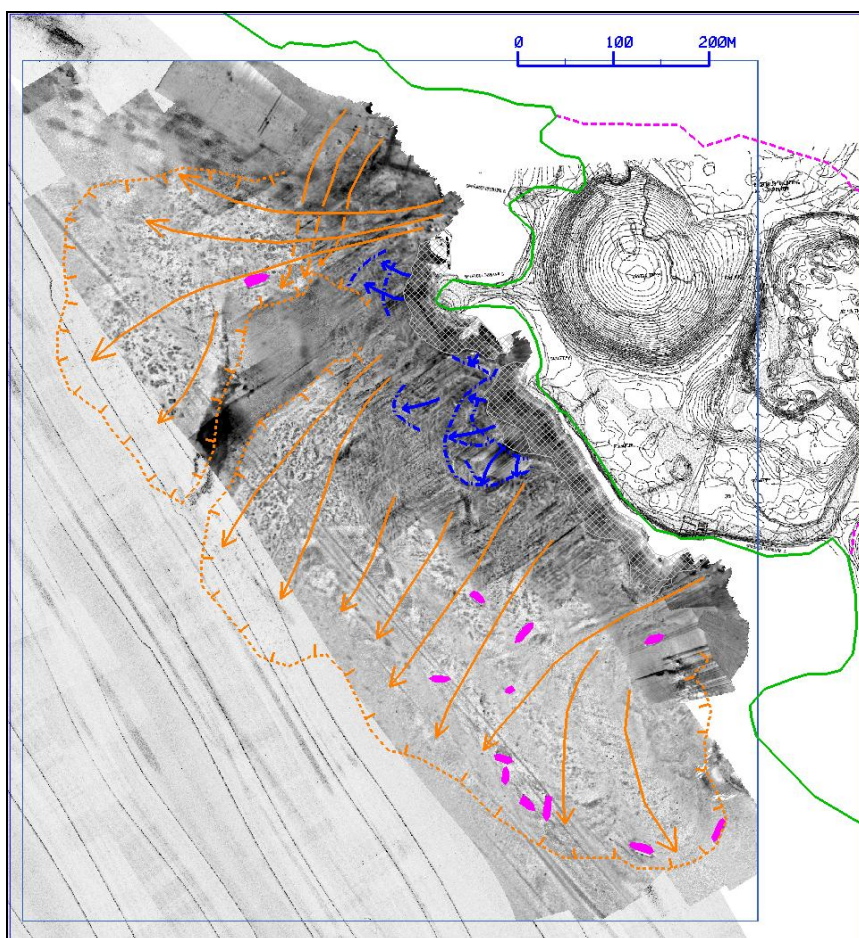


Fig. 17. Tolkning av bottenytans formelement mot bakgrund av en backscatterbild av det undersökta området utanför Lövsta gamla deponi. För teckenförklaring se fig 14.

I det undersökta områdets centrala del, närmast utanför strandlinjens sprängstensfyllnad kan man se spåren av ett, sannolikt djupare gripande, skred (fig. 18) vilket också orsakat upptryckning av lermassor längre ut. Strandlinjens sprängstensslänt ut mot vattnet har på de flesta avsnitt en brant lutning på mellan 35° och 40° men i profil A förekommer ett mindre område utanför släntfoten där sprängstensytan är horisontell, vilket indikerar att sprängsten glidit ut i samband med sättning eller skred.

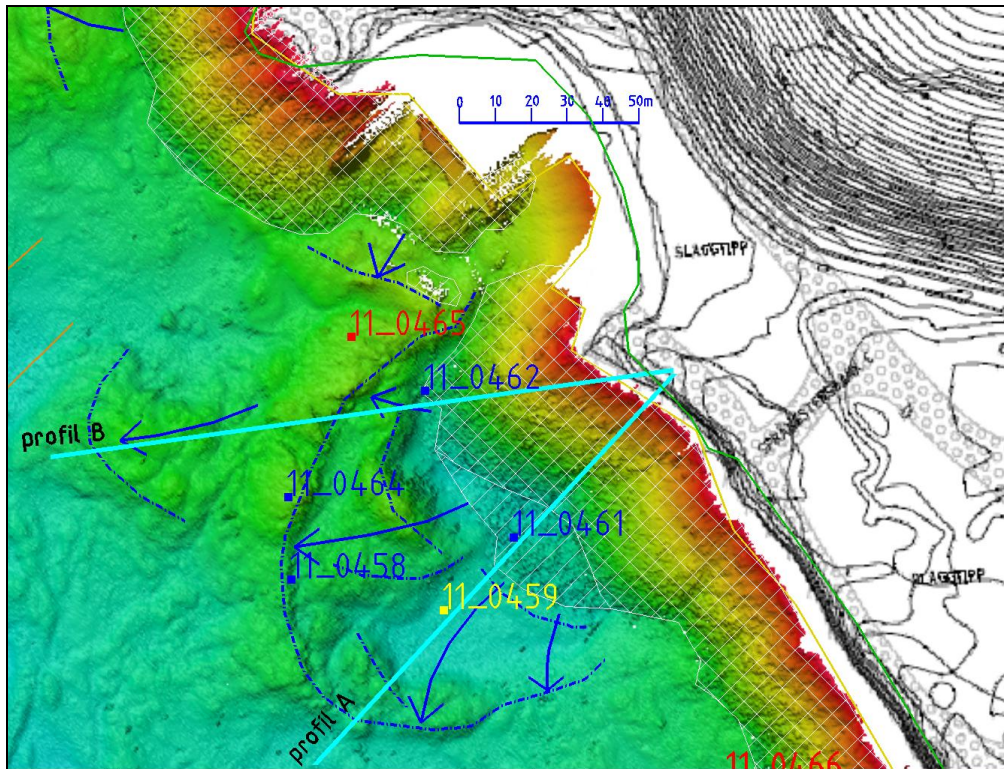


Fig. 18. Terrängmodell över det centrala skredområdet utanför Lövsta gamla deponi-område. Ljusblå linjer markerar läget för profil A och B. Ringmönstrade ytor på land-området till höger markerar sprängstensbankar som anlades under 1960- och 70-talet för att stabilisera tippen. För teckenförklaring i övrigt se fig. 14.

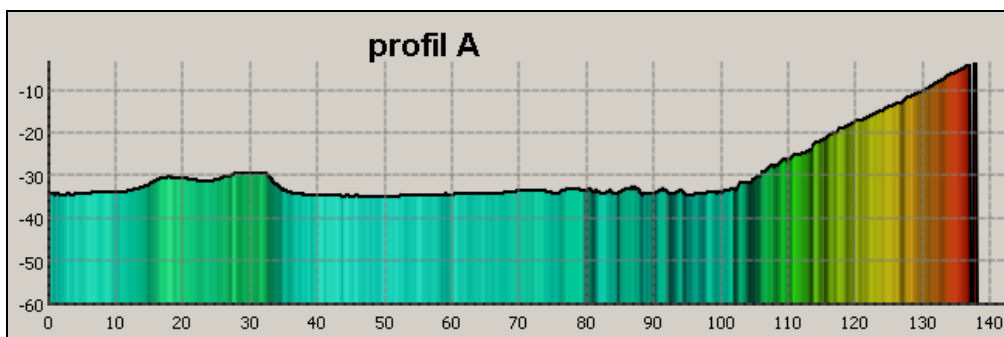


Fig. 19. Profil A genom det centrala skredområdet utanför Lövsta gamla deponi-område. Till höger sprängstensbanken som här har en lutning av ca 38°. Sprängsten förekommer här även ytterligare 20 m utanför släntfoten. För profilens läge se fig. 18.

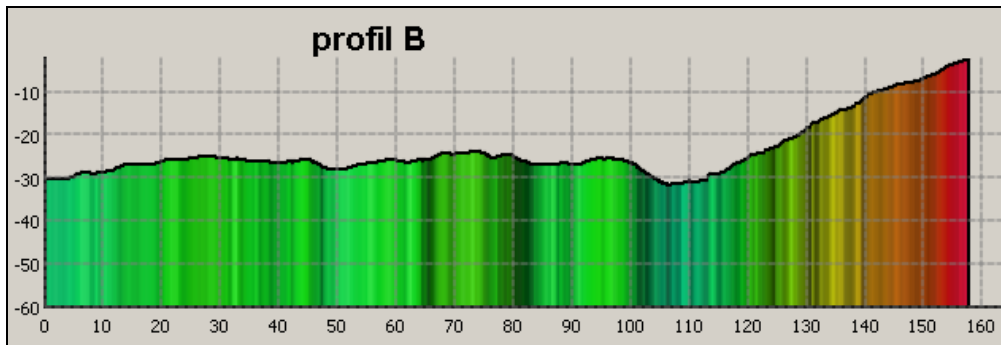


Fig. 20. Profil B genom det centrala skredområdet utanför Lövsta gamla deponiområde. Till höger sprängstensbanken som här har en lutning av ca 38°. För profilens läge se fig. 18.

I det av ett djupare gripande skred påverkade området utanför sprängstensbanken i profil A, har det efter skredet bildats en grund svacka. I denna svacka togs miljöprov (sedimentkärna) 11_0459, vilket visar 41 cm postglacial lergyttja över glaciallera.

I övriga 3 prov, dvs 11_0458, 11_0464 och 11_0465, som tagits utanför sprängstensslänten i det centrala, djupare gripande, skredområdet så har samtliga innehållit aska, slagg och sopor vilket visar att sannolikt avsevärda mängder sopor från Lövstatippen spridits ut på Mälarens botten i Lövstafjärden.

Förutom längst i nordväst och sydost av det undersökta området, så förefaller endast ett smalt område väster om Lövstatippens västligaste udde, vid prov 11_0463, vara något så när opåverkat av skred och massrörelser.

5.2 Utvärdering av penetrerande hydroakustiska mätningar

För att skapa profiler genom sedimentlagerföljden utfördes mätningar med seismik och sedimentekolod längs 4 mätlinjer i området (fig. 13, 22-25). Seismik och sedimentekolod tolkas tillsammans och kompletterar varandra på så sätt att seismiken kan ge information om de djupare liggande lagren medan sedimentekolodet kan ge en mer detaljerad information om de ytligaste lagren.

Det bör dock framhållas att de penetrerande hydroakustiska undersökningarna med seismik och sedimentekolod i detta fall inte har givet önskat resultat, bl a beroende på att den förväntade, naturliga lagerföljden var kraftigt störd på grund av de flertal skred som upptäcktes inom området samt på förekomsten av sopor i sedimenten inom skredområdena.

Som komplettering av de penetrerande hydroakustiska mätningarna användes även del av en profil, MAL01_086 (fig. 21), från SGU:s tidigare undersökningar i Mälaren år 2001.

Den generella lagerföljden i området innebär att ovanpå berggrundsytan kan mindre mäktigheter av morän förekomma. Därövanpå ligger den oftast relativt mäktiga glacialleran och överst ett tunt lager av postglacial lera.

Berggrundsyntans nivå kan variera avsevärt inom relativt korta avstånd längs den deformationszon som är markerad i översiktskartan (fig. 9) utanför östra stranden i Lövs-
tafjärden. I profil MAL01_086 (fig. 23) ligger berggrundsyntan på nivån –80 m till –90 m bara ca 100 m från en häll i strandkanten söder om Lövstaområdet. I övriga seismikprofiler har berggrundsyntans nivå inte kunnat urskiljas.

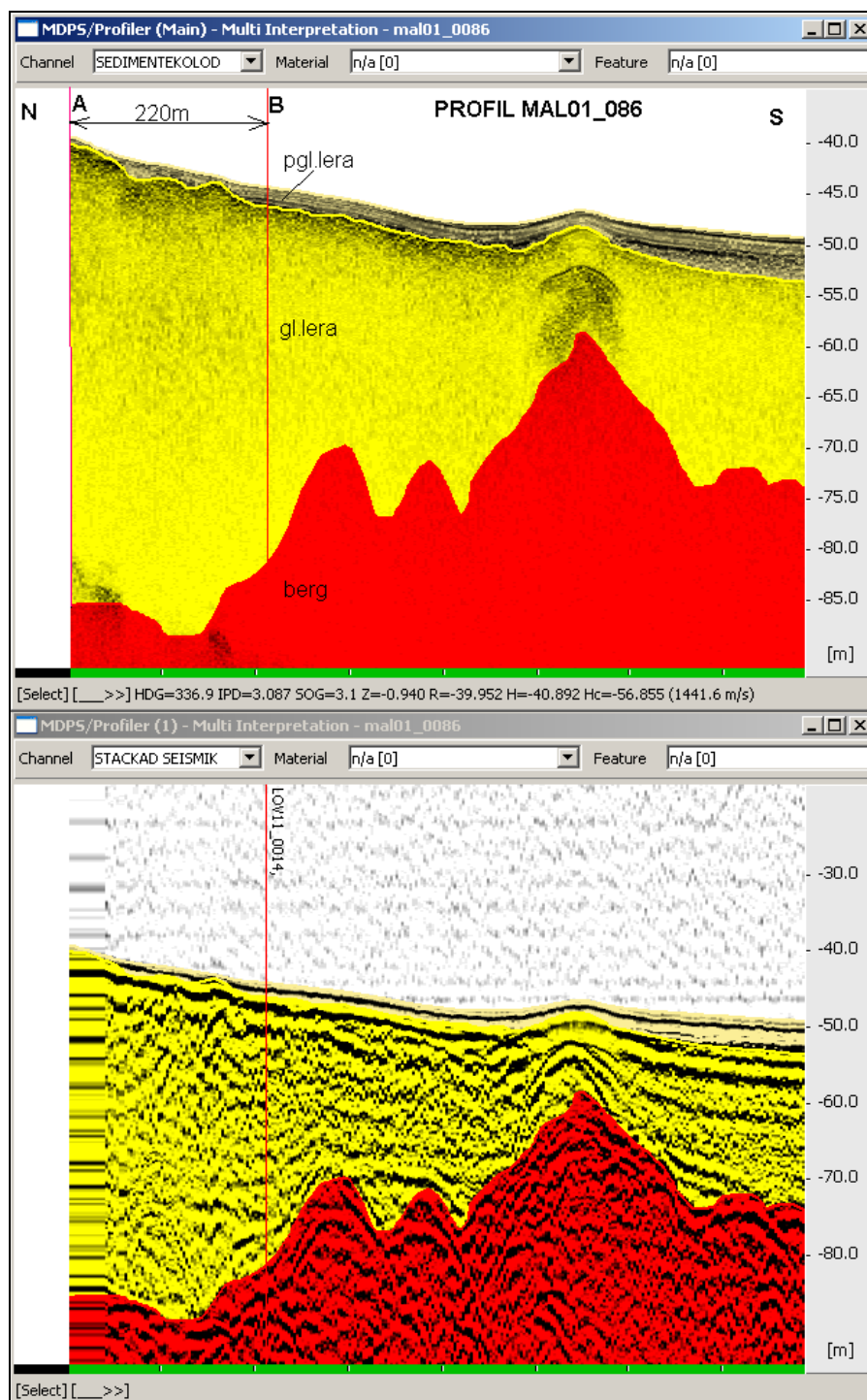


Fig. 21. Sedimentekolodspprofil (överst) och seismikprofil (underst) med tolkning i färg för del av linje MAL01_086. Avsnitt A till B går inom det med multibeamekolod uppmätta området utanför Lövsta gamla deponiområde.

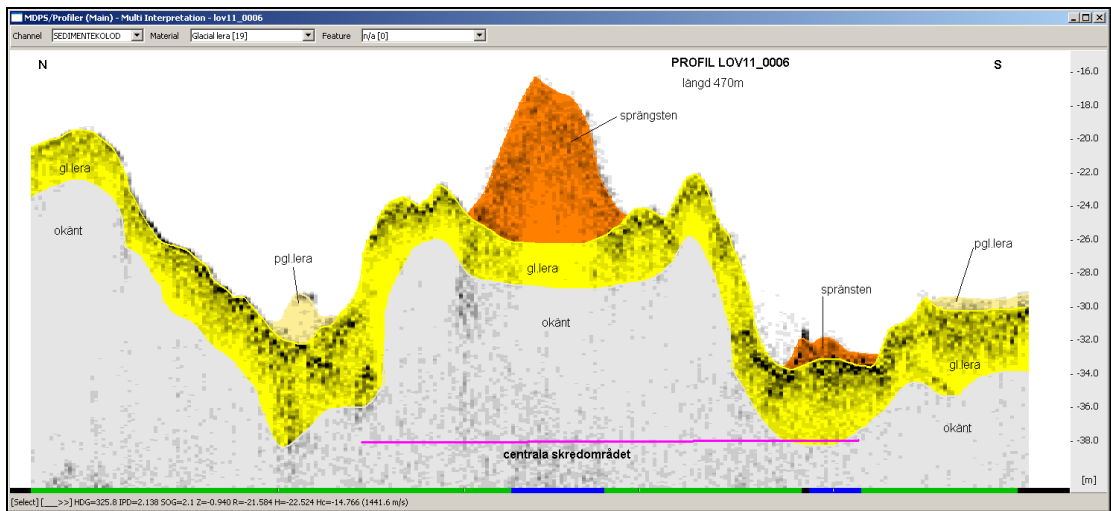


Fig. 22. Sedimentekolodspprofil med tolkning i färg för linje LOV11_0006 löpande utanför Lövsta gamla deponiområde vid Lövstafjärden i Mälaren. För profilens läge, se fig. 13.

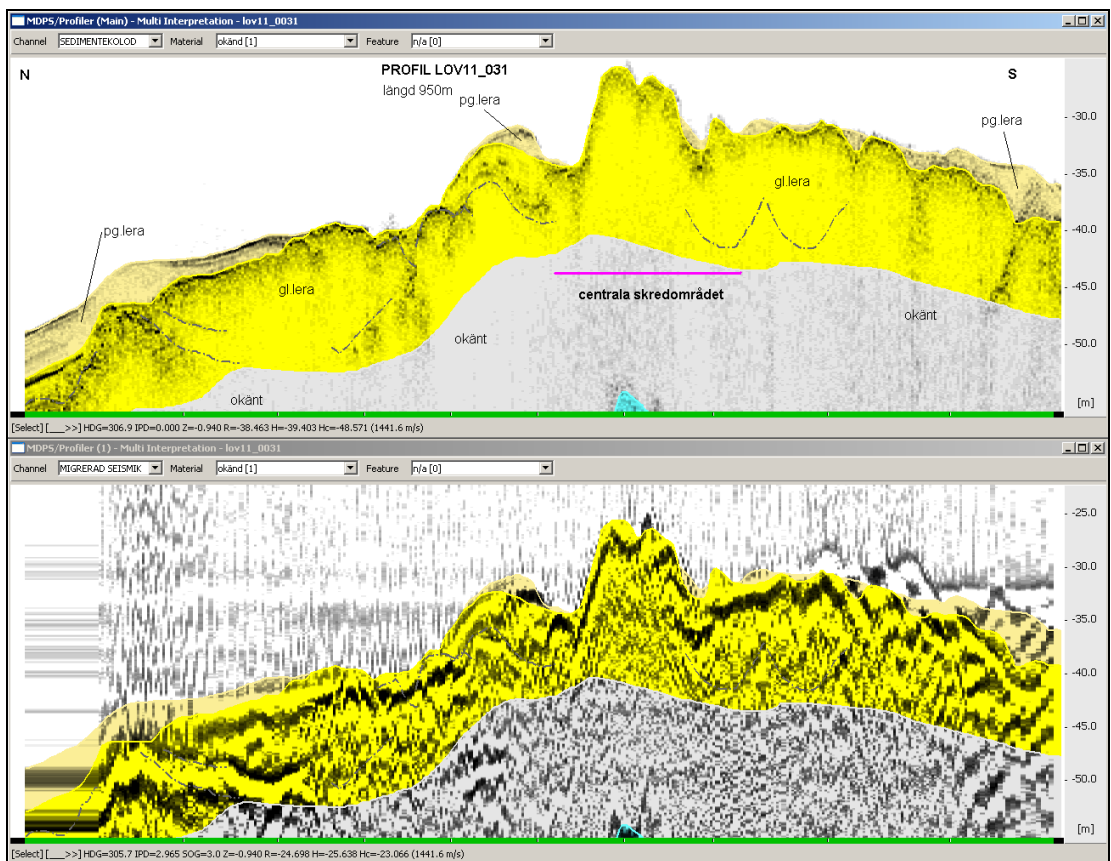


Fig. 23. Sedimentekolodspprofil (överst) och seismikprofil (underst) med tolkning i färg för linje LOV11_031 löpande utanför Lövsta gamla deponiområde vid Lövstafjärden i Mälaren. För profilens läge, se fig. 13.

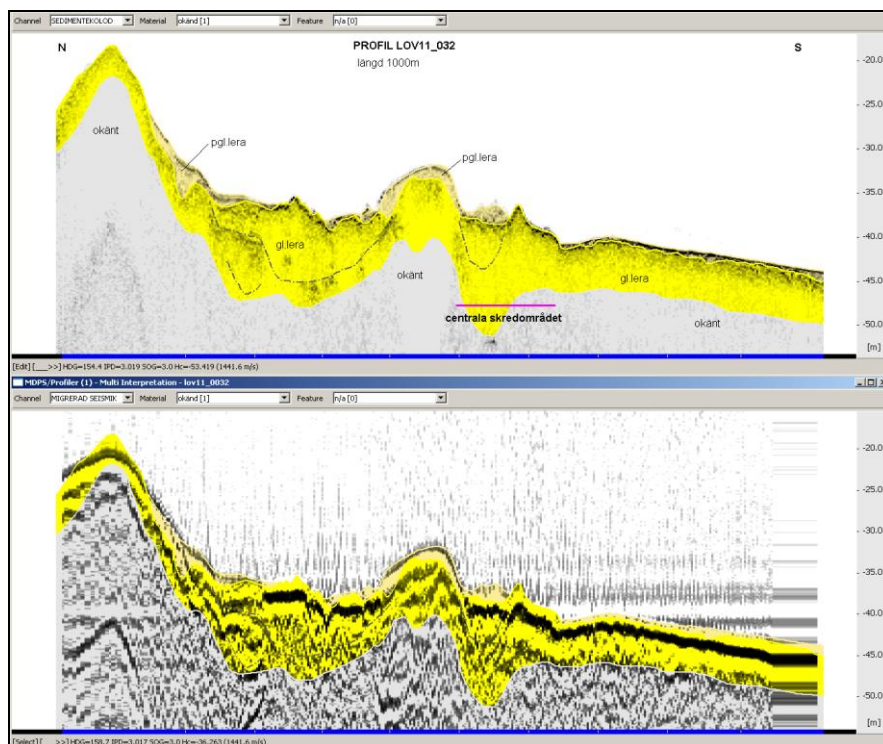


Fig. 24. Sedimentekolodspprofil (överst) och seismikprofil (underst) med tolkning i färg för linje LOV11_032 löpande utanför Lövsta gamla deponiområde vid Lövstaffjärden i Mälaren. För profilens läge, se fig. 13.

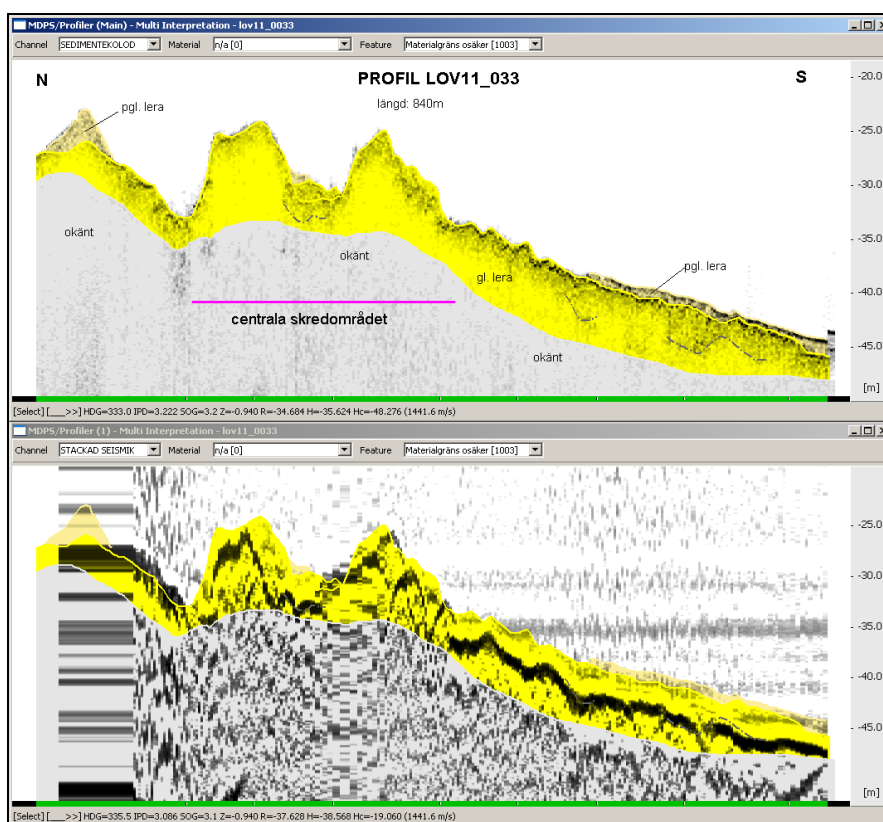


Fig. 25. Sedimentekolodspprofil (överst) och seismikprofil (underst) med tolkning i färg för linje LOV11_033 löpande utanför Lövsta gamla deponiområde vid Lövstaffjärden i Mälaren. För profilens läge, se fig. 13.

Figur 26 visar var hållar anstår i markytan på land enligt jordartskartan för området samt ungefärlig berggrunds nivå i seismikprofil MAL01_086. Det kan förmodas att berggrundsytan ligger på nivån ca -40 m eller djupare strax utanför strandkantens sprängstensfyllnad vid Lövstatippen för att därutånför brant slutta ner mot -90 m eller mer.

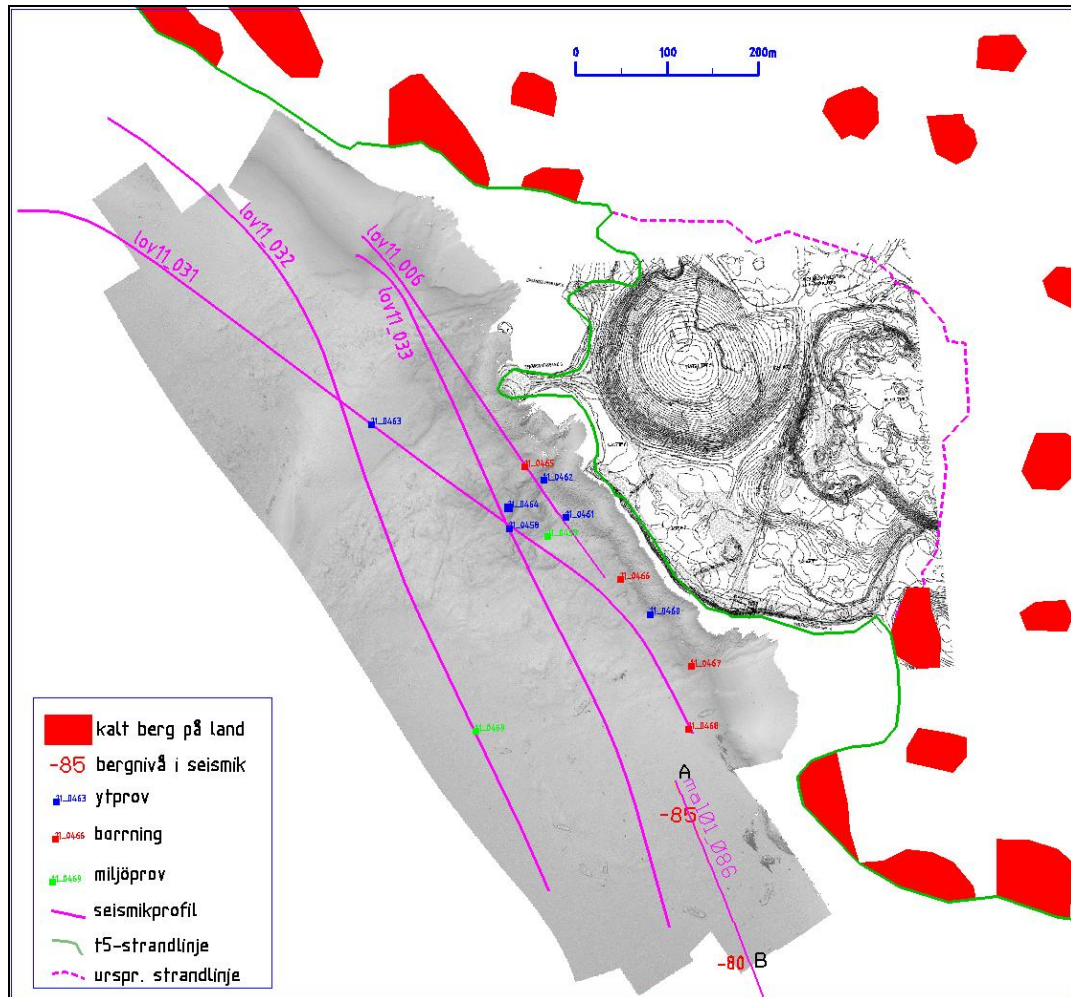


Fig. 26. Läget för seismik-/sedimentekolodsmätlinjer samt borrhningar/provtagningar i Lövstafjärden utanför Lövsta gamla deponiområde mot bakgrund av en skuggad terrängmodell i gråskala. På land har även hållar, enligt jordartskartan, markerats. För mer information om provtagningar och mätlinjer, samt större och tydligare provnummer se fig. 13.

Glacialleran är som mäktigast ute i Lövstafjärden där den kan bli flera tiotals meter mäktig, för att sedan tunna ut mot land. Till glacialleran har i detta sammanhang även räknats den s.k. Ancylusleran vilken utgör den översta delen av glacialleran. Glaciallerans undre delar är vanligen varvig och här ingår en större andel silt, medan glaciallerans övre delar är mycket styv, med en lerhalt på vanligtvis 60-70%.

Den översta, postglaciala leran är vanligen utbildad som en gyttjelera med en organisk halt mellan 3-6%. Den postglaciala lerans mäktighet är vanligen mellan 5 och 10 m i de centrala, djupare delarna av Lövstafjärden för att sedan tunnare ut mot land där den helt saknas på vissa ställen.

5.3 Aktivitetsanalys av ^{137}Cs och beräknad ackumulationshastighet

Två sedimentkärnor upphämtades för miljökemiska analyser och bestämning av ackumulationshastigheten utanför Lövsta f.d. sopstation. Den ena (11_0459) togs utanför sprängstensbanken i en svacka innehållande recent postglacial lergyttja och den andra (11_0469) också i postglacial lergyttja ca 300 m ut från banken (fig. 13). Båda kärnorna röntgades (se, bilaga 1) och analyserades med avseende på aktiviteten hos den radioaktiva isotopen ^{137}Cs . Resultaten redovisas i figurerna 27 och 28.

I Sedimentkärna 11_0459 (fig. 27). Konstaterades en kraftig aktivitetsökning i form av en pik, vars undre del markerar tidpunkten för Tjernobylolyckan 1986. Nivån ligger ca 17 cm under sedimentytan vilket visar att den genomsnittliga ackumulationshastigheten på denna plats uppgår till 7 mm/år, vilket är i samma storleksordning (8 mm/år) som tidigare uppmätts med samma metod vid Försvarsmaktens ammunitionsdumpningsplats belägen mer centralt i Lövstafjärden (Jonsson & Karlsson 2005).

Den relativa dateringen av prov 11_0459 visar att det djupare gripande skredet (se, sid 23) bör ha ägt rum tidigare än 1986. Detta styrks också av en uppgift om att ett större skred skulle ha inträffat 1972 i samband med att sprängstensbankarna lades ut i detta område (KFS PM, 2011).

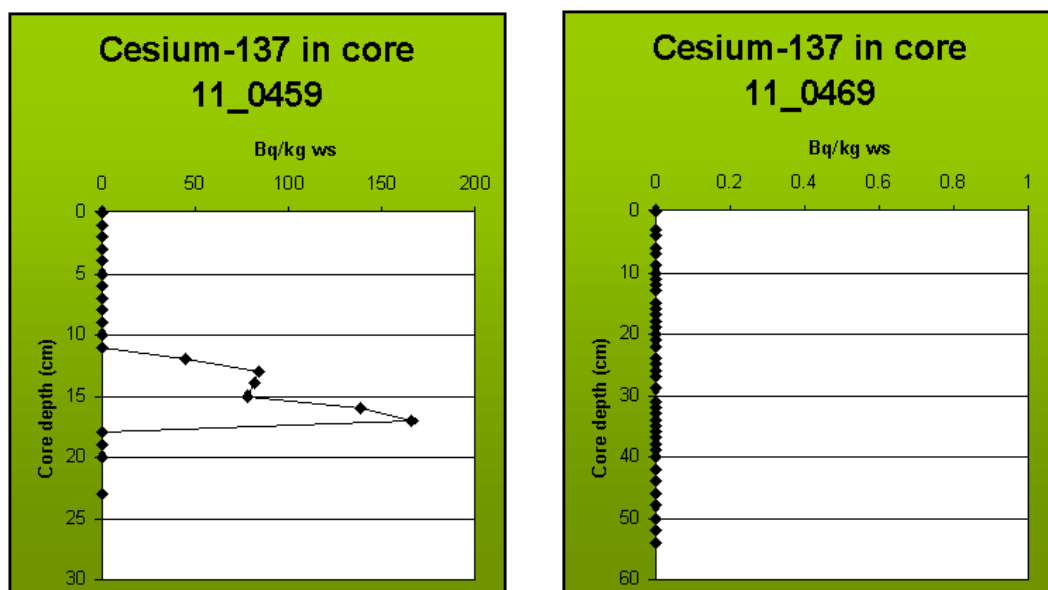


Fig. 27 och 28. Aktiviteten av ^{137}Cs vs sedimentdjup i sedimentkärna 11_0459 från det centrala skredområdet (t.v.) och sedimentkärna 11_0469 i ytterdelen av det av grundare skred/utglidningar påverkade området (t.h.) utanför Lövsta gamla deponi-område i Lövstafjärden.

Motsvarande aktivitetsanalys av ^{137}Cs i miljöprov 11_0469 (fig. 28), längre ut från land och i det område som tolkats vara påverkat av grundare skred/utglidningar, erhöles inga mätbara aktivitetsvärden. Resultaten visar att lagerföljden, som utgörs av något äldre postglacial lera med undantag för de översta 0-6 cm, saknar sediment från perioden för Tjernobylolyckan. Den översta delen (0-6 cm) däremot utgörs av mycket unga (recenta) sediment (se bilaga 1), som i likhet med miljöprov 11_0459, inte innehåller isotopen ^{137}Cs . Baserat på ackumulationshastigheten i prov 11_0459 samt på

lamineringen i prov 11_0469 är det sannolikt att dessa överst 0-6 cm sediment är avsatt under den senaste 7-10-årsperioden.

5.4 Miljökemiska undersökningar

Koncentrationen av 58 grundämnen, däribland några av de mest uppmärksammade toxiska metallerna, undersöktes på fyra platser i Mälarens botten utanför Lövsta gamla deponiområde i Lövstafjärden (Fig. 13). Resultaten redovisas i bilaga 2.

Sedimentprovets miljöstatus har bedömts och klassats (se tabell 1) i enlighet med Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för miljö kvalitet i kust och hav (Naturvårdsverket 1999). Detta trots att Mälaren är en sjö. Anledningen till det senare är att bedömningsgrunderna för sjöar och vattendrag (Naturvårdsverket 1999) vad avser metaller i sediment bygger på analysmetoden svensk standard, dvs en uppslutning av sedimentet med 7M HNO₃ (salpetersyra), medan analysmetoden för kust och hav även har bedömningsgrunder för totaluppslutning av sediment. Den senare metoden rekommenderas av Internationella havsforskningsrådet ICES (International Council for the Exploration of the Sea) för analyser av sediment och det är denna metod som nyttjats i föreliggande undersökning, bl a för att skapa jämförbarhet med data från mer än 700 stationer från svenska kust- och havsområden (SGUs databas).

5.4.1 Undersökningar av huvud- och spårelement, särskilt metaller

5.4.1.1 Ytprover: 11-0458 – 11-0469

Nedan behandlas först resultaten från ytproverna. Resultaten av klassningen presenteras i Tabell 2. Mycket höga halter (klass 5) har uppmätts för kadmium (Cd), koppar (Cu), kvicksilver, bly (Pb) och zink (Zn) i ytproverna (0-2 cm) från provpunkterna 11_0458 och 11_0463 (skredmassor med sopor), medan halterna av arsenik (As), kobolt (Co) och nickel (Ni) ligger på eller något över den naturliga bakgrunden (klasserna 1-3). Åldern på proven 11_0458 och 11_0463 är okänd, men hänger med största sannolikhet samman med skred uppkomna i samband med sprängstenvallens byggnad.

Halterna i ytprovet från sedimentkärna 11_0469 (0-1 cm) ligger lägre (klasserna 1-3) med undantag för zink (Zn) som faller i klass 4. Den senare platsen ligger i södra delen av och ca 300 meter utanför Lövsta gamla deponiområde. Provet har endast ett ca 6 cm tjockt ytlager med recent sedimentation, som underlagras av skredmassor (post-glacial lera) av äldre datum. Enligt mätningarna av ¹³⁷Cs (se diagram i bilaga 1) är skredmassorna betydligt äldre än 1986, dvs tidpunkten för Tjernobykatakstrofen och nedfallet 1986 av ¹³⁷Cs som drabbade främst de östra delarna av Svealand och södra Norrland.

Ytprovet (recent sediment) från sedimentkärna 11-0459 som ligger ca 40 meter väster om f.d. Lövsta sopstation och närmast en numera pluggad utsläppspunkt för slagg-läckningsvatten (här rörande från vattenkyllning av förbränningsrester) uppvisar stora likheter med ytprovet 11-0469 med metallhalter som ligger i klasserna 1-3, med undantag för zink (Zn) som faller i klass 4. Ytproven i båda dessa sedimentkärnor (11_0459 och 11_0469) är recenta och speglar därmed dagens miljöstatus i nyligen avsatta sediment utanför Lövsta gamla deponiområde.

Tabell. 2. Halter och klassning av metaller i sedimentprover från Mälarens botten utanför Lövsta gamla deponiområde. Observera att fyra olika sedimentnivåer analyserats och bedömts från sedimentkärna 11_0459.

LÖVSTA Station	Prov-nivå (cm)	As mg/kg TS	Cd mg/kg TS	Co mg/kg TS	Cr mg/kg TS	Cu mg/kg TS	Hg mg/kg TS	Ni mg/kg TS	Pb mg/kg TS	Zn mg/kg TS
11-0458	0-2	12	6,6	18	152	393	3,7	20	873	2090
11-0463	0-2	16	5,4	25	189	453	1,5	55	978	1960
11-0469	0-1	7,7	0,68	20	82	53	0,14	42	62	226
11-0459	0-1	8,1	0,55	16	57	55	0,16	17	58	220
11-0459	8-9	7,9	0,82	19	77	70	0,17	17	98	309
11-0459	16-17	8,3	1,1	18	76	80	0,28	20	117	367
11-0459	30-31	14	5,7	18	148	339	1,2	44	768	1870
11-0459	60-61	42	33	24	336	916	1,1	39	1780	6570

Awikelseklassning metaller		
Naturvårdsverket 1999		
	Klass 1	Ingen/obetydlig avvikelse
	Klass 2	Liten awikelse
	Klass 3	Tydlig avvikelse
	Klass 4	Stor avvikelse
	Klass 5	Mycket stor avvikelse

5.4.1.2 Djupare prover i sedimentkärna 11-0459

I motsats till sedimentkärna 11-0469 utgörs hela sedimentkärnan 11-0459 av en kontinuerlig recent lagerföljd vilket också bekräftas av lamineringen av sedimentet och ¹³⁷Cs-mätningarna där det samlade utslaget för Tjernobylolyckan ligger på nivåerna 12-17 cm sedimentdjup (se röntgenbild och diagram i bilaga 1).

I Tabell 2 illustreras haltfördelningen med sedimentdjupet i kärna 11_0459. De i särklass högsta halterna (klass 5) av As, Cd, Cr, Cu Hg, Pb och Zn samt flera andra grundämnen återfinns på nivåerna 30-31 cm och 60-61 cm sedimentdjup, medan proven från nivåerna mellan 0 och 17 cm uppvisar betydligt lägre halter (klasserna 1-3) med undantag för zink (Zn), (Tabell. 2 och fig. 29, samt bilaga 2).

5.4.1.3 Kommentarer till resultaten från metallanalyserna

Metallhalterna i klass 5 är mycket höga. För kadmium (Cd) ligger de som högst 7 ggr, för krom (Cr) 3 ggr, för koppar (Cu) 4 ggr, för bly (Pb) 6 ggr och för zink 9 ggr högre än de högsta halter som uppmätts i hela Stockholms Mälardistrikt, i saltsjön och i övriga skärgårdsområdet inom länet (Cato & Apler 2010, 2011) och i nivå med de halter som uppmätts utanför Rönnskärsverken i Bottenviken (Cato & Sellén 2004) och Kallholmsfjärden, Skellefteå kommun (Cato 2004).

Andra grundämnen som ligger mycket högre än de högsta värden som uppmätts på ca 700 platser i svenska havsområden är bl a silver (Ag), barium (Ba), kalcium (Ca), litium (Li), molybden (Mo), fosfor (P), antimon (Sb), selen (Se), tenn (Sn), strontium (Sr) och vanadin (V) m.fl. (se fig. 29 och bilaga 2, Grundämnen).

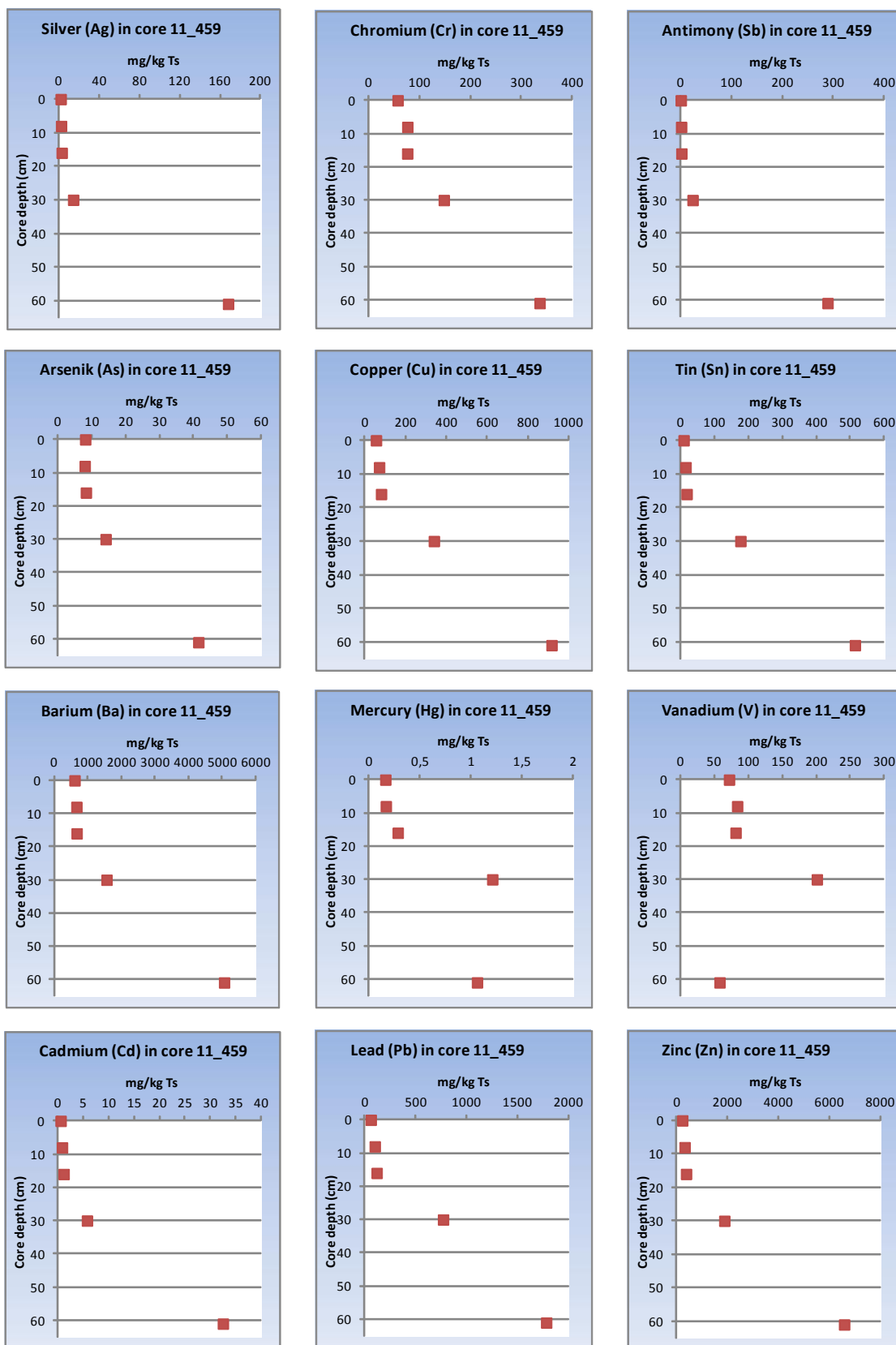


Fig. 29. Några utvalda grundämnenas fördelning med sedimentdjupet i sedimentkärna 11_0459 upphämtad utanför Lövsta gamla deponiområde. Extremt höga halter återfinns på nivåerna 30 cm och i synnerhet på nivån 60 cm. Med undantag för Hg och V återfinns den högsta halten på nivån 60 cm. Platsen finns markerad i fig. 13.

Övriga grundämnen uppvisar inte motsvarande trender men något förhöjda halter förekommer på olika nivåer högre upp i sedimentkärnan. Jordartsmetallernas halter ligger relativt stabilt med ökat sedimentdjup (se bilaga 2, Grundämnen).

Som nämnts ovan ökar samtliga metallhalter med ökat djup i sedimentkärna 11_0459 (kvicksilver och vanadin avviker något, se fig. 29). I de övre lagren (0-20 cm) ökar halterna relativt måttligt, men från sedimentdjupet ca 30 cm och nedåt ökar halterna mycket kraftigt, vilket visar att den antropogena tillförseln av metaller till sedimentet på denna plats var högre för mer än 30 år sedan. Om tidpunkten sammanfaller med pluggningen av utsläppspunkten för slaggläkningsvattnet (härörande från vattenkylning av förbränningsrester) kan detta vara en förklaring till de betydligt högre halterna på nivåer djupare än ca 30 cm jämfört med de tre ytligare liggande proven i kärnan som i så fall skulle representera tiden efter pluggningen. De två mest recenta proven (11_0459 och 11_0469) visar att belastningen av metaller ytterligare minskat i sen tid vilket sannolikt kan vara en följd av nedlagda verksamheter samt vidtagna saneringsåtgärder.

Resultatet av analyserade grundämnen och i synnerhet de metaller som i hög grad nyttjats och nyttjas av samhället har lämnat ett tydligt historiskt avtryck i sedimenten utanför Lövsta deponiområde som under en tidsperiod om ca 100 år nyttjats för deponering av olika slag av avfall, avfallsförbränning, slamavvattning, spilloljehantering och verkstadsarbeten. I markundersökningar utförda inom området för Lövsta gamla deponi har konstaterats bl a höga halter av arsenik (As), kadmium (Cd), krom (Cr), koppar (Cu), kvicksilver (Hg), bly (Pb) och zink (Zn) (Citres 2012), dvs resultaten från markundersökningarna visar samma resultat som sedimentundersökningarna i Lövstajärden

5.5 Undersökningar av persistenta organiska miljögifter

Koncentrationen av 45 persistenta (långlivade) organiska föreningar som alla betraktas som miljögifter, dvs. skadliga för miljön, undersöktes på två platser (11_0459 och 11_0469) i Mälarens botten utanför Lövsta gamla deponiområde (Fig. 13). Resultaten redovisas i tabellerna 3 till 6, samt vad avser fördelningen med sedimentdjupet i figur 30.

5.5.1 HCB och PCB

Halterna (tabell 3) av hexaklorbensen (HCB) och 7 olika kongener polyklorerade bifenyl (PCB) ligger på samtliga undersökta sedimentdjup (0-5 cm, 20-25 cm och 40-45 cm) i kärna 11_0459, (belägen ca 40 meter väster om Lövsta gamla deponiområde), i klass 5 (**mycket hög halt**) enligt de svenska bedömningsgrunderna (Naturvårdsverket 1999).

Halterna ligger högre i de två djupare sedimentskikten och många PCB-kongener uppvisar högst halt i det djupaste sedimentskiktet (Fig. 30). Användningen av PCB förbjöds i nya produkter 1978 och sedan 1995 får inga PCB-innehållande produkter användas. Sedimenten speglar denna trend.

HCB däremot uppvisar en motsatt trend med den högsta halten i ytskiktet. Eftersom HCB slutade att användas som fungicid 1980, kan den högre halten i ytsedimentet nära

Lövsta gamla deponiområde med stor sannolikhet relateras till oavsiktligt bildande vid termiska processer, dvs vid förbränning av organiska klorföreningar i hushållsavfall och från hantering av klorerade lösningsmedel.

Prov 11_0469, belägen i Mälaren ca 300 meter söder om Lövsta gamla deponiområde, har endast analyserat i ytskiktet (0-2 cm). Även här påträffas **höga** till **mycket höga** halter av HCB och PCB (klasserna 4 och 5). Halterna är dock genomgående lägre än i prov 11_0459, vilket sannolikt beror på platsens större avstånd från källområdet.

Tabell. 3. Halter och klassning enligt svenska bedömningsgrunder (Naturvårdsverket 1999) av polyklorerade bifenyler (PCB) analyserade i sedimentprover från Mälarens botten utanför Lövsta gamla deponiområde i Lövstafjärden. Analysarbetet är inte avslutat utan pågår i skrivandets stund, vilket medför att alla data ännu inte är tillgängliga. Bedömningsgrunder finns inte för alla ämnen.

Prov no:	11_0459 B	11_0459 A	11_0459 A	11_0469 B
Sedimentdjup:	0-5 cm	20-25 cm	40-45 cm	0-2 cm
TS (%):	12	17	41	14
Ämne/sort	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
HCB	4,5	1,2	1,2	0,61
PCB 28	2,7	4,7	6,9	2,8
PCB 52	2,9	5,9	6,3	2,7
PCB 101	3,9	4,4	4,7	1,5
PCB 118	2,8	4,3	3,9	1,9
PCB 153	4,2	4,6	4,1	2,0
PCB 138	5,6	6,1	5,2	2,5
PCB180	1,9	2,4	2,8	1,5
Sum 7 PCB	24	32	34	15

Miljökvalitet enligt Svenska bedömningsgrunder för organiska miljögifter	
Klass 1	Ingen halt
Klass 2	Låg halt
Klass 3	Medelhög halt
Klass 4	Hög halt
Klass 5	Mycket hög halt

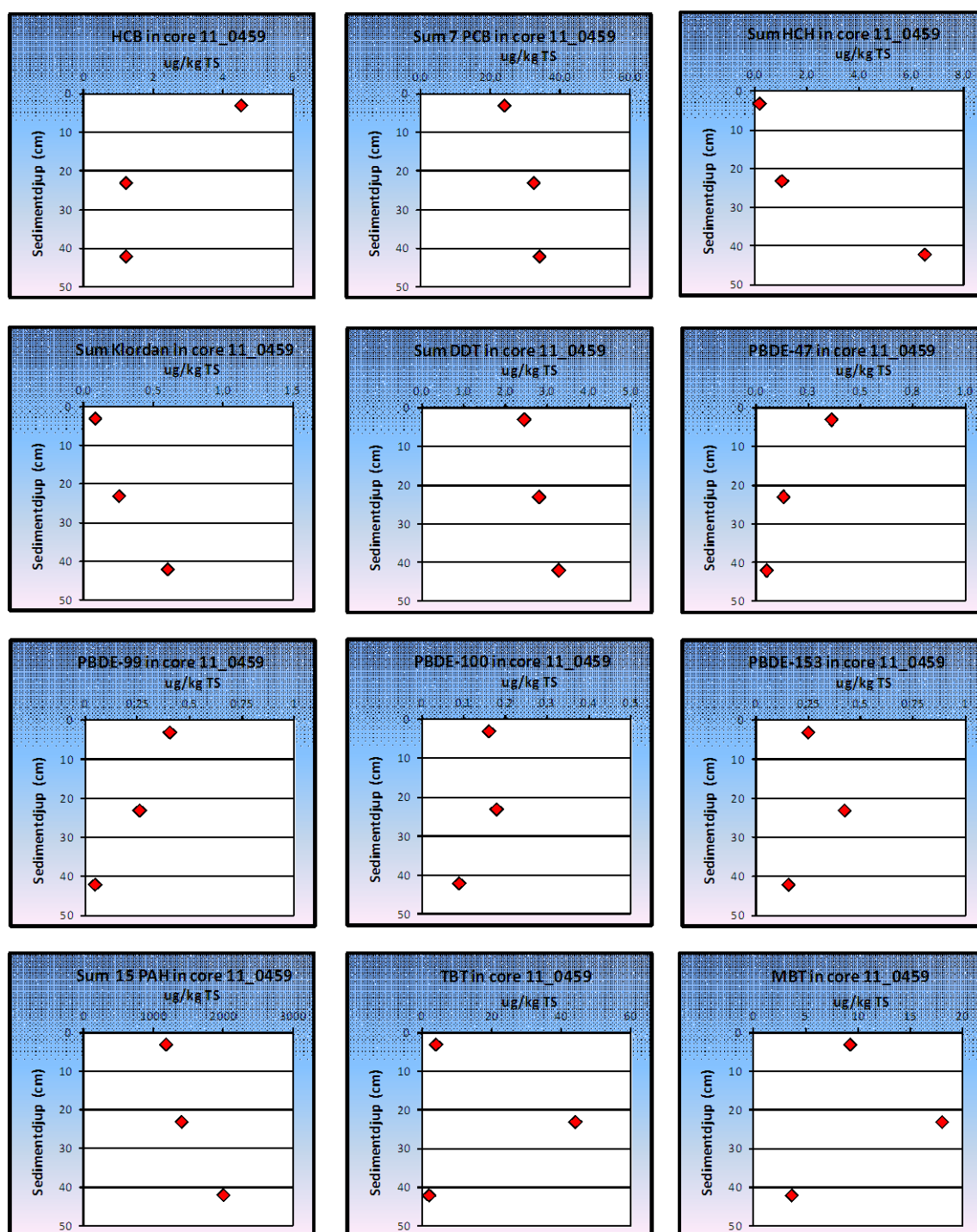


Fig. 30. Några utvalda organiska miljögifter's fördelning med sedimentdjupet i sedimentkärna 11_0459 upphämtad utanför Lövsta gamla deponiområde i Lövstafjärden. Trenden från ytan till djupaste sedimentnivå skiljer sig åt mellan olika föreningar och ämnesgrupper, vilket kommenteras i texterna för respektive ämnesgrupp.

5.5.2 HCH

Analysresultaten för pesticiderna hexaklorcyklohexaner (HCH) redovisas för proven 11_0459 och 11_0469 i tabell 4. I ytsedimenten kunde isomererna α -HCH och γ -HCH inte detekteras (under rapporteringsgränsen) medan isomeren β -HCH uppvisade **medelhög halt** (klass 3) i båda proverna. Samtliga tre isomerer av HCH samt summa HCH ökar med ökat sedimentdjup med halter som ligger i klasserna 4 och 5 (**hög till mycket hög halt**). Den mest toxiska isomeren γ -HCH (lindan) uppvisar lägre halter än de andra mer persistenta isomererna. Lindan förbjöds i slutet på 1980-talet i Sverige.

5.5.3 Klordaner

Inga klordaner kunde detekteras i ytprov 11_0459 medan isomeren γ -klordan i **mycket hög halt** (klass 4) påträffades i prov 11_0469 (tabell 4). På de två djupare nivåerna i sedimentkärna 11_0459 ligger halterna av γ -klordan också i klass 5 och med ökande halt med ökat sedimentdjup (Fig. 30). Trans-nonaklor kunde endast detekteras på nivå 40-45 cm och förelåg där i **hög halt** (klass 4). α -HCH kunde inte detekteras på någon nivå. Klordaner förbjöds i Sverige 1971.

5.5.4 DDT

Diklordifenyltriklorethan (DDT) har använts i betydligt större utsträckning i Sverige men användningen förbjöds 1970 med undantag för skogsnäringen som fick sprida bekämpningsmedlet fram till 1975.

I ytsedimentprov 11_0469 (tabell 4) kunde endast DDT-metaboliten *p,p*-DDE detekteras (**hög halt**). I ytprov 11_0459 däremot detekterades samtliga isomerer i (**medelhög till hög halt**) (tabell 5). Halten summa DDT är lägre i det först nämnda ytprovet jämfört med prov 11_0459 som ligger närmare Lövsta gamla deponiområde.

På de djupare sedimentnivåerna ligger isomeren *p,p*-DDE i klass 5 (**mycket hög halt**), medan isomererna *p,p*-DDT och *p,p*-DDD endast kunde detekteras på den djupaste nivå (40-45 cm) i klass 4 (**medelhög halt**) respektive klass 2 (**låg halt**). Den senare isomeren uppvisar lägre halt med ökat sedimentdjup medan trenden för *p,p*-DDT och *p,p*-DDE är det omvända, dvs högre halt med ökat sedimentdjup. Det senare gäller även summa DDT. Metaboliter *p,p*-DDE uppvisade de högst halterna av undersökta isomerer vilket sannolikt beror på att nedbrytningen är mycket långsammare än för övriga DDT-metaboliter.

Insekticiden *p,p*-DDT och dess metabolit *p,p*-DDD uppvisar successivt minskande halter med ökat sedimentdjup vilket sannolikt hänger samman med kemisk omvandling eftersom *p,p*-DDE, som degraderas mycket långsamt, uppvisar en omvänd trend med ökat sedimentdjup. Summa DDT ökar också med sedimentdjupet, vilket tyder på en minskad användning efter förbudet (Fig. 30).

5.5.5 PBDE

Polybromerade difenyletrar (PBDEs) utgör en grupp ämnen som omfattar 209 kongener. De högbromerade formerna används som flamskyddsmedel och i föreliggande studie har de som vanligen ingår i de kommersiella flamskyddspreparaten analyserats i samma prov och på samma nivåer som ovanstående organiska miljögifter (se tabell 4).

Tabell 4. Halter och klassning enligt svenska bedömningsgrunder (Naturvårdsverket 1999) av pesticider (HCH, klordaner, DDT) och bromerade flamskyddsmedel (PBDE) analyserade i sedimentprover från Mälarens botten utanför Lövsta gamla deponiområde i Lövstafjärden. Bedömningsgrunder finns inte för alla ämnen (ej färgade fält). Mindre än värden (<), dvs. laboratoriets rapporteringsgränser redovisas i den klass respektive rapporteringsgränsen faller.

Prov no:	11_0459 B	11_0459 A	11_0459 A	11_0469 B
Sedimentdjup:	0-5 cm	20-25 cm	40-45 cm	0-2 cm
TS (%):	12	17	41	14
Ämne/sort	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
a-HCH	<0,079	0,52	4,1	<0,067
b-HCH	0,17	0,34	1,2	0,15
g-HCH	<0,079	0,17	1,2	<0,067
Sum HCH	0,17	1,03	6,50	0,15
g-klordan	<0,079	0,25	0,51	0,15
a-klordan	<0,079	<0,058	<0,023	<0,067
trans-nonaklor	<0,079	<0,058	0,092	<0,067
Sum Klordan	<0,079	0,25	0,60	0,15
p,p-DDE	1,5	2,8	2,7	1,4
p,p-DDD	0,63	<0,16	0,10	<0,13
p,p-DDT	0,36	<0,16	0,47	<0,13
Sum DDT	2,45	2,80	3,27	1,40
PBDE 47*	0,36	0,13	<0,047	<0,13
PBDE-100*	<0,16	0,18	0,089	0,15
PBDE-99*	0,40	0,26	<0,047	<0,13
PBDE 153**	0,25	0,42	0,15	<0,17
PBDE 154**	<0,20	<0,15	<0,059	<0,17

* Preliminära svenska bedömningsgrunder

Miljö kvalitet enligt Svenska bedömningsgrunder för organiska miljögifter	
Klass 1	Ingen halt
Klass 2	Låg halt
Klass 3	Medelhög halt
Klass 4	Hög halt
Klass 5	Mycket hög halt

Med undantag för PBDE-100 och PBDE-153, som uppvisade högst halt på nivån 20-25 cm, minskade halterna med ökat sedimentdjup och för flera kongener låg halterna under rapporteringsgränsen på den djupaste nivån 40-45 cm. Trenden speglar i allt väsentligt den ökade användningen av dess produkter efter 1970-talet (Fig. 30). Halterna på djupare nivåer ligger som i ytsedimenten i klasserna 3-4.

5.5.6 PAH

Polycykliska aromatiska kolväten (PAH) omfattar ett 100-tal föreningar där de som innehåller två eller fler bensenringar främst bildas vid ofullständig förbränning av fossila bränslen. De förekommer naturligt, men människan står för de största utsläppen. 15 olika av de mest miljörelevanta PAH-erna har analyserats i proverna 11_0459 och 11_0469 (se, tabell 5).

Samtliga av dessa påvisades på alla undersökta nivåer i sedimenten. Halterna var genomgående högre i prov 11_0459, belägen närmast Lövsta gamla deponiområde, jämfört med station 11_0469 belägen ca 300 m söder om deponiområdet. I allmänhet faller halterna enligt de svenska bedömningsgrunderna i klass 4 (**hög halt**), medan föreningen benso(b)fluoranten uppvisar en **medelhög halt** (klass 3) på alla nivåer i sedimentet.

Fenantren och indeno(1,2,3)pyren förekommer i **mycket höga halter** (klass 5) på nivåerna 20-25 cm och 40-45 cm medan fluoranten och pyren enbart på nivån 40-45 cm (se tabell 5). Med undantag för benso(b)fluoranten och indeno(1,2,3)pyren, som uppvisar den högsta halten på nivån 20-25 cm visar alla övriga PAH en ökad halt med ökat sedimentdjup. Trenden speglar sannolikt avvecklingen av verksamheterna och de åtgärder som vidtagits vid Lövsta gamla deponiområde (Fig. 30).

Tabell 5. Halter och klassning enligt svenska bedömningsgrunder (Naturvårdsverket 1999) av polycykliska aromatiska kolväten (PAH) analyserade i sedimentprover från Mälarens botten utanför Lövsta gamla deponiområde i Lövstafjärden. Bedömningsgrunder finns inte för alla ämnen (ej färgade fält).

Prov no:	11_0459 B	11_0459 A	11_0459 A	11_0469 B
Sedimentdjup:	0-5 cm	20-25 cm	40-45 cm	0-2 cm
TS (%):	12	17	41	14
Ämne/sort	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
Naftalen*	28	74	220	15
Acenaften*	6,5	14	51	2,0
Fluoren*	14	28	70	4,7
Fenantren	88	130	200	35
Antracen	21	25	32	6,8
Fluoranten	180	210	330	80
Pyren	150	190	270	71
Benso(ah)antracen	82	82	150	35
Krysen	87	95	110	45
Benso(b)fluoranten	130	150	130	89
Benso(k)fluoranten	59	64	69	36
Benso(a)pyren	93	90	130	39
Dibenso(ah)antracen*	10	11	14	6,9
Benso(ghi)perylene	140	150	150	89
Indeno(1,2,3 cd)pyren	85	82	71	56
Summa 11 PAH	1115	1268	1642	582
Summa 15 PAH	1173	1395	1997	1192

** Svenska bedömningsgrunder saknas

Miljökvalitet enligt Svenska bedömningsgrunder för organiska miljögifter	
Klass 1	Ingen halt
Klass 2	Låg halt
Klass 3	Medelhög halt
Klass 4	Hög halt
Klass 5	Mycket hög halt

5.5.7 Organiska tennföreningar

Organiska tennföreningar, främst tributyltenn (TBT) och trifenylyltenn (TFT) är sannolikt de mest toxiska föreningar som överhuvudtaget släppts ut i miljön. De har huvudsakligen använts som påväxthämmande ämnen i båtbottnfärger, men har även nyttjats som bakteriedödare i blöjor, textilier mm. Ämnena totalförbjöds inom EU respektive genom IMO-konventionen 2008, men innan dess införde Sverige förbud mot användning i båtbottnfärger för fritidsbåtar 1989 och för fartyg längre än 25 m 1993 såvida de inte gick i oceanfart. I föreliggande undersökning har nio organiska tennföreningar analyserats (se, tabell 6).

Tabell 7. Halter och klassning enligt preliminära bedömningsgrunder av organiska tennföreningar analyserade i sedimentprover från Mälarens botten utanför Lövsta gamla deponiområde.

Prov no:		11_0459 B	11_0459 A	11_0459 A	11_0469 B
Sedimentdjup:		0-5 cm	20-25 cm	40-45 cm	0-2 cm
TS (%):		12	17	41	14
Ämne/sort		µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
Monobutyltenn*	MBT	9,2	18	3,6	6,9
Dibutyltenn*	DBT	4,5	18	1,8	3,7
Tributyltenn*	TBT	4,0	44	2,0	2,8
Monofenylyltenn*	MPhT	<1	8,1	<1	1,3
Difenylyltenn*	DPhT	<1	7,6	<1	1
Trifenylyltenn*	TPhT	<1	<1	<1	<1
Monooktyltenn*	MOT	2,3	1,7	<1	<1
Dioktyltenn*	DOT	1,2	<1	<1	1,5
Tricyclohexyltenn*	TCT	<1	<1	<1	<1

* Preliminära svenska bedömningsgrunder

Miljökvalitet enligt Svenska bedömningsgrunder för organiska miljögifter	
Klass 1	Ingen halt
Klass 2	Låg halt
Klass 3	Medelhög halt
Klass 4	Hög halt
Klass 5	Mycket hög halt

Analysresultaten visar TBT och dess nedbrytningsprodukter dibutyltenn (DBT) och monobutyltenn (MBT) kunde detekteras på samtliga nivåer i proven 11_0459 och 11_0469 som uppvisade **medelhöga** till **höga halter** (klasserna 3 och 4). Difenylyltenn (DFT) och monofenylyltenn (MFT) detekterades i **hög halt** på nivån 20-25 cm i prov 11_0459 och i **låg halt** i ytsedimentet i prov 11_0469. De högst halterna förekommer på nivån 20-25 cm. Trenden speglar från den djupaste sedimentnivån först en ökad användning av dessa produkter främst i båtbottnfärger fram till förbuden i Sverige och därefter en minskad användning fram till idag (Fig. 30).

Monooktyltenn (MOT) och dioktyltenn (DOT) däremot uppvisar en motsatt trend med ökande halter mot sedimentytan där de föreligger i **hög halt** (klass 4). Dessa mindre giftiga föreningar förekommer i PVC plast och matförpackningar; produkter som ökat i samhället och därmed i ökad omfattning tillförts sopstationerna, vilket också speglas i sedimenten utanför Lövsta gamla deponiområde. I prov 11_0469 uppmättes den högsta halten av DOT (klass 5).

6. Kommentarer och bedömning av resultaten

Undersökningarna utanför Lövsta gamla deponiområde har varit inriktade på att undersöka sedimentlagerföljden och sedimenttyperna samt om möjligt försöka fastlägga djup till fast botten (berg eller morän) inför Fortums planer på att låta anlägga en energihamn utmed en del av deponiområdets strand mot Lövstafjärden i Mälaren. Därutöver togs fyra prover, varav en sedimentkärna, med syfte att ge information om sedimentens miljöstatus och utvecklingen i Lövstafjärden under de senaste ca 70 åren.

Den nuvarande strandlinjen, där kajen planeras, utgörs av en sprängstensvall som lades ut på 60- och början av 1970-talet för att stabilisera tippområdet. Innanför sprängstensvallen ligger tippmassor i form av aska, slagg och obehandlade sopor från den tid då sop- och avfallshantering pågick vid Lövsta.

Djupet till fast botten vid sprängstensvallens släntfot har inte kunnat fastställas i föreliggande undersökning till följd av att botten är täckt av sopor och avfall från parker och trädgårdar, m.m. som vid anaerob nedbrytning ger upphov till gasbildning i sedimenten och som i sin tur hindrar de akustiska signalerna att penetrera lagerföljden. Det kan dock mot bakgrund av annan berggrundsinformation förmodas att berggrundsytan ligger på nivån ca – 40 m eller djupare strax utanför strandkantens sprängstensfyllnad för att där utanför brant slutta ner mot – 90 m eller mer. Det stora djupet hänger samman med en förkastningszon i berggrunden.

I stort sett hela det undersökta bottenområdet utanför Lövsta gamla deponiområde är påverkat av grunda skred och utglidningar som sannolikt uppkommit i samband med sprängstensvallens byggnad och de sprängningar som då genomfördes för att få vallen att sätta sig.

I det nu undersökta områdets centrala del, närmast utanför sprängstensslänten, syns även spåren av ett sannolikt djupare gripande skred, vilket också orsakat upptryckning av lermassor längre ut. Dessa spår kan med stor sannolikhet knytas till en händelse från 1972, då det rapporterades att ett skred skulle ha gått vid denna plats i samband med att sprängstensfyllnaden lades ut.

Skreden har medfört att bottenmaterial med aska, slagg, obehandlade sopor och sjunkna pråmar i det yttre tippområdet och strandzonen har förts mellan 50 till 250 meter ut från tippområdet och deponerats över Lövstafjärdens tidigare botten.

Koncentrationen av 58 grundämnen, däribland några av de mest uppmärksammade toxiska metallerna, undersöktes på två platser i skredmassorna som innehåller sopor samt på två platser utan sopor belägna ca 40 m respektive 300 m utanför sprängstensvallen. Den först nämnda av de två senare platserna utgörs av en begränsad akkumulationsbotten där recenta (nutida) sediment avlagrats med en genomsnittlig akkumulationshastighet av 7 mm/år. På den andra platsen belägen längre ut fanns endast ett tunt recent skikt som överlagrade betydligt äldre utskredade postglaciala sediment. På de två senare platserna undersöktes både grundämnen och 46 organiska miljögifter i ytproven samt även djupare ned i den sedimentkärna som togs på platsen närmast land.

Mycket höga halter (klass 5 enligt de svenska bedömningsgrunderna) uppmättes för kadmium, koppar, kvicksilver, bly och zink i ytsedimenten från skredmassorna som innehöll sopor, medan halterna av arsenik, kobolt och nickel låg på eller nära den naturliga bakgrunden (klasserna 1-2).

Metallhalterna i klass 5 är mycket höga. För kadmium ligger de som högst 7 ggr, för krom 3 ggr, för koppar 4 ggr, för bly 6 ggr och för zink 9 ggr högre än de högsta halter som uppmätts i hela Stockholms Mälardistrikt, i saltsjön och i övriga skärgårdsområdet inom länet (Cato & Apler 2010, 2011) och i nivå med de halter som uppmätts utanför Rönnskärsverken i Bottenviken (Cato & Sellén 2004) och Kallholmsfjärden, Skellefteå kommun (Cato 2004).

Andra grundämnen som ligger mycket högre än de högsta värden som uppmätts av SGU på ca 700 platser i svenska havsområden är bl a silver (Ag), barium (Ba), kalcium (Ca), litium (Li), molybden (Mo), fosfor (P), antimom (Sb), selen (Se), tenn (Sn), strontium (Sr) och vanadin (V).

På de två andra platserna med recenta ytsediment, representerande den senaste 7-årsperioden av sedimentackumulation, var metallhalterna lägre (klasserna 1-3) med undantag för zink (hög halt, klass 4). De organiska miljögifter PCB och HCB däremot uppvisade mycket höga halter (klass 5) medan bekämpningsmedlen (pesticiderna: HCH, klordaner och DDT), flamskyddsmedlen (PBDE), och de till förbränning av fossila bränslen relaterade polycykliska aromatiska kolvätena (PAH), samt de mycket giftiga organiska tennföreningarna (butyltenn och fenyltenn) uppvisade låga till höga halter (klasserna 1-4). Ytprovet ca 300 m utanför sprängstensvallen uppvisade de lägsta halterna för både metaller och organiska miljögifter. Ytproven från båda dessa platser (11_0459 och 11_0469) är recenta och speglar därmed dagens miljöstatus i nyligen avsatta sediment utanför Lövsta gamla deponiområde.

Genom analyser av prover tagna på olika nivåer i den sedimentkärna som togs i ackumulationsbotten ca 40 m från sprängstensvallen har den historiska belastningsförändringen av metaller och organiska miljögifter dokumenteras under de senaste drygt 60 åren. I de övre lagren (0-20 cm) ökar metallhalterna relativt måttligt, men från sedimentdjupet ca 30 cm och nedåt ökar halterna mycket kraftigt till mycket höga halter (klass 5), vilket visar att den antropogena tillförseln av metaller till sedimentet i sopstationens närområde var högre för mer än 30 år sedan. Om tidpunkten sammanfaller med att man pluggat en utsläppspunkt för slaggläkningsvatten från soptippen kan detta delvis vara en förklaring till de betydligt lägre metallhalterna på nivåerna 0-30 cm jämfört med de djupare liggande proven i sedimentkärnan, som i så fall skulle representera tiden före pluggningen av rören. De översta mest recenta proven visar att belastningen av metaller ytterligare minskat i sen tid vilket sannolikt kan vara en följd av nedlagda verksamheter samt vidtagna saneringsåtgärder, bl a genom övertäckning av soporna med tätskikt och jord.

De organiska miljögifterna, som undersöktes i ytan och på två djupare nivåer (20-25 cm och 40-45 cm) har, till skillnad från metallerna och övriga grundämnen som undersöktes i fem prover, en mindre god upplösning för beskrivning av den historiska trenden. Hexaklorbensen (HCB) och flamskyddsmedlen (PBDE) visar på sjunkande halter med ökat sedimentdjup där också halterna av HCB precis som i ytan är mycket höga (klass 5) medan PBDE uppvisar medelhöga till höga halter (klasserna 3-4). Eftersom

HCB slutade att användas som fungicid 1980, kan den högre halten i ytsedimenten nära Lövsta gamla deponiområde med stor sannolikhet relateras till oavsiktligt bildande vid termiska processer, dvs vid förbränning av organiska klorföreningar i hushållsavfall och från hantering av klorerade lösningsmedel. Trenden för PBDE däremot speglar den intill våra dagar ökade användningen av bromerade flamskyddsmedel.

Polyklorerade bifenyler (PCB) och bekämpningsmedlen (HCH, klordaner och DDT) samt polycykliska aromatiska kolväten (PAH) uppvisar en motsatt trend, liknande den för metaller, med ökande halter med ökat sedimentdjup. Halterna i skikten djupare än 20 cm är höga till mycket höga (klasserna 4-5). Trenden för bekämpningsmedlen speglar relativt väl förbuden mot deras användning som kom till under perioden 1971 till 1989.

PCB började tillverkas 1929, men användningen av det skadliga ämnet förbjöds i nya produkter 50 år senare (1978) och sedan 1995 får inga PCB-innehållande produkter användas. Dock finns stora kvarstående problem med PCB eftersom det använts i byggnadsmaterial (bl a i limmer och fogmassor) vilket medför en långsam avklingning till följd av läckage från bl a byggnader. Sedimenten speglar relativt väl denna utveckling och förklarar varför halterna än idag är mycket höga i sedimenten trots förbuden.

Användningen av fossila bränslen har inte minskat utan har successivt ökat med ökad folkmängd fram till slutet av 1990-talet, men vissa bränslen har ersatts av andra energislag samtidigt som omfattande åtgärder mot luftutsläpp vidtagits där fossila bränslena används. Till detta skall fogas förbudet mot användning av kreosot och att avfallsförbränningen vid Lövsta lades ned 1986 då denna verksamhet styrdes över till Högda-lenverket. Trenden för PAH i sedimenten utanför Lövsta speglar denna utveckling.

Resultaten av den miljökemiska undersökningen av sedimenten visar med all tydlighet att källan till föroreningarna har varit de verksamheter som bedrivits inom Lövsta tipp- och avfallshanteringsområde. Verksamhetsutövare har bl a varit f.d. Skafab, f.d. Industridestillation AB, numera SAKAB samt gamla Lövsta tvätteri.

Skafab-området består dels av flera deponier, dels av ytor där olika verksamheter bedrivits såsom avfallsförbränning, slamavvattning, spilloljehantering, samt latrinstation, asfaltverk och verkstad. Deponeringen har bl.a. omfattat industri- och hushållsavfall, slagg, aska, färgavfall, gasreningsmassa från gasverket i Värtahamnen samt fyllnads- massor från avfallsförbränning. I markundersökningar inom olika delar av Skafab-området har konstaterats bl a höga halter av arsenik, kadmium, krom, koppar, kvicksilver, bly och zink, samt hexaklorbensen (HCB) polyklorerade bifenyler (PCB), polycykliska aromatiska kolväten (PAH) m.fl. andra organiska ämnen (Citres 2012). I föreliggande sedimentundersökning har nämnda metaller och ämnen påvisats i höga till mycket höga halter.

Misstankar finns om att även bekämpningsmedel hanterats inom området (Citres 2012). Resultaten från föreliggande sedimentundersökning i Lövstafjärden bekräftar dessa misstankar genom påvisande av hexaklorcyklohexaner (HCH), klordaner och diklordifenyltrikloretan (DDT) och dess nedbrytningsprodukter i medelhöga till höga halter.

Inom SAKAB-område, som ligger i direkt anslutning till gamla Lövsta deponiområde, har föregångaren Industridestillation AB haft mottagning, sortering, förbränning, lagring, upparbetning och lastning av farligt avfall mellan åren 1957 och 1984. Inom området har trots saneringsåtgärder påträffats aromatiska och delvis klorerade kolväten både i mark och grundvatten samt förhöjda halter av PCB (Citres 2012). Dessa ämnen har, som tidigare nämnts, påträffats i föreliggande sedimentundersökning.

Lövsta tvätteri drevs av Försvaret fram till slutet av 1960-talet och därefter av Stockholms läns landsting fram till början av 1980-talet. Det är sannolikt att bl.a. att kläder och textilier innehållande flamskyddsmedel (PBDE) tvättas där, vilket tillsammans med hantering av elektronikavfall som också innehåller dessa ämnen skulle kunna vara en källa till de flamskyddsmedel som konstaterats i föreliggande sedimentundersökning.

En av källorna till de organiska tennföreningar som påvisats i sedimenten är sannolikt fritidsbåthamnen och dess uppställningsplats som SAKAB upplåtit inom sitt område. Den andra är förbipasserande sjöfart i Lövstafjärden och i mindre utsträckning avfallsdeponeringen. Småbåtshamnar och varv har visat sig vara en betydande källa till spridningen av dessa mycket giftiga föreningar som ger upphov till alvarliga effekter på det akvatiska ekosystemet (bl.a. Cato *et al.* 2008).

Sammanfattningsvis visar sedimentundersökningarna att de saneringsåtgärder och upphörande av verksamheter inom Lövsta sopstation och SAKAB-området resulterat i kraftigt minskade utsläpp till Lövstafjärden. Förbuden i Sverige mot användning av PCB, bekämpningsmedel och organiska tennföreningar i båtottenfärger har också bidragit starkt. Dock visar de ytligaste recenta sedimenten i Lövstafjärden att belastningen av metaller och organiska miljögifter inte helt upphört och att belastningen är högre nära Lövsta gamla deponiområde. Detta kan tyda på ett fortsatt men mindre läckage än tidigare från detta område och sannolikt också från SAKAB-området. För att klarlägga orsakerna bör grundvattenströmningarna genom berörda områden utredas ytterligare. Det kan inte heller uteslutas att de sopor som skredat ut i Lövstafjärden bidrar. Det senare kan i så fall förhindras genom övertäckning med rena sedimentmassor.

6. Referenser

- Bergh, G., Cato, I., Kjellin, B., och Klingberg, F. 2009: Maringeologiska kartan Mälaren. *Sveriges Geologiska Undersökning, SGU Ser. K223*. ISBN 978-91-7158-959-0.
- Cato, I., Rindby, A. & Rudolfsson, J., 2000: Unik sedimentscanner utvecklad. *Geologiskt Forum*, nr 25, 13-15.
- Cato, I. & Sellén, E., 2004: Miljökemisk sedimentundersökning utanför Rönnskärsverken 2003. *Sveriges geologiska undersökning, SGU-rapport 2004:14*, 63 p.
- Cato, I., 2004: Miljökemisk sedimentundersökning av bottensedimenten utmed Bottenvikskusten i Skellefteå kommun 2003. *Sveriges geologiska undersökning, SGU-rapport 2004:24*, 105 p.
- Cato, I. & Kjellin, B., 2003: Sonar-undersökning av Försvarmaktens dumpningsområden i Mälaren. *Sveriges geologiska undersökning, SGU-rapport 2003:19*, 25 sid. Uppsala.
- Cato, I., Magnusson, M., Granmo, Å., & Borgegren, A., 2007: Organiska tennföreningar – ett hot mot livet i havet. *Havet 2007* s. 77-81. Naturvårdsverket. ISBN 6978-91-620-1262-5.
- Cato, I. & Apler, A., 2010: Miljökvalitet och trender av metaller och miljögifter i sediment inom Stockholms stad och Stockholms län – regional kustvattenkontroll 2007. *Sveriges geologiska undersökning, SGU-rapport 2010:17*, 100 sid. Uppsala.
- Cato, I., & Apler, A., 2011: Metaller och miljögifter i sediment – inom Stockholms stad och Stockholms län 2007. *Länsstyrelsen i Stockholms län Rapport 2011:19*, 104 pp. ISBN 978-91-7281-436-3.
- Citres 2012: Översiktlig verksamhetsbeskrivning. Lövsta gamla deponiområde. Översiktlig beskrivning av föroreningsituationen. Kortversion. PM 2012-02-21, 4 sid.
- Citres 2012: Beskrivning av föroreningsituationen inom delområden vid Lövsta. Lövsta gamla deponiområde. Översiktlig beskrivning av föroreningsituationen. PM 2012-02-21, 14 sid.
- Jonsson, P. & Karlsson, M., 2005: Sedimenttillväxt på ammunitionsdumpningsplatser i Mälaren – datering genom varvräkning och ¹³⁷Cs-aktivitet. Institutionen för tillämpad miljövetenskap, Stockholms universitet. Rapport 2005-06-13, 29 s.
- Klingenberg, H. Och Strömberg, M., 2011: Lövsta värmeverk, PM – Energihamn, *KFS Anläggningskonstruktörer AB, PM daterat 2011-08-25*. 19 sid..
- Länsstyrelsen i Stockholms län, 2011: Regionalt program för efterbehandling av förorenade områden 2012-2014 i Stockholms län. *Länsstyrelsen i Stockholms län Rapport 2011:30*, 58 sid. ISBN 978-91-7281-458-5.
- Möller, H., och Stålhös, G., 1965: Geologiska kartbladet Stockholm NV. *Sveriges Geologiska Undersökning, SGU Ser. Ae2*.
- Naturvårdsverket 1999: Bedömningsgrunder för miljö kvalitet i kust och hav. *Naturvårdsverket Rapport 4914*, 134 s.
- Naturvårdsverket 1999: Bedömningsgrunder för miljö kvalitet i sjöar och vattendrag. *Naturvårdsverket Rapport 4913*, 101 s.
- Svanberg, F., 2007: Förorenade områden. Anläggningar för behandling av farligt avfall i Stockholms län. *Länsstyrelsen i Stockholms län Rapport 2007:18*, 48 sid. ISBN 978-91-7281-270-3.

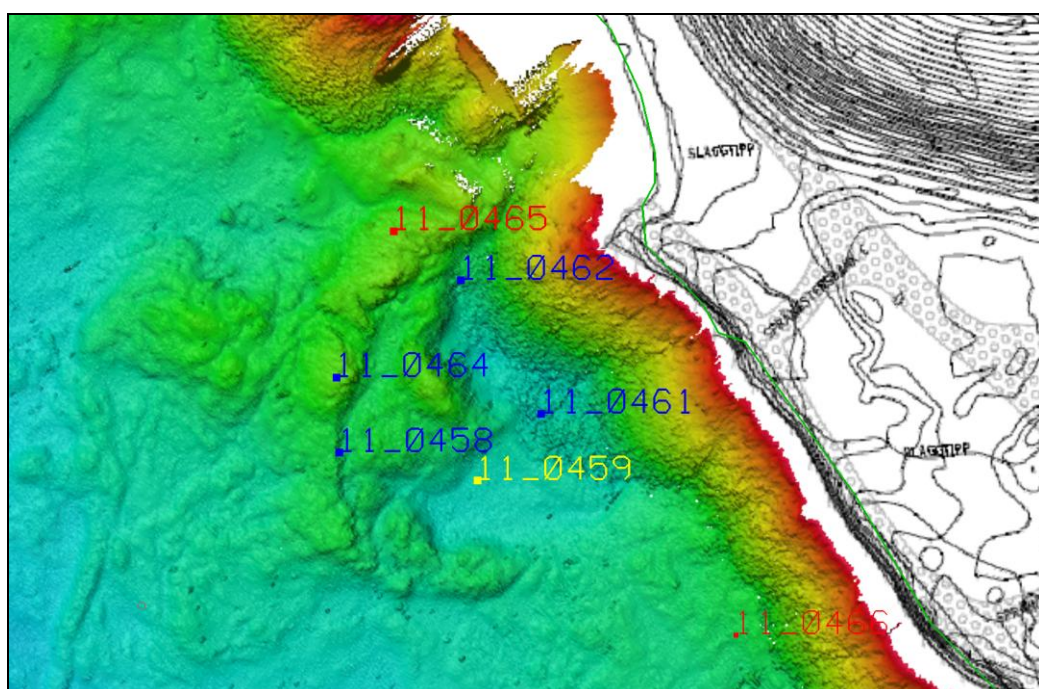
Bilaga 1: Provtagningsprotokoll

PROVPROTOKOLL

Projekt Lov11

Provnr 11_0458

Sweref 99TM	N 6586098.1			E 0658060.5			Vattendjup (m)		27,3
Mätlinje nr: lov11_33				Site nr: lov11_0001			Datum: 2011-11-13		
Provtagare	UV-kamera	Stötlod	St. grip	L. grip	Gemini	Vibrolod	Kolvlod	Boxcorer	X-Ray
	x		x						
Djup i cm	Lagerföljd			Anmärkning					
00-04	Postglacial lergyttja			Svart (2,5/N),					
04-22	Postglacial grovdetritus			Svart (2,5/N) grovdetritus omfattande rikligt med gräs (grässvål), grenar, rötter, enstaka artificiella täbitar (bl a av fönsterkarm), men med avsaknad av oorganiskt sediment.					
22-30	Glaciallera			Rödbrun (10YR3/2)					
Frågeställning:		Skredmassor?							
Slutsats/ Kommentar:		Sannolikt massor som glidit ut från land och veckats genom massrörelsen. Glidlagret förefaller att ha varit glaciallera							



Provpunktens läge i det centrala skredområdet



UV-foto utvisande bottenytan med uppstickande trärester i en lergyttja.



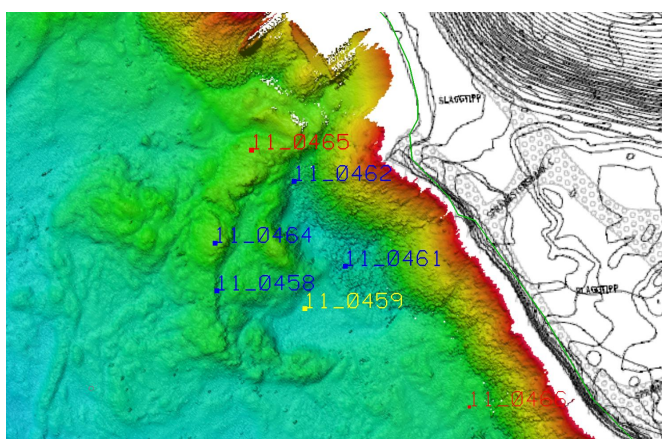
Bilder på det upptagna provet

PROVPROTOKOLL

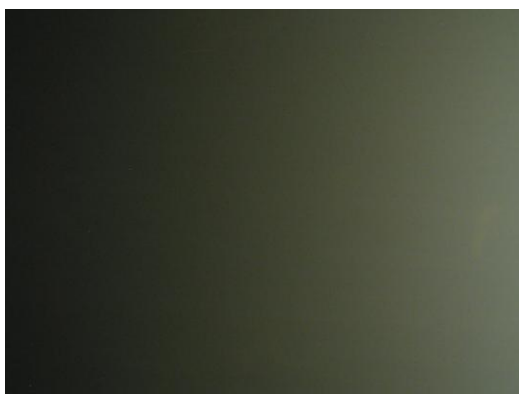
Projekt Lov11

Provnr 11_0459

Sweref 99TM	N			E			Vattendjup (m)		
Mätlinje nr: lov11_33				Site nr: lov11_0004			Datum: 2011-11-13		
Provtagare	UV-kamera	Stötlod	St. grip	L. grip	Gemini	Vibrolod	Kolvlod	Boxcorer	X-Ray
	x	x			x				
Djup i cm	Lagerföljd			Anmärkning					
00-41	Postglacial lergyttja			Svar (2,5/N), laminerad 0-20 cm, svag H2S-lukt					
41-46	Glaciallera			Rödbrun (10YR4/2). Erosionskontakt uppåt.					
Frågeställning:		Stratigrafi							
Slutsats/ Kommentar:									



T.v. Provtagningsplats 11_0459 i en svacka utanför sprängstensfyllningen. T.h. Lövsta soptipp efter iordningställande av tippområdet till parkmark. Sprängstensvallen utlagd för stabilisering av tippområdet.



UV-foto av lös lergyttjebotten. Svaga konturer av bottenytan.

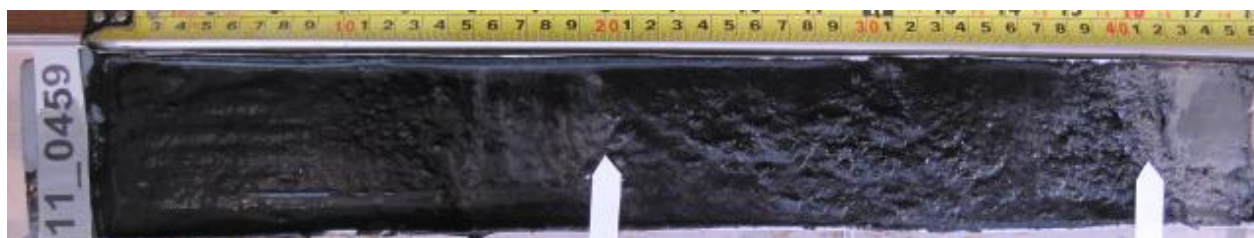
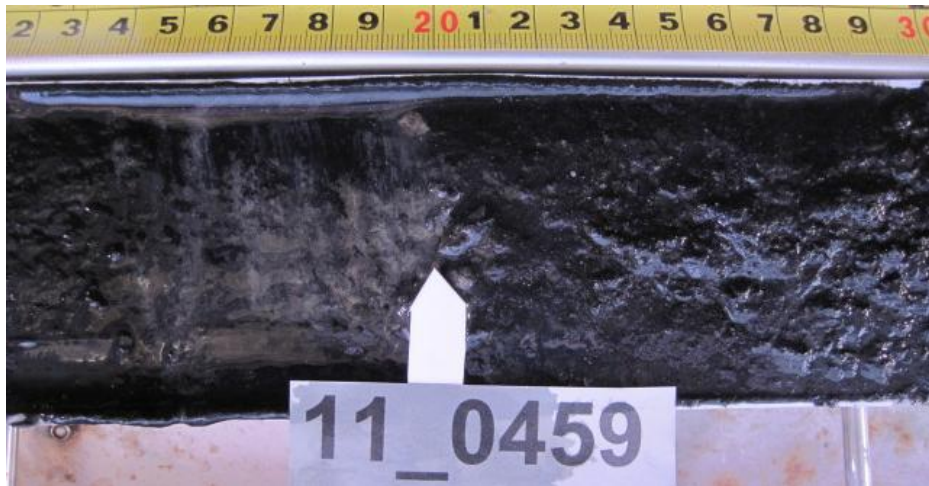


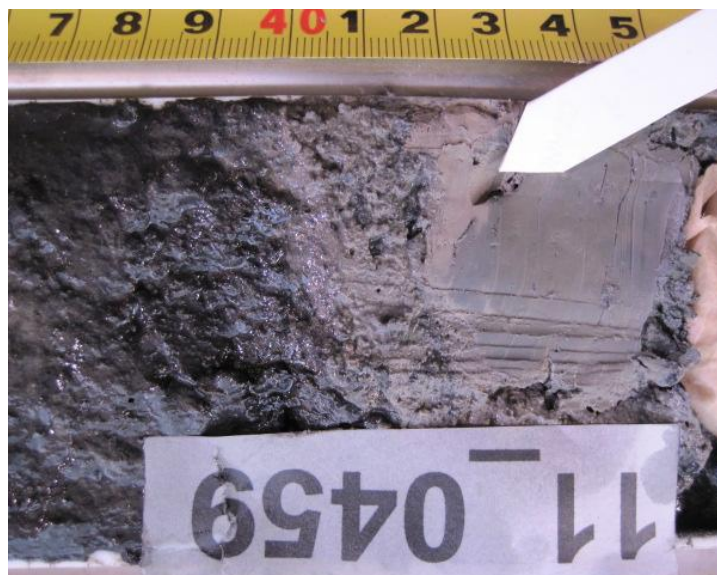
Foto av sedimentkärna utvisande vid vänstra pilen den nedre gränsen för laminering. Högra pilen visar erosionskontakten mellan lergyttjan och glacialleran.



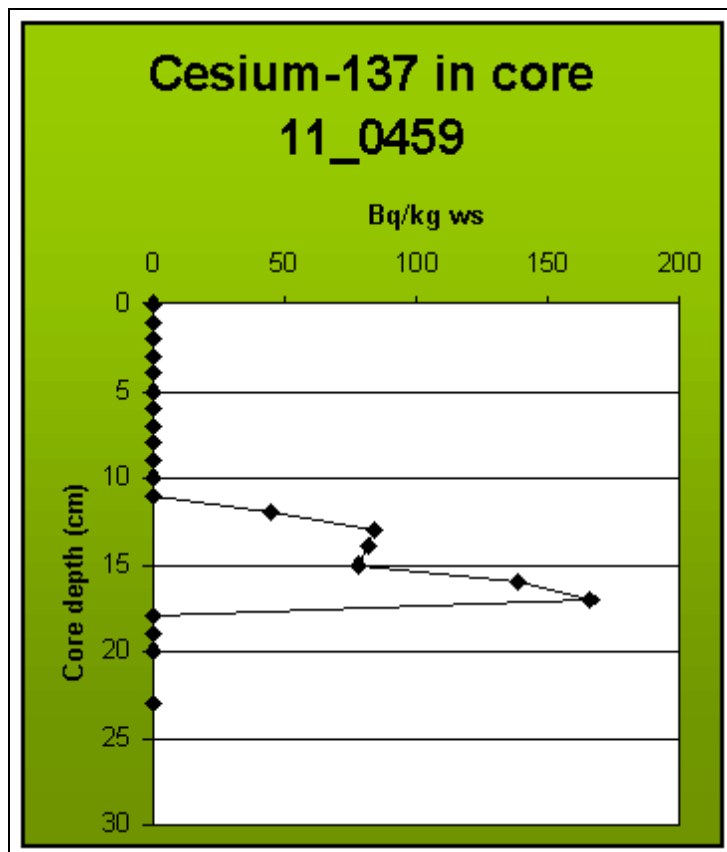
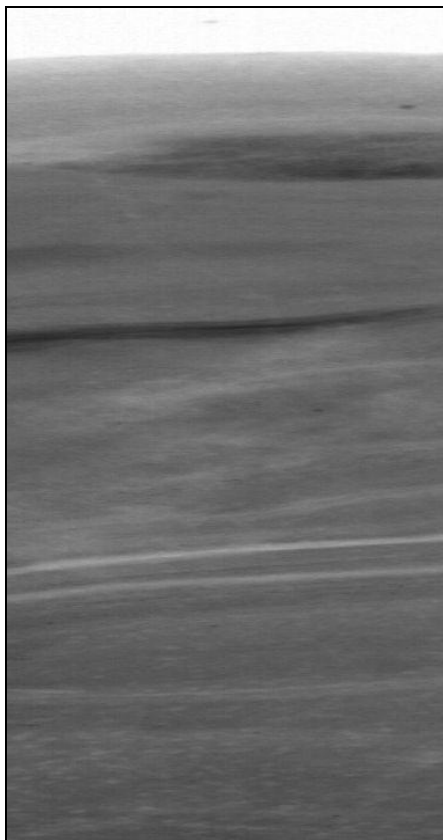
Detaljfoto av gränsen mellan laminerat ytsediment och homogent svart reducerat sediment



Detaljfoto av erosionskontakten (pilen) mellan lergyttjan och glacialleran.



Detaljfoto av glacialleran som växlar mellan en brunröd färgton och en mer gråbeige ton . Osäkert om detta är en klump från glacialleran eller om glacialleran utgör den reella kontakten med underliggande glaciallera.



T.v. röntgenbild av övre delen av kärna 11_0459. Kärnans längd 18 cm.

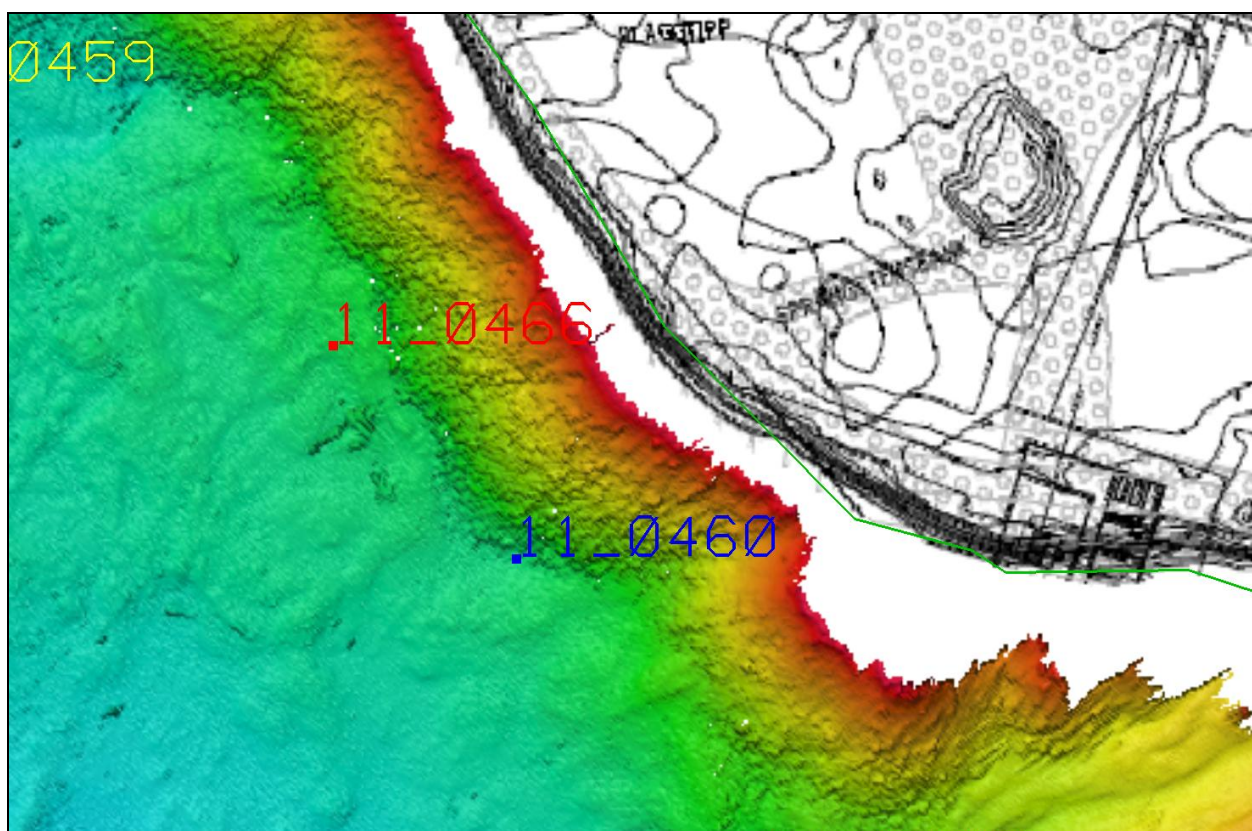
T.h. cesium-137 i kärna 11_0459. Tjernobylolyckan motsvarar nivån 17 cm ner i kärnan.

PROVPROTOKOLL

Projekt Lov11

Provnr 11_0460

Sweref 99TM	N 6586003.8			E 0658215.1			Vattendjup (m)	27.5	
Mätlinje nr: lov11_33				Site nr: lov11_0460			Datum: 2011-11-13		
Provtagare	UV-kamera	Stötlod	St. grip	L. grip	Gemini	Vibrolod	Kolvlod	Boxcorer	X-Ray
	x								
Djup i cm	Lagerföljd			Anmärkning					
				Inget prov, endast uv-bilder.					
Frågeställning:									
Slutsats/ Kommentar:		Sprängsten vid släntfoten ca 40 m från strandlinjen							



Provtagningsplats 11_0460 vid släntfoten av strandlinjens sprängstensfyllnad.

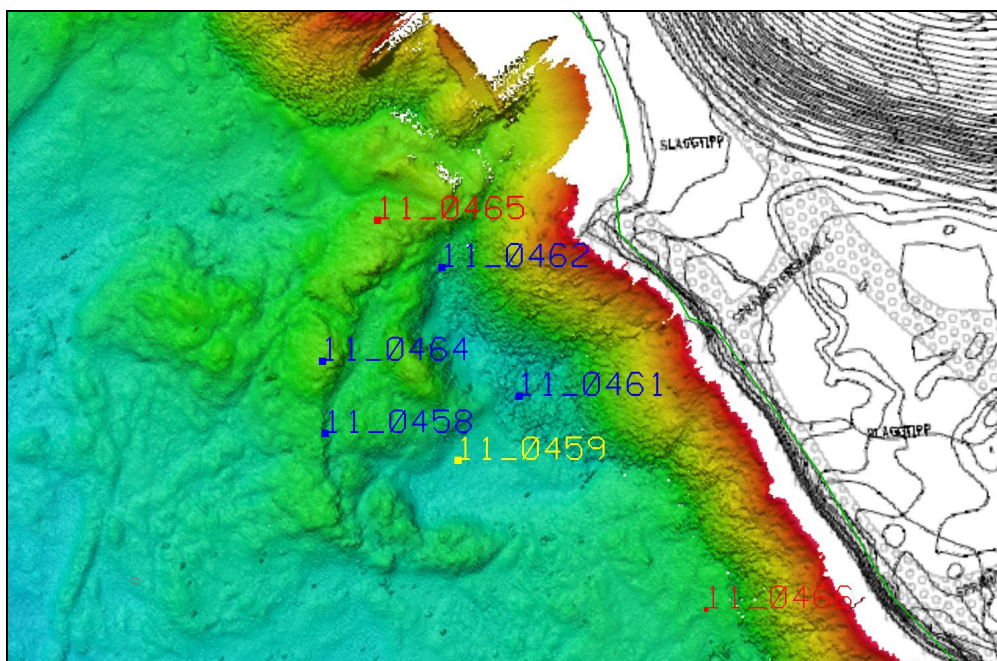


PROVPROTOKOLL

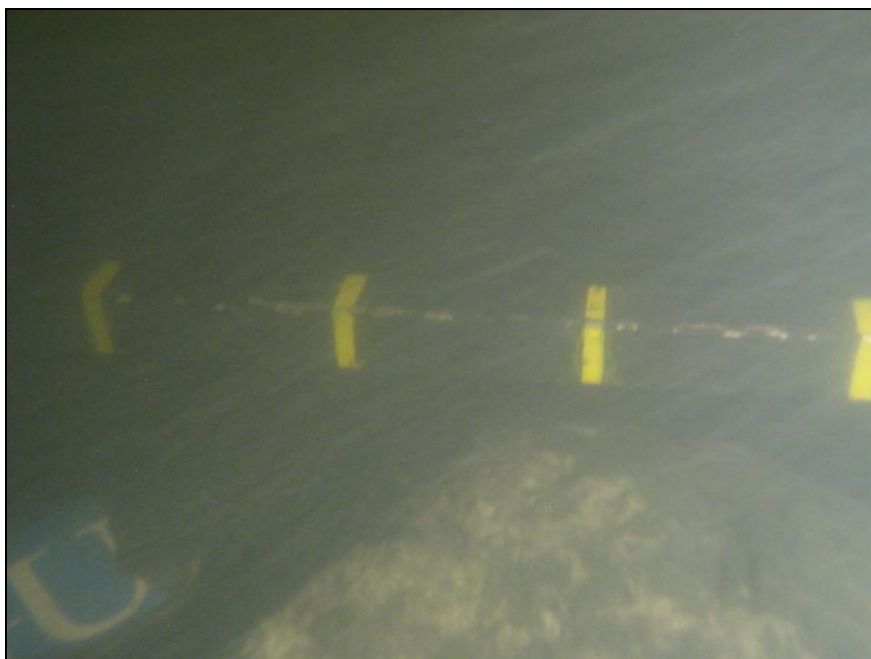
Projekt Lov11

Provnr 11_0461

Sweref 99TM	N 6586109.9			E 658122.4			Vattendjup (m)		34.09
Mätlinje nr: lov11_33				Site nr: lov11_0010			Datum: 2011-11-13		
Provtagare	UV-kamera	Stötlod	St. grip	L. grip	Gemini	Vibrolod	Kolvlod	Boxcorer	X-Ray
	x								
Djup i cm	Lagerföljd			Anmärkning					
Frågeställning:									
Slutsats/ Kommentar:		Sprängsten på horisontell yta ca 15 m utanför släntfoten							



Provtagningsplats 11_0461 strax utanför släntfoten.

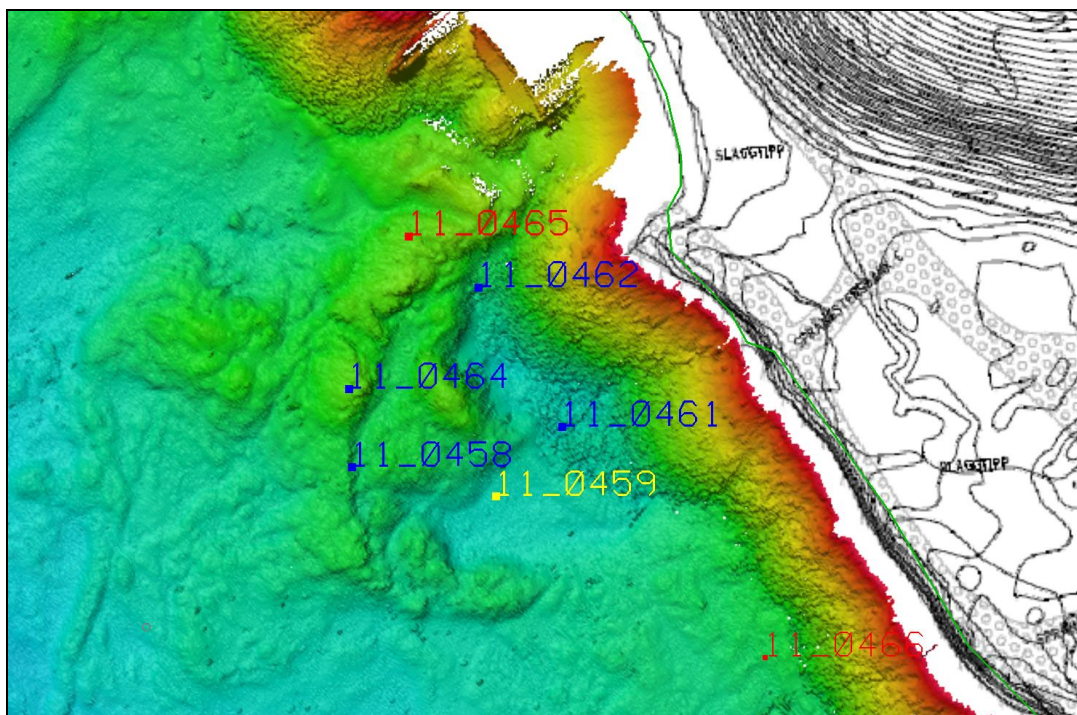


PROVPROTOKOLL

Projekt Lov11

Provnr 11_0462

Sweref 99TM	N 6586150.8			E 0658097.8			Vattendjup (m)	22.1	
Mätlinje nr: lov11_33				Site nr: lov11_0011			Datum: 2011-11-14		
Provtagare	UV-kamera	Stötlod	St. grip	L. grip	Gemini	Vibrolod	Kolvlod	Boxcorer	X-Ray
	x								
Djup i cm	Lagerföljd			Anmärkning					
				Inget prov, endast uv-bilder.					
Frågeställning:									
Slutsats/ Kommentar:		Sprängsten vid släntfoten							



Provtagningsplats 11_0462 vid sprängstensbankens släntfot

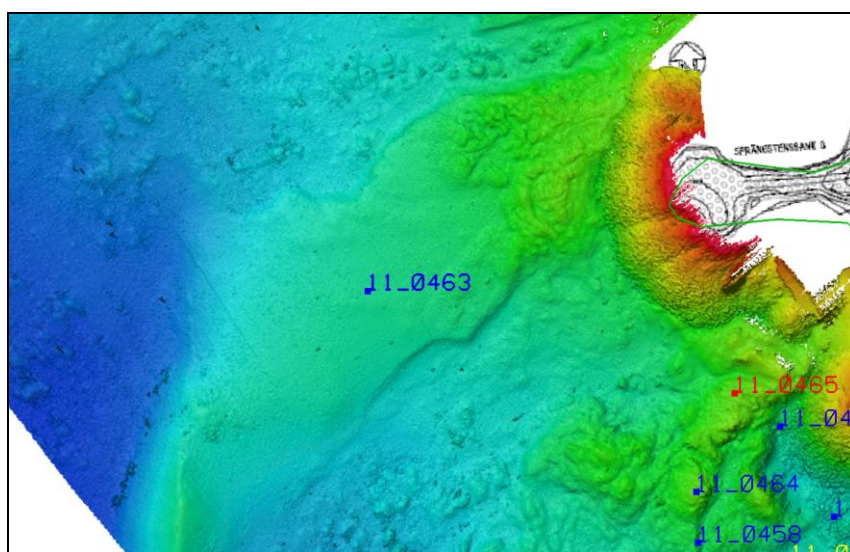


PROVPROTOKOLL

Projekt Lov11

Provnr 11_0463

Sweref 99TM	N 6586212.3			E 0657909.9			Vattendjup (m)		32.4200
Mätlinje nr: lov11_33				Site nr: lov11_0003			Datum: 2011-11-13		
Provtagare	UV-kamera	Stötlod	St. grip	L. grip	Gemini	Vibrolod	Kolvlod	Boxcorer	X-Ray
	x	x							
Djup i cm	Lagerföljd			Anmärkning					
0-6	Postglacial lera			Grågrön 5Y 3/2					
6-20	Postglacial lergyttja			Svart 2,5/N Reducerad					
20-28	Postglacial lera			Grågrön 5Y 3/2 Reducerade sulfidfläckar					
28-73	Postglacial lera			Brungrå 2.5Y 3/2					
Frågeställning:		Stratigrafi							
Slutsats/ Kommentar:									



Provtagningsplats 11_0463 mot bakgrund av terrängmodell över området.



T.v. UV-foto av den mjuka botten.



T.h. Pilarna visar gränsen mellan överlagrande grågrön lera och underlagrande svart lergyttja samt gränsen till den undre leran med sulfidfläckar.



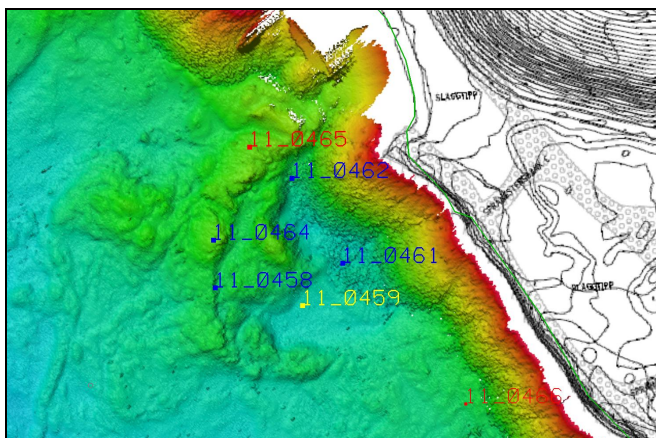
Sedimentkärna 11_0463

PROVPROTOKOLL

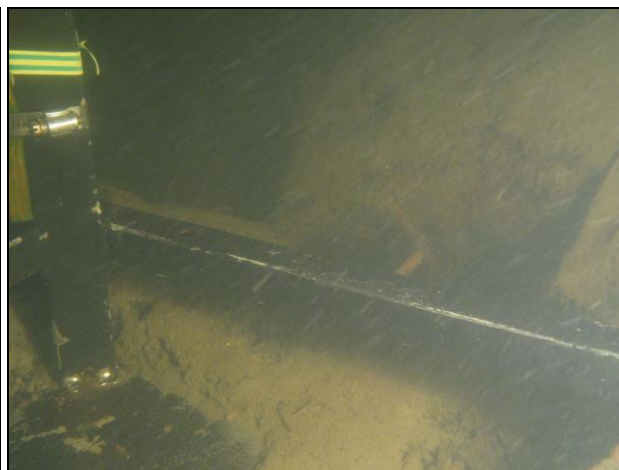
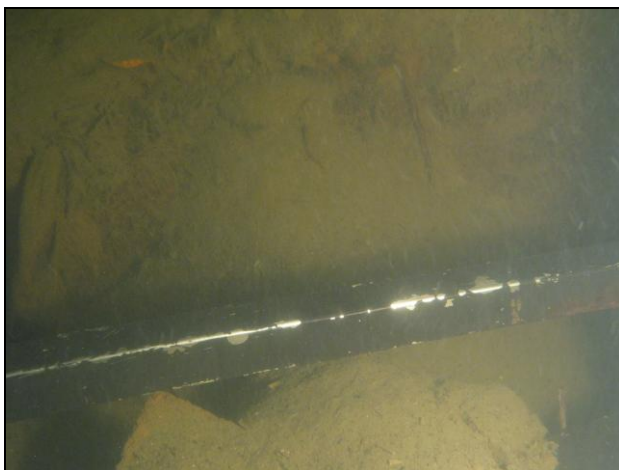
Projekt Lov11

Provnr 11_0464

Sweref 99TM	N 6586121.1			E 0658059.6			Vattendjup (m)	26.8900	
Mätlinje nr: lov11_33				Site nr: lov11_0002			Datum: 2011-11-13		
Provtagare	UV-kamera	Stötlod	St. grip	L. grip	Gemini	Vibrolod	Kolvlod	Boxcorer	X-Ray
	x		x						
Djup i cm	Lagerföljd			Anmärkning					
0-40	Lera och tippmassor			Ombländade skredmassor, mycket rötter, grenar och grässvål,					
				samt träbitar, sopor					
Frågeställning:		Skredmassor?							
Slutsats/ Kommentar:		Ja, blandat med sopor.							



T.v. Centrala skredområdet med provtagningsplats 11_0464. T.h. prov av skredmassor med sopor.



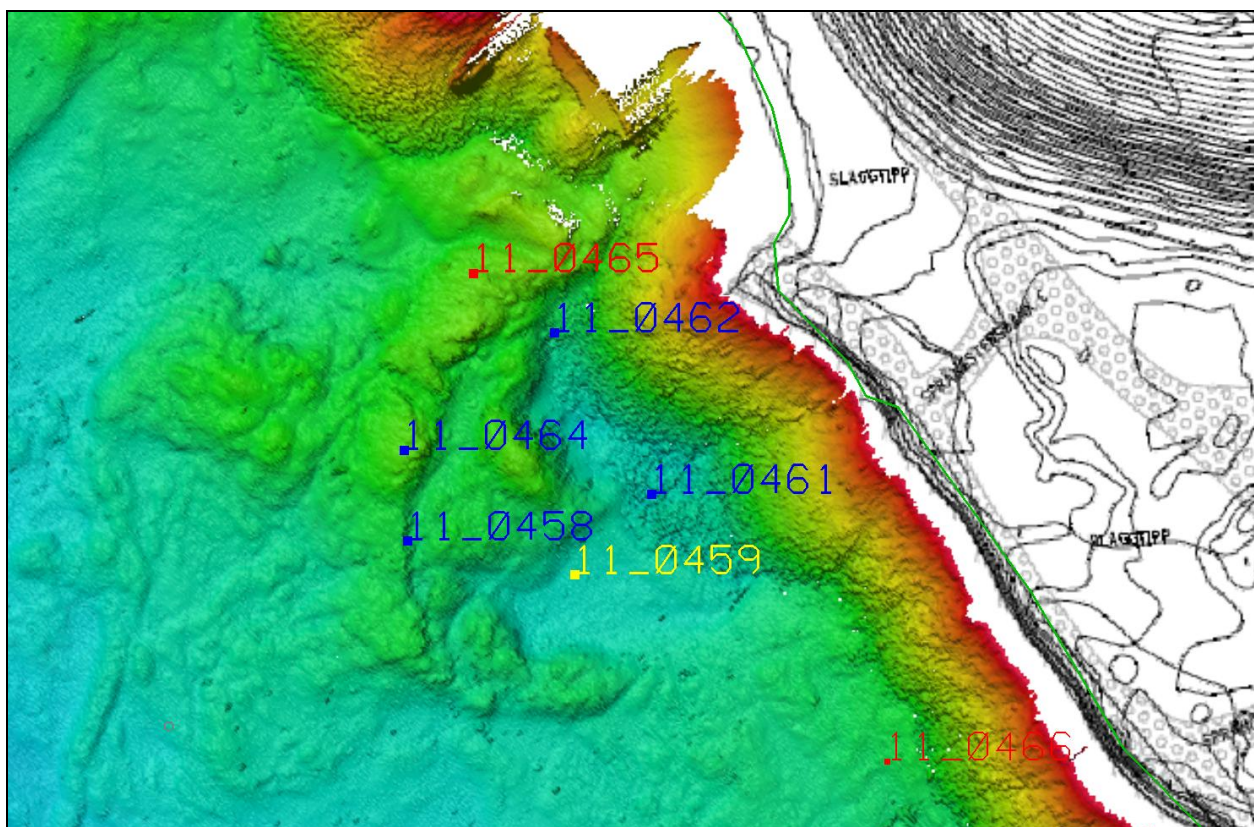
UV-foton på skredmassorna.. Soporna syns i ytan.

PROVPROTOKOLL

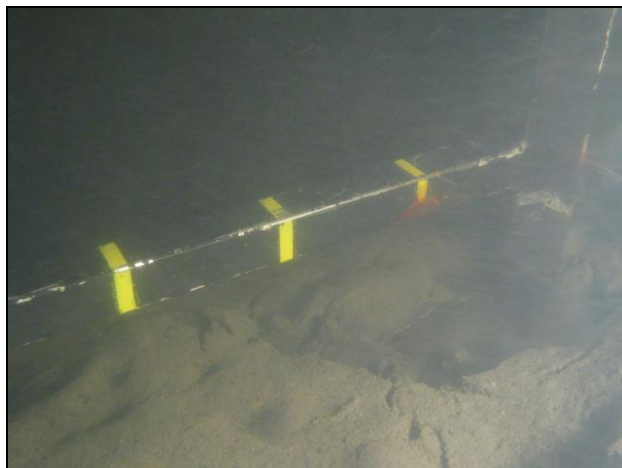
Projekt Lov11

Provnr 11_0465

Sweref 99TM	N 6586165.9			E 0658077.2			Vattendjup (m)	25.3100	
Mätlinje nr: lov11_33				Site nr: lov11_0012			Datum: 2011-11-14		
Provtagare	UV-kamera	Stötlod	St. grip	L. grip	Gemini	Vibrolod	Kolvlod	Boxcorer	X-Ray
	x					x			
Djup i cm	Lagerföljd			Anmärkning					
00-22	Postglacial mellansand/slagg			Svart (2,5/N), rester av <i>Fragmites</i> , sintrad kisaskeklump					
22-43	Antropogena sopor blandat med mellansand			Posrslin, metalltråd, metallburkar, glas					
Frågeställning:		Sopor?							
Slutsats/ Kommentar:		Ja, men borren förmådde inte tränga djupare ned i soporna.							



Platsen för vibrohammarborring 11_0465 i det centrala skredområdet.



UV-foto av botten på provtagningsplatsen. Tunt lager av lergyttja täcker sanden och soporna.



Sedimentkärna utvisande stratigrafien. Pilen markerar övergången mellan lergyttjan och mellansanden/slaggen som överlagrar soporna.



Detaljfoto av soporna



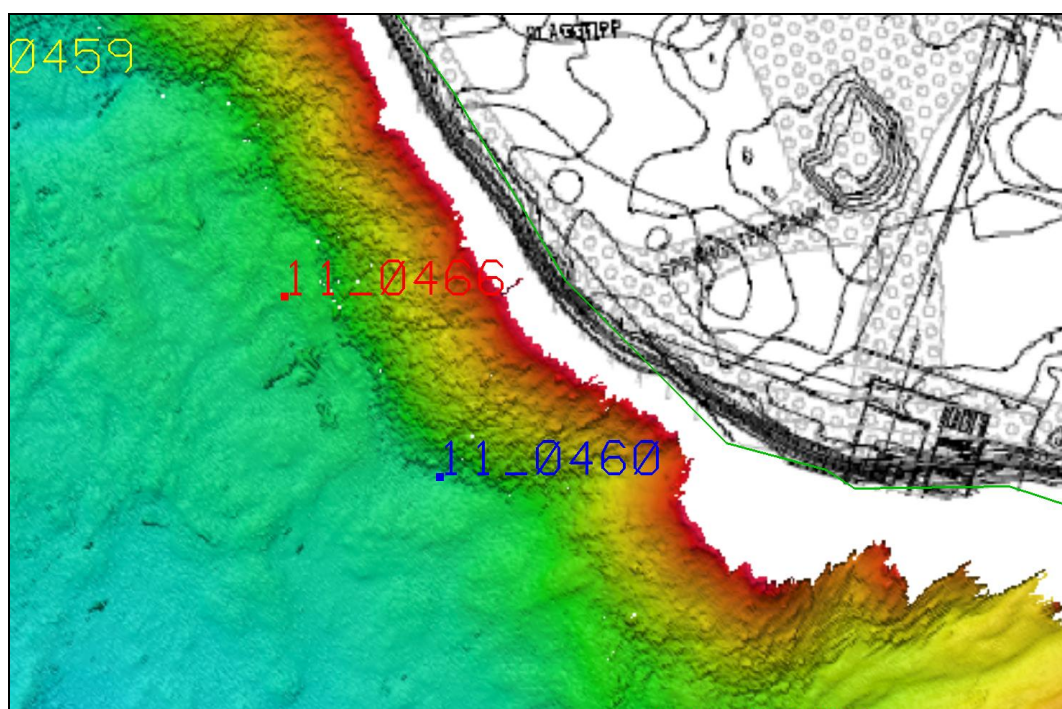
Detaljfoto av soporna.

PROVPROTOKOLL

Projekt Lov11

Provnr 11_0466

Sweref 99TM	N 6586042.2			E 0658182.0			Vattendjup (m)		29.4600	
Mätlinje nr:				Site nr: lov11_0007			Datum: 2011-11-14			
Provtagare	UV-kamera	Stötlod	St. grip	L. grip	Gemini	Vibrolod	Kolvlod	Boxcorer	X-Ray	
	x					x				
Djup i cm	Lagerföljd			Anmärkning						
00-55	Mellansand, lerig			Grå färg (5Y2,5/2), löst packad, lerig. Fyllning med soprester, glas, porslin, plåtburkar, ståltråd, trådspik mm.						
Frågeställning:		Sopor? Och underliggande geologi.								
Slutsats/ Kommentar:		Vibrohammarborren välte i slutningen, därav endast 55 cm prov. Platsen omöjlig att borra på.								



Platsen för vibrohammarborring 11_0466 ca 10 m utanför släntfoten av sprängstensfyllningen



UV-foto av bottenytan



Sedimentkärna utvisande antropogena föremål .



Detaljfoto av några föremål bl a metallkapsyl.



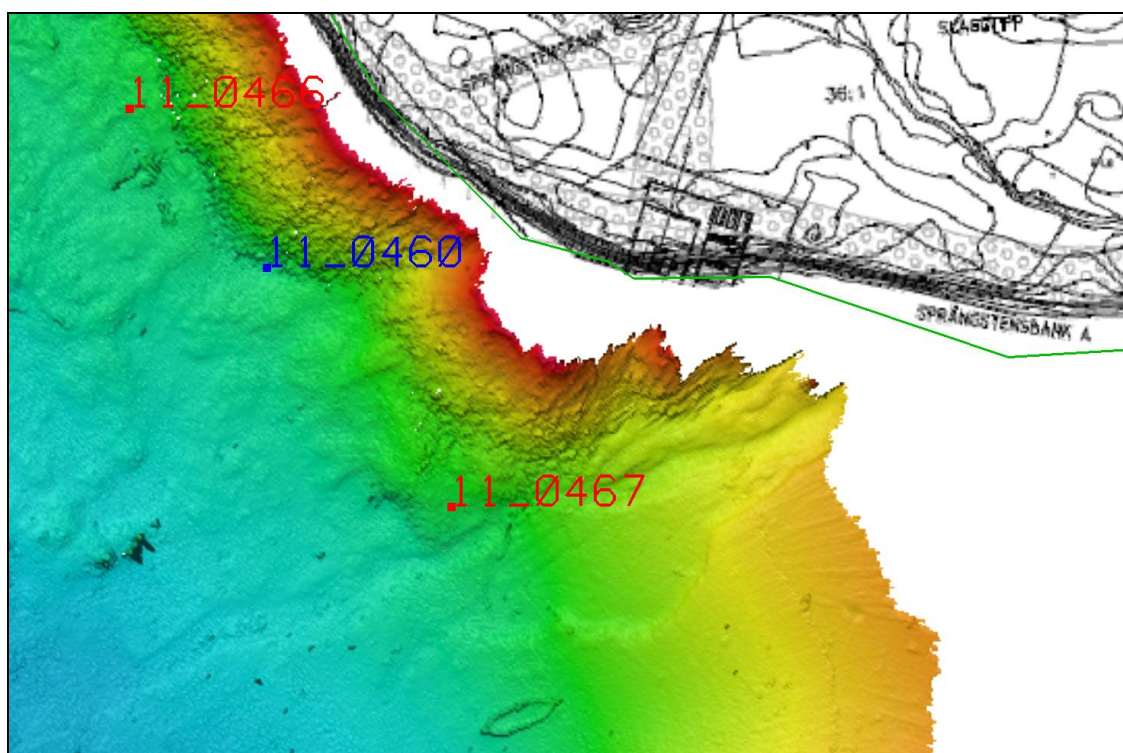
Detaljfoto av föremål, bl a ståltråd, krökt spik, glas, plåt mm.

PROVPROTOKOLL

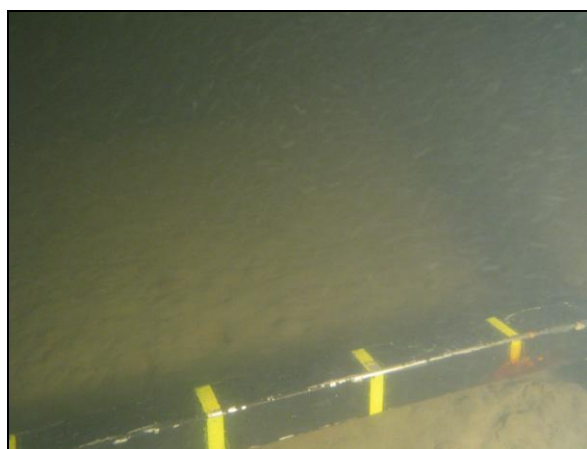
Projekt Lov11

Provnr 11_0467

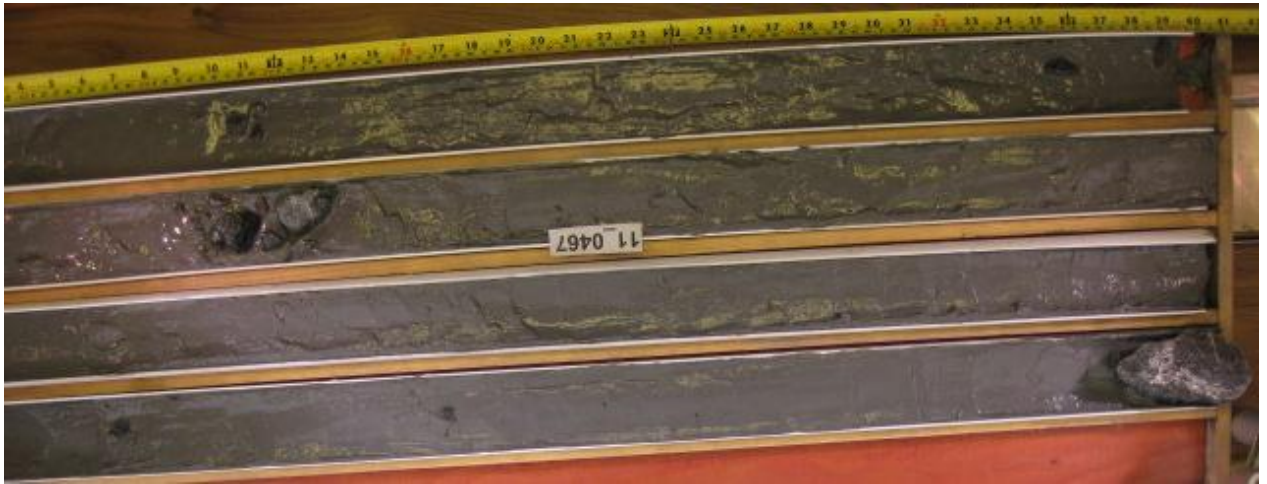
Sweref 99TM	N 6585946.3			E 0658259.5			Vattendjup (m)	26.8000	
Mätlinje nr:				Site nr: lov11_0008			Datum: 2011-11-14		
Provtagare	UV-kamera	Stötlod	St. grip	L. grip	Gemini	Vibrolod	Kolvlod	Boxcorer	X-Ray
	x		x			x			
Djup i cm	Lagerföljd			Anmärkning					
00-400	Postglacial finlera			Gröngrå (5Y2,5/2), strukturlös, stenar och grus på flera nivåer, bl a i borrhålets spets på 400 cm.					
Frågeställning:		Stratigrafi							
Slutsats/ Kommentar:		Hela lagerföljden troligen störd/omlagrad genom skredrörelser.							



Platsen för borrhning 11_0467 ca 15 m utanför sprängstensfyllningens släntfot.
Ca 50 m söder om borrhplatsen syns ett 20 m långt vrak.



T.v. uv-bild från borrhplatsen. T.h. vibrohammarborrning från SGU:s fartyg Ocean Surveyor utanför Lövstatippen.



Fyra meter borrhärlar. Med stenar och grus på olika nivåer. Dessa har tillförts genom människans aktivitet.. Observera stenen som satt i borrhärlspetsen (nederst t.h.).



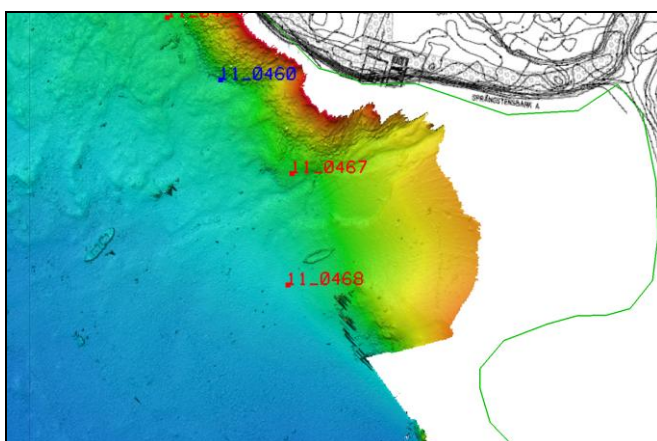
Stenen som satt fast i borrhärlspetsen och hindrade ytterligare penetrering ned i botten.

PROVPROTOKOLL

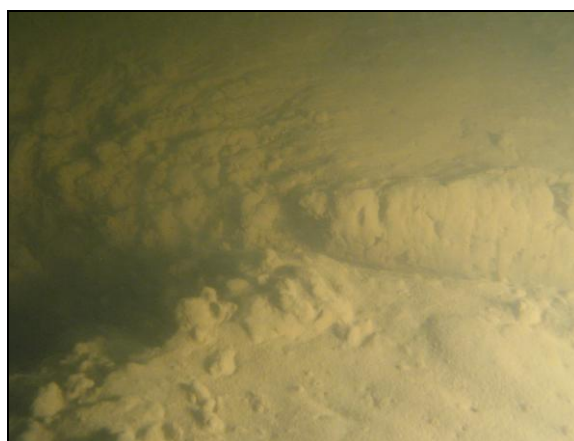
Projekt Lov11

Provnr 11_0468

Sweref 99TM	N 6585877.7			E 0658257.0			Vattendjup (m)		35,4	
Mätlinje nr: lov11_33				Site nr: lov11_0013			Datum: 2011-11-14			
Provtagare	UV-kamera	Stötlod	St. grip	L. grip	Gemini	Vibrolod	Kolvlod	Boxcorer	X-Ray	
	x					x				
Djup i cm	Lagerföljd			Anmärkning						
0-375	Postglacial gyttjelera			Måttligt gasinnehåll i övre delen. Laminerad. Reducerade skikt.						
375-600	Glaciallera (Ancyclus?)			Måttligt gasinnehåll. Växtdelar på 550cm. Kontinuerlig övergång mot ovanliggande pg.L						
Frågeställning:										
Slutsats/ Kommentar:										



T.v. platsen för borrhning 11_0468 strax sv om ett vrak.



T.h. uv-bild från borrhplatsen



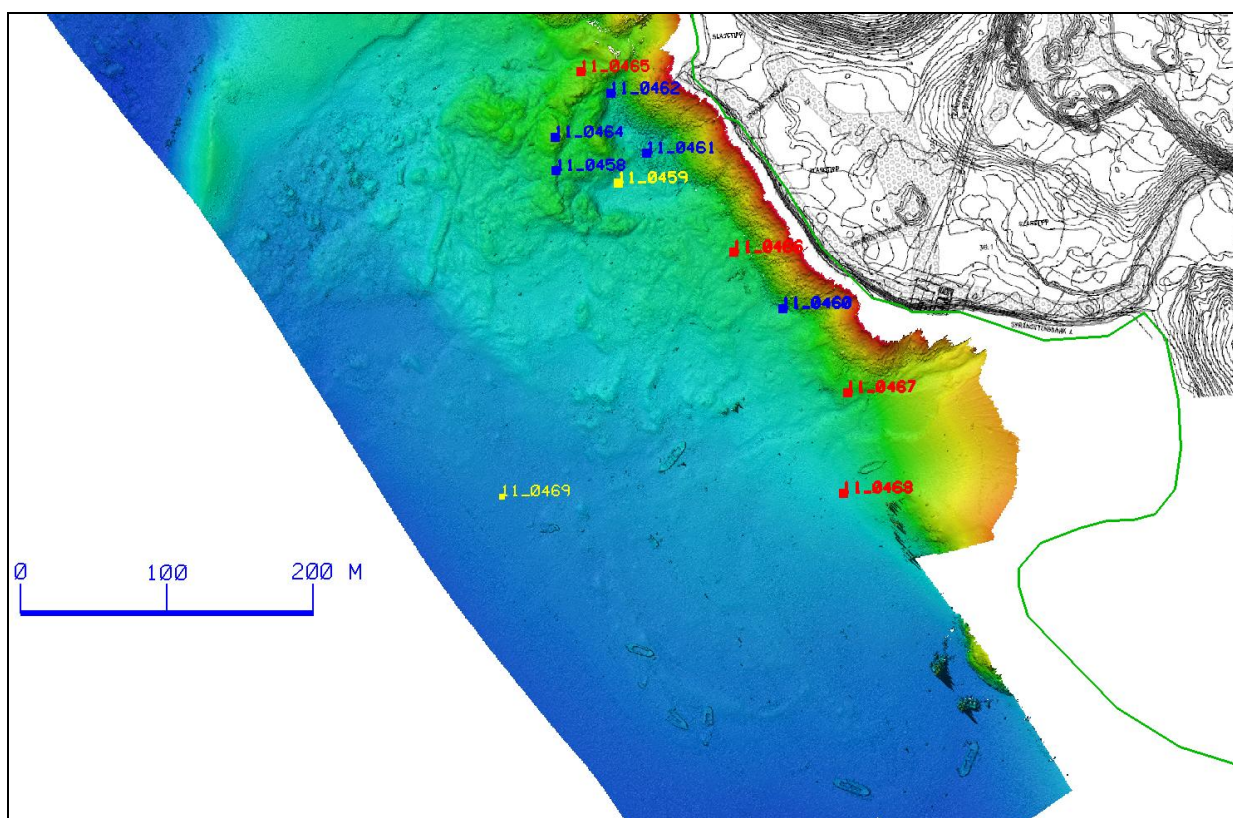
Borrkärna 11_0468. Upp = överst t.v., ned = nederst t.h.. Pilen pekar på övergången mellan postglacial och glacial (Ancyclus-) lera.

PROVPROTOKOLL

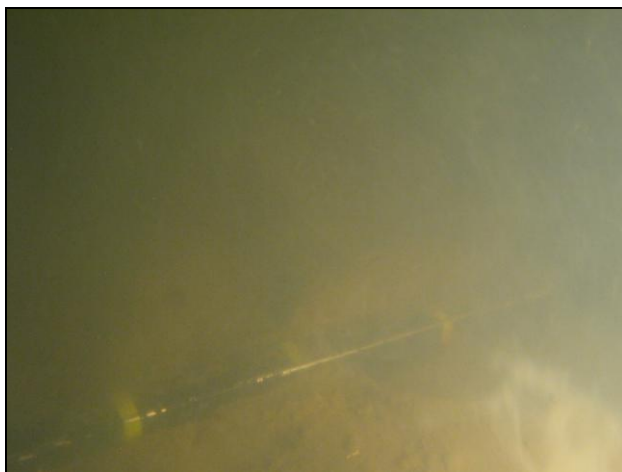
Projekt Lov11

Provnr 11_0469

Sweref 99TM	N 6585875.3			E 0658023.3			Vattendjup (m)		41,4
Mätlinje nr: lov11_33				Site nr: lov11_0005			Datum: 2011-11-14		
Provtagare	UV-kamera	Stötlod	St. grip	L. grip	Gemini	Vibrolod	Kolvlod	Boxcorer	X-Ray
	x	x			x				x
Djup i cm	Lagerföljd			Anmärkning					
0-46	Postglacial gyttjelera			Recent sedimentation. Flytande 0-6 cm. Reducerade fläckar. Laminerad. Gashaltig. Innehåller en del växtdelar, typ vass.					
Frågeställning:		Miljöprovtagning							
Slutsats/ Kommentar:									



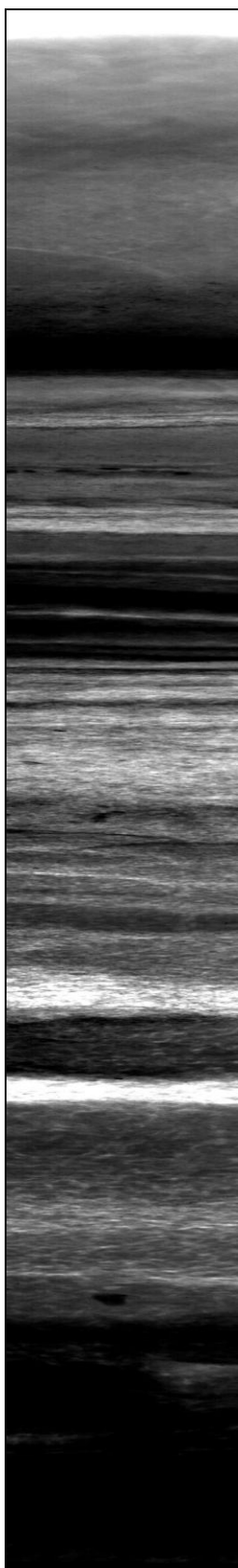
Platsen miljöprovtagning 11_0469 ca 250 m utanför Lövstatippens strand.



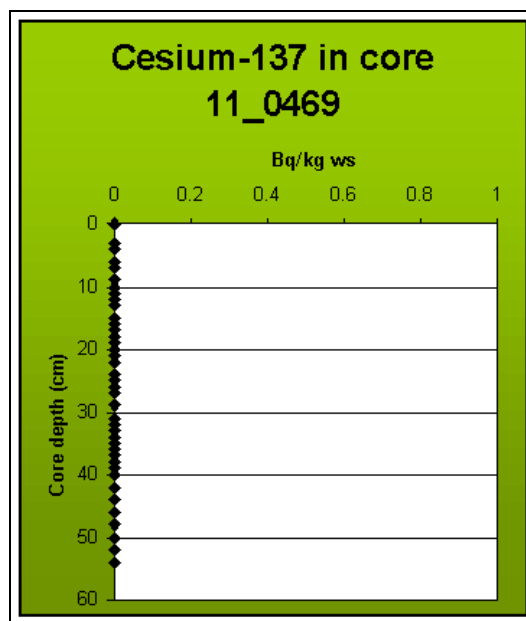
Uv-bild från provtagningsplatsen.



Miljöprov 11_0469



Röntgenbild



Cesium-137-analys

Bilaga 2: Analyser grundämnen

ELEMENT	Sort	11-0458	11-0463	11-0469	11-0459	11-0459	11-0459	11-0459	11-0459
Område		Mälaren	Mälaren	Mälaren	Mälaren	Mälaren	Mälaren	Mälaren	Mälaren
Nivå	cm	0-2	0-2	0-1	0-1	8--9	16-17	30-31	60-61
SiO2	% TS	49	47,7	53,5	54,4	58,1	59,2	56,9	23,9
Si	g/kg TS	229	223	250	254	272	277	266	112
Al2O3	% TS	11,9	13	13,7	11,6	12,2	12,3	13,1	12,1
Al	g/kg TS	63,0	68,8	72,5	61,4	64,6	65,1	69,3	64,0
CaO	% TS	2,18	1,73	1,61	1,73	1,69	1,45	2,52	5,81
Ca	g/kg TS	15,6	12,4	11,5	12,4	12,1	10,4	18,0	41,5
Fe2O3	% TS	4,52	6,6	7,21	4,99	5,68	5,77	6,03	4,58
Fe	g/kg TS	31,6	46,2	50,4	34,9	39,7	40,4	42,2	32,0
K2O	% TS	2,62	3,12	3,09	3,18	3,2	3,05	3,01	1,32
K	g/kg TS	21,8	25,9	25,7	26,4	26,6	25,3	25,0	11,0
MgO	% TS	1,29	1,74	2,17	1,86	1,98	1,99	1,55	1,33
Mg	g/kg TS	7,78	10,5	13,1	11,2	11,9	12,0	9,35	8,02
MnO	% TS	0,122	0,182	0,818	0,384	0,482	0,404	0,149	0,654
Mn	g/kg TS	0,95	1,41	6,34	2,97	3,73	3,13	1,15	5,07
Na2O	% TS	2,02	1,46	1,37	1,88	1,78	1,64	2,21	2,63
Na	g/kg TS	15,0	10,8	10,2	13,9	13,2	12,2	16,4	19,5
P2O5	% TS	0,575	0,643	0,407	0,195	0,243	0,206	0,435	1,03
P	g/kg TS	2,51	2,81	1,78	0,85	1,06	0,90	1,90	4,49
TiO2	% TS	0,502	0,558	0,612	0,45	0,51	0,501	0,552	0,654
Ti	g/kg TS	3,01	3,35	3,67	2,70	3,06	3,00	3,31	3,92
Sum oxid	% TS	74,7	76,7	84,5	80,7	85,9	86,5	86,5	54
LOI (GF)	% TS	18,6	15,2	13,4	13	12,6	11,6	12,6	40,2
Ag	mg/kg TS	19,6	16	1,74	1,86	2,23	2,85	14,2	168
As	mg/kg TS	12	16	7,65	8,07	7,92	8,29	14,1	41,5
Ba	mg/kg TS	1620	1560	603	606	662	671	1560	5060
Be	mg/kg TS	2,65	3,56	3,28	2,86	2,97	3,15	2,84	7,17
Cd	mg/kg TS	6,58	5,36	0,681	0,548	0,819	1,13	5,73	32,5
Co	mg/kg TS	17,7	24,6	20,3	15,9	18,7	18	17,9	24
Cr	mg/kg TS	152	189	82,4	57,4	76,5	76,2	148	336
Cs	mg/kg TS	3,83	6,05	7,11	6,02	6,22	6,39	4,6	10,2
Cu	mg/kg TS	393	453	53,1	55	70,3	79,8	339	916
Ga	mg/kg TS	14,5	21,4	19,5	18,6	20,5	17	16,4	10,8
Ge	mg/kg TS	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Hf	mg/kg TS	5,76	4,48	3,93	3,22	3,59	3,75	6,65	1,67
Hg	mg/kg TS	3,65	1,49	0,139	0,161	0,166	0,283	1,21	1,06
Li	mg/kg TS	32,6	44,6	49,1	48,5	49,9	50,1	35,6	77,7
Mo	mg/kg TS	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	10,6
Nb	mg/kg TS	9,88	14	14,7	11,8	13,1	13	12,3	7,95
Ni	mg/kg TS	20	55,2	41,7	16,6	17	19,5	44,4	39,3
Pb	mg/kg TS	873	978	61,7	58,4	97,8	117	768	1780
Rb	mg/kg TS	109	144	155	154	152	148	119	57,8
S	mg/kg TS	4520	5490	1360	5240	6040	7390	3740	5470
Se	mg/kg TS	0,879	0,923	0,537	0,304	0,356	0,415	0,855	3,41
Sb	mg/kg TS	28,8	26	0,996	1,01	1,66	2,12	24,1	289
Sc	mg/kg TS	9,58	13	15,3	10,5	12,2	11,9	11,8	4,21
Sn	mg/kg TS	181	160	9,17	9,73	15,7	18,8	177	514

ELEMENT	Sort	11-0458	11-0463	11-0469	11-0459	11-0459	11-0459	11-0459	11-0459
Område		Mälaren	Mälaren	Mälaren	Mälaren	Mälaren	Mälaren	Mälaren	Mälaren
Nivå	cm	0-2	0-2	0-1	0-1	8--9	16-17	30-31	60-61
Sr	mg/kg TS	182	164	117	121	126	123	195	217
Ta	mg/kg TS	1,49	1,48	1,33	1,08	1,19	1,19	1,38	2,37
Th	mg/kg TS	11,8	18,8	20,9	15,9	18,3	17,1	15,4	5,35
Tl	mg/kg TS	0,557	0,739	0,811	0,693	0,722	0,734	0,708	0,565
U	mg/kg TS	8,91	13,3	18,8	6,1	7,28	6,59	5,55	5,17
V	mg/kg TS	108	101	91,9	71,7	83,7	81,3	201	57,7
W	mg/kg TS	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Y	mg/kg TS	28,1	37	38,1	30,3	33,8	32,3	28,6	17,1
Zn	mg/kg TS	2090	1960	226	220	309	367	1870	6570
Zr	mg/kg TS	185	134	116	92,6	108	114	205	47,7
La	mg/kg TS	41	56	57,8	47,3	53,8	50,3	45	21,1
Ce	mg/kg TS	81,1	98	106	84,7	94,2	94,1	91,8	47,1
Pr	mg/kg TS	8,99	12	13	10,1	11,2	11,4	10,4	5,06
Nd	mg/kg TS	32,1	45,3	47,6	35,6	41,8	40	37,4	17,7
Sm	mg/kg TS	5,98	8,46	8,26	6,78	7,93	7,45	6,62	3,64
Eu	mg/kg TS	1,18	1,63	1,44	1,17	1,24	1,31	1,32	1,03
Gd	mg/kg TS	5,85	7,85	8,4	6,41	7,03	6,96	6,16	3,6
Tb	mg/kg TS	0,907	1,18	1,22	0,919	1,03	1,05	0,964	0,559
Dy	mg/kg TS	5,2	6,91	7,06	5,52	6,27	5,85	5,56	3,13
Ho	mg/kg TS	1,15	1,48	1,48	1,19	1,3	1,22	1,17	0,663
Er	mg/kg TS	3,08	3,95	4,07	3,34	3,57	3,35	3,22	1,81
Tm	mg/kg TS	0,459	0,556	0,605	0,45	0,521	0,504	0,47	0,248
Yb	mg/kg TS	3,05	3,69	4,14	3	3,35	3,26	3,25	1,58
Lu	mg/kg TS	0,403	0,519	0,568	0,404	0,456	0,467	0,437	0,154

Bilaga 3: Analyser organiska miljögifter

FÖRENING	Sort	11_0459 B	11_0459 A	11_0459 A	11_0469 B
Område		Mälaren	Mälaren	Mälaren	Mälaren
Sedimentdjup:	cm	0-5	20-25	40-45	0-2
Torrsubstans, T S	%	12	17	41	14

Hexaklorbensen:

HCB	µg/ kg TS	4,5	1,2	1,2	0,61
-----	-----------	-----	-----	-----	------

Polykloretrade bifenyler:

PCB 28	µg/ kg TS	2,7	4,7	6,9	2,8
PCB 52	µg/ kg TS	2,9	5,9	6,3	2,7
PCB 101	µg/ kg TS	3,9	4,4	4,7	1,5
PCB 118	µg/ kg TS	2,8	4,3	3,9	1,9
PCB 153	µg/ kg TS	4,2	4,6	4,1	2,0
PCB 138	µg/ kg TS	5,6	6,1	5,2	2,5
PCB180	µg/ kg TS	1,9	2,4	2,8	1,5
Sum 7 PCB	µg/ kg TS	24	32	34	15

Hexaklorcyklohexaner:

a-HCH	µg/ kg TS	<0.079	0,52	4,1	<0.067
b-HCH	µg/ kg TS	0,17	0,34	1,2	0,15
g-HCH	µg/ kg TS	<0.079	0,17	1,2	<0.067
Sum HCH	µg/ kg TS	0,17	1,03	6,50	0,15

Klordaner:

g-klordan	µg/ kg TS	<0.079	0,25	0,51	0,15
a-klordan	µg/ kg TS	<0.079	<0.058	<0.023	<0.067
trans-nonaklor	µg/ kg TS	<0.079	<0.058	0,092	<0.067
Sum Klordan	µg/ kg TS	<0,079	0,25	0,60	0,15

Diklordifenyltriklore tan:

p,p-DDE	µg/ kg TS	1,5	2,8	2,7	1,4
p,p-DDD	µg/ kg TS	0,63	<0.16	0,10	<0.13
p,p-DDT	µg/ kg TS	0,36	<0.16	0,47	<0.13
Sum DDT	µg/ kg TS	2,45	2,80	3,27	1,40

Polybromerade difenyletrar:

PBDE 47*	µg/ kg TS	0,36	0,13	<0,047	<0,13
PBDE-100*	µg/ kg TS	<0,16	0,18	0,089	0,15
PBDE-99*	µg/ kg TS	0,40	0,26	<0,047	<0,13
PBDE 153**	µg/ kg TS	0,25	0,42	0,15	<0,17
PBDE 154**	µg/ kg TS	<0,20	<0,15	<0,059	<0,17

FÖRENING	Sort	11_0459 B	11_0459 A	11_0459 A	11_0469 B
Område		Mälaren	Mälaren	Mälaren	Mälaren
Sedimentdjup:	cm	0-5	20-25	40-45	0-2
Torrsubstans, TS	%	12	17	41	14

Polycykliska aromatiska kolväten:

Naftalen*	µg/ kg TS	28	74	220	15
Acenaften*	µg/ kg TS	6,5	14	51	2,0
Fluoren*	µg/ kg TS	14	28	70	4,7
Fenantren	µg/ kg TS	88	130	200	35
Antracen	µg/ kg TS	21	25	32	6,8
Fluoranten	µg/ kg TS	180	210	330	80
Pyren	µg/ kg TS	150	190	270	71
Benso(ah)antracen	µg/ kg TS	82	82	150	35
Krysen	µg/ kg TS	87	95	110	45
Benso(b)fluoranten	µg/ kg TS	130	150	130	89
Benso(k)fluoranten	µg/ kg TS	59	64	69	36
Benso(a)pyren	µg/ kg TS	93	90	130	39
Dibenso(ah)antracen*	µg/ kg TS	10	11	14	6,9
Benso(ghi)perylene	µg/ kg TS	140	150	150	89
Indeno(1,2,3 cd)pyren	µg/ kg TS	85	82	71	56
Summa 11 PAH	µg/ kg TS	1115	1268	1642	582
Summa 15 PAH	µg/ kg TS	1173	1395	1997	1192

Organiska tennföreningar:

Monobutyltenn,	MBT	µg/ kg TS	9,2	18	3,6	6,9
Dibutyltenn,	DBT	µg/ kg TS	4,5	18	1,8	3,7
Tributyltenn,	TBT	µg/ kg TS	4,0	44	2,0	2,8
Monofenyltenn,	MFT	µg/ kg TS	<1	8,1	<1	1,3
Difenyltenn,	DFT	µg/ kg TS	<1	7,6	<1	1
Trifenyltenn,	TFT	µg/ kg TS	<1	<1	<1	<1
Monooktyltenn,	MOT	µg/ kg TS	2,3	1,7	<1	<1
Dioktyltenn,	DOT	µg/ kg TS	1,2	<1	<1	1,5
Tricyclohexyltenn, TCHT		µg/ kg TS	<1	<1	<1	<1