



Foto: Oxelösund Beyers bild

Figur 1. Utförande av stabiliseringen vid fältförsöket i Stegeludden, Oxelösund.

# Bygg med muddermassor!

Genom stabiliserings-/solidifieringsmetoden (s/s-metoden) kan förorenade muddermassor nyttiggöras i geokonstruktioner, till exempel som fyllningsmaterial i hamnanläggningar. Härigenom undviks dyr deponering på land och dumpning till havs.

**M**etoden är klimatsmart och minskar energiåtgången, har mindre inverkan på globala uppvärmningen samt minskar användningen av ändliga naturresurser. Föroreningar immobiliseras och bra geotekniska egenskaper erhålls hos den monolit som skapas av de stabiliserade/solidifierade förorenade muddermassorna.

## Stort muddringsbehov av förorenade sediment

Idag sker 95 % av Sveriges utrikeshandel med fartygstransporter. Igenlamning av hamnbassänger och landhöjning gör att nästan alla hamnar fordrar kontinuerlig underhållsmuddring för bibehållen verksamhet. Med ökat tryck på import och export av varor finns samtidigt ett driv hos flertalet hamnar att bygga ut, både med hänsyn till större och mer djupgående fartyg samt få ytor för effektiv lastning och lossning.

Under de närmsta åren kommer minst 2,5 miljoner kubikmeter förorenade sediment muddras i svenska hamnbassänger visar en intervjustudie med svenska hamnchefer utförd inom projektet STABCON. Massornas innehåll av miljögifter härrör främst från gamla synder såsom industriella utsläpp och städers dagvatten och utgörs därför av en "cocktail" av oorganiska och organiska ämnen.

#### s/s-metoden

Sedan några år tillbaka har Oxelösunds hamn haft planer på att utöka sin hamnverksamhet genom att anlägga ett nytt hamnområde. I augusti 2009 fick hamnen tillstånd

av Miljööverdomstolen att utföra en nybyggnation för hamnverksamhet i området kring Stegeludden i Oxelösund. I tillståndet avses de förorenade sedimenten som behöver muddras att omhändertas och nyttjas genom stabiliserings-/solidifieringsmetoden. För att säkerställa en hållbar och beständig användning av metoden har genomförts förstudier samt omfattande laboratorie- och fältförsök.

#### Val av bindemedel för Stegeludden

Först påbörjades en grundläggande karakterisering av sedimenten, vilken visade att sedimenten innehöll föroreningar som PAH:er, PCB:er

samt tungmetaller såsom Pb och Zn. Sedimentet klassades som en lerig gyttja med en vattenkvot på ca 200 %. Inledande laboratorieförsök påbörjades tidigt med syfte att finna det bästa bindemedelsreceptet för just detta sediment med dessa föroreningar. På provkroppar av s/s-behandlade sediment bestämdes hållfasthet och lakegenskaper (tryckförsök respektive skakförsök) för att utreda vilken kombination av cement och Merit 5000 som passade bäst både ur teknisk och ur miljömässig synvinkel. Den blandning som valdes ut var 50 % cement och 50 % Merit 5000 med en inblandningsmängd av totalt 150 kg/m<sup>3</sup>.



## På säker grund för hållbar utveckling

**Vår uppgift, som myndighet och forskningsinstitut, är att utveckla, tillämpa och förmedla kunskap som kommer till nytta för alla som verkar i bygg-, anläggnings- och miljösektorn.**

**En viktig del av vår verksamhet, som på senare år har fått en större roll, är klimatanpassningsåtgärder.**

#### Stabilitetsutredningar

SGI utför stabilitetsutredningar i olika skeden - från översiktliga stabilitetsutredningar till fördjupad utredning - på uppdrag av såväl myndigheter, kommuner som privata företag. Vi erbjuder också expert- och beställarstöd.

SGI arbetar även med deponiers stabilitet och har tagit fram en särskild vägledning om detta.

#### Grundläggningsteknik

Grundläggningsteknik är en tung del av vår verksamhet, där vi kan erbjuda kvalificerade tjänster. Det handlar om olika grundläggnings- eller dimensioneringsmetoder, utförande och kontrollmetoder inom teknikområdena yt- och djupgrundläggning, grundförstärkning och bankpålning.

#### Jordförstärkningsteknik

Jordförstärkning har under lång tid varit ett av SGI:s större verksamhetsområden och omfattar djupstabilisering med kalk-cementpelare och masstabilisering, jetpelare, vertikaldränering, injektering, stenpelare m.m.

Vi har bedrivit omfattande FoU, både inom SGI och inom Svensk Djupstabilisering. Forskning pågår också för närvarande avseende stabilisering/solidifiering av både rena och förorenade jordar och muddermassor.

Kontakta oss gärna för mer information om alla våra tjänster eller för att diskutera konkreta problemställningar. Vi finns i Linköping, Göteborg, Malmö, Sundsvall och Borlänge.



#### Statens geotekniska institut

Olaus Magnus väg 35  
581 93 Linköping

Tel. 013-20 18 00

E-post [sgi@swedgeo.se](mailto:sgi@swedgeo.se)

[www.swedgeo.se](http://www.swedgeo.se)

### Laboratorie- och fältförsök

Utökade försök i laboratorium utfördes med det valda bindemedlet. Denna gång valdes att förvara proverna med belastning och sedan undersöka hållfasthet och permeabilitet samt lakegenskaper efter olika tidsintervall. I detta steg utförs inte enbart skakförsök utan även ytutlakningsförsök för att mer simulera hur eventuell utlakning sker från den monolit som skapas vid s/s-metoden och härigenom simulera förhållandena i verkligheten.

För att få en uppskattning om konstruktionens beständighet mätes permeabiliteten vid flertalet tillfällen på de framställda provkropparna. Permeabiliteten visade sig mycket låg, varför eventuell strömning/transport genom det stabiliserade materialet kan förväntas vara mycket låg. Ytterligare visades materialet vara beständigt mot sulfatexpansion.

För att verifiera det som konstaterats i laborieförsöken utfördes slutligen ett fältförsök på befintlig plats. Ett omfattande kontrollprogram togs då fram för att studera den stabiliserade kroppens egenskaper. T.ex. undersöktes hållfasthet och lakegenskaper samt mättes sättningar hos den stabiliserade monoliten och även utlakning från hela fältförsöket.

### Teknik för hållbart samhälle

I ett framtida hållbart samhälle är det avgörande att klimat- och resursoptimering styr valet av tekniska lösningar, detta beskrivs bl a i miljöbalkens portalparagraf. Eftersom s/s-tekniken möjliggör användning av muddermassor vid utbyggnad av kaj- och terminalytor kan behovet minskas av ballastmaterial och därmed också mudder- och ballasttransporter. Resultat ger att stabilisering/solidifiering är en energieffektiv teknik som säkerställer att föroreningar inte sprids och som minskar användning av jungfruliga ändliga material.

Det finns olika sätt att hantera muddermassor, vanligast är att



**Göran Holm,**  
civ ing SVR,  
K70, Statens  
geotekniska  
institut



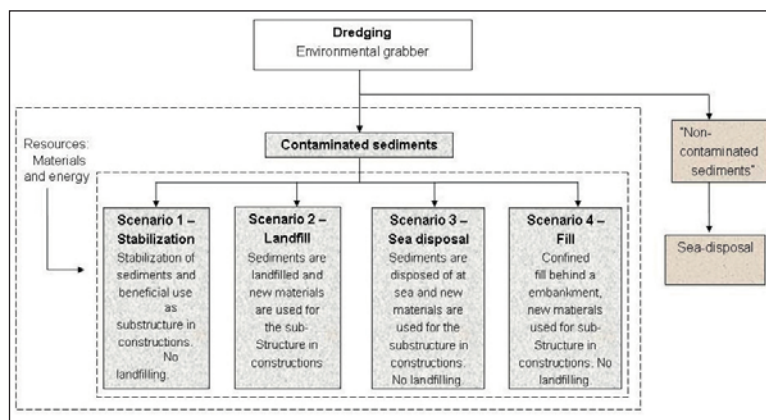
**Therese Stark,**  
civ ing W,  
UU04, SSAB  
Merox AB



**Bo Svedberg,**  
civ ing SVR,  
Lu92,  
Ecoloop AB



**Lennart Larsson,**  
civ ing, C88K  
Statens  
geotekniska  
institut



Figur 2. Jämförda hanteringsalternativ för muddermassor i "caset" Stegeludden, Oxelösund. Den yttre streckade linjen visar studiens avgränsning.

tippa muddermassor till havs eller innanför invallning. I projektet STABCON jämfördes fyra olika hanteringsalternativ:

1. nyttiggörande genom s/s-metoden
2. deponering på land
3. tipping till havs
4. placering innanför invallning

En förutsättning för studien var att kaj- och terminalytan skulle byggas ut. Figur 2 visar de studerade alternativen samt vad som ingår respektive exkluderas i studien.

### Klimatsmart och resurssnål teknik

Ett antal kriterier togs fram i en interaktiv process mellan olika studier med fokus på; a) Lagstiftning och policy; b) Nyckelaktörers åsikter och; c) Bedömnings- och beslutsstödsverktyg. Basen för kriterierna var de tre benen för hållbar utveckling; ekologi, ekonomi och sociala aspekter.

De ekologiska kriterierna uttrycktes som platsspecifik påverkan och regional/global påverkan. Analysen av den regionala/globala påverkan gjordes med livscykelanalys. Figur 4 beskriver resultat för miljöeffektkategorierna energianvändning respektive klimatpåverkan, för de fyra alternativen att hantera muddermassor i fallstudien Stegeludden. Med utgångspunkt i andra kriterier föll endast alternativ 1 och 2 ut som praktiskt möjliga i detta fall; alternativ 3 skulle medföra alltför stor platsspecifik påverkan genom förorenings-spridning, och alternativ 4 skulle ta en vik/strandlinje i anspråk för invallning vilket inte var möjligt. Av alternativen 1 och 2 föll stabilisering/so-

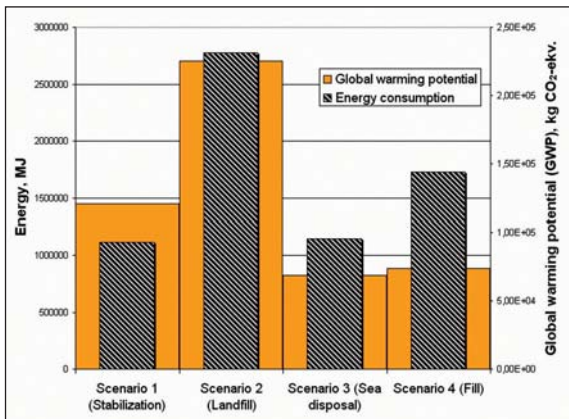
lidifiering ut som det tydligt bästa alternativet.

### Immobilisering av föroreningar

Genom inblandning av bindemedel immobiliseras föroreningarna och deras utlakning kan härvid markant reduceras. I det nystabiliserade fältförsöket i Stegeludden sattes grundvattenrör. Vatten från ett av dessa rör provtogs dels 35 dagar, dels 189 dagar efter utplacering. Halterna i dessa vatten ger en indikation på den tidsberoende förändringen i områdets omgivningspåverkan via utlakning. Halterna av PAH var i båda fallen måttliga – låga och låg under gräns för miljörisk på närliggande ytvatten. Därtill minskade halterna med tiden. Halterna av PCB var under detektionsgräns vid båda mätstillfällena. För de analyserade tungmetallerna var det endast några få som signifikant överskred gränsvärde för dricksvatten, men generellt minskade även halterna av tungmetallerna med tiden.

### Laktester

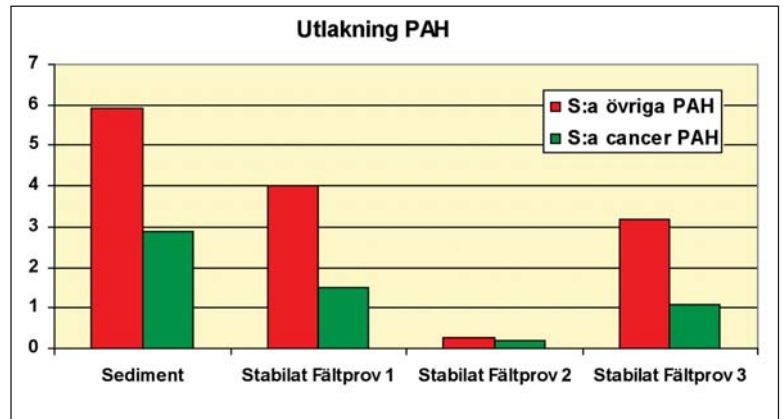
Prov av det s/s-behandlade sedimentet togs upp efter 28 dygn i fält. Detta prov lakades med s.k. skaktest i laboratorium, parallellt med samma typ av lakning av själva sedimentet. Utlakning av PCB var mycket låg från både sedimentet och den stabiliserade provkroppen. Utlakning av både cancerogena PAH och övriga PAH var signifikant lägre från den stabiliserade provkroppen (stabilitet), jämfört med sedimentet, Figur 4. Detsamma erhöles för de flesta tungmetaller undantaget några få som uppvisade högre utlakning från provkroppen. Generellt bedömdes dock utlakade halter av tungmetall-



Figur 3. Jämförelse av energianvändning och klimatpåverkan för hantering av förorenade muddermassor. Notera att resultaten kommer av en jämförande studie.

ler från den stabiliserade provkroppen, vara måttliga – låga.

Laboratorieförsök på labtillverkade stabiliserade provkroppar, med samma sediment som till fältförsöket, utfördes efter 28 dygn respektive 210 dygn. Resultaten indikerade att utlakningen av tungmetaller minskade med tiden med



Figur 4. Utlakning av PAH respektive tungmetaller från sedimentet och prover av det stabiliserade sedimentet från fältförsöket.

an ingen skillnad i utlakning erhöles avseende PAH. Jämförelse gjordes även med parallell lakning av sedimentet varvid erhöles liknande inbördes förhållanden av tungmetaller och PAH som för lakningen av provkropp från fältförsöket.

En jämförelse av resultat från lakförsök (skakförsök) utförda vid

28 dygn efter inblandning av bindemedel på laboratorietillverkade provkroppar och på provkroppar från fältförsöket (samma förorenade sediment och samma bindemedel) visar att provkropparna från fältförsöket lakade ut generellt något mindre av PAH och tungmetaller än de labtillverkade provkropparna. ▶



## Stort ansvar ovan backen?

Då bör installationen under backen vara problemfri.



Flowtite GRP-rör har unika produkttegenskaper som bidrar till långsiktiga och hållbara projekt för vatten och avlopp, stora som små.

**Flowtite GRP-rör – ett val för generationer**



APS Norway · Box 2059 · N-3202 Sandefjord · Norge · Telefon: +47 99 11 35 00 · info-no@aps-sales.com · [www.aps-sales.no](http://www.aps-sales.no)

Ett företag i **AMIANIT Group**

### Typ av laktest

I alla skakförsök undersöktes krossat material medan i ytutlaknings-test lakades stabiliserade provkroppar i form av hel monolit.

Ytutlakningsförsök på sedimentet och på stabiliserade provkroppar pågår och redovisas under våren. Ytutlakningsförsök och skakförsök, i båda fallen på 28 dygns stabiliserade provkroppar av sediment från Gävle hamn, har slutförts. De visar att utlakningen av de flesta tungmetaller blev mindre från ytutlakningsförsöket. Det kan också nämnas att stabiliserade provkroppar som under härdningen var belastade med 18 kPa i de flesta fall lakade ut mindre än motsvarande obelastade stabiliserade provkroppar.

### Förbättrade geo-egenskaper

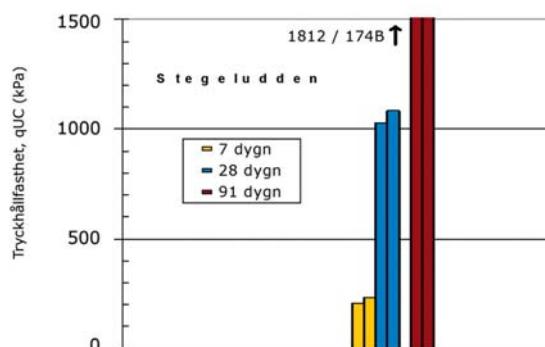
Genom inblandningen av binde-medel erhöles ett hållfast och tätt material, som kan nyttiggöras som fyllningsmaterial i den tänkta geokonstruktionen i Stegeludden. Det är normalt möjligt att uppnå erforderlig hållfasthet för användning av de stabiliserade/solidifierade massorna i geokonstruktioner i hamnanläggningar. En tryckhållfasthet av 150 – 200 kPa har uppnåtts redan efter 28 dygn för alla de

förorenade sediment som studerats i STABCON-projektet, se figur 5 som visar resultat för Stegeludden. Hållfastheten fortsätter att öka markant med tiden. Normalt ökar hållfastheten med ökande mängd binde-medel. Det är ofta möjligt att uppnå mycket höga hållfastheter. Detta är dock normalt inte önskvärt.

Genom stabiliseringen/solidifieringen har dessutom erhållits en mycket låg permeabilitet,  $10^{-8}$  -  $10^{-10}$  m/s hos de labtillverkade provkropparna, dvs samma storleksordning som en tät lera. En eventuell utlakning av föroreningar från monoliten av stabiliserade/solidifierade muddermassor blir härigenom ytterst begränsad.

### Hållfasthet i fält

Provkroppar från fältförsöket har testats avseende tryckhållfasthet. Resultaten visar att erforderlig/eftersträvd hållfasthet kan uppnås. Resultaten visar ett samband mellan hållfasthet och bindemedelmängd och indikerar att inblandningen av bindemedel inte blivit fullt homogen i vertikalled. Denna lärdom beaktas vid fullskaleutförandet. Nämnas bör att inga sättningar har uppkommit under 6 månader för den påförda belastningen 15 kPa.



Figur 5. Tryckhållfasthet hos laboratorietillverkade provkroppar av s/s-behandlade förorenade sediment från Stegeludden, Oxelösund.

### Nyttiggör muddermassor

Stabiliserings/solidifieringsmetoden (s/s-metoden) gör det möjligt att bygga med förorenade muddermassor. En monolit med bra geotekniska och miljömässiga egenskaper kan skapas och användas istället för fyllningsmaterial av ändliga naturresurser i t.ex. geokonstruktioner i hamnanläggningar. Metoden är resurssnål och klimatsmart. En vägledning för användandet av s/s-metoden kommer att publiceras under våren 2010.

En fortsatt utveckling av hantering av förorenade sediment och muddermassor kommer att ske i EU-projektet "Sustainable Management of Contaminated Sediments in the Baltic Sea, SMOCS" under 2009-2012 med partners från Sverige, Finland, Litauen, Polen och Tyskland under ledning av Statens geotekniska institut (SGI). Hemsidan [www.smocs.eu](http://www.smocs.eu) kommer att etableras under början av 2010.

*"Metoden är resurssnål och klimatsmart"*

### FAKTA OM STABCON-PROJEKTET

Eureka-projekt 4078 "Stabilisering/solidifiering av förorenade sediment och muddermassor" 2006-2009 med svenska och norska partners har vidareutvecklat stabiliserings-/solidifieringsmetoden (s/s-metoden) för att hantera dylika sediment så att de kan nyttiggöras i hamnanläggningar som alternativ till gängse lösningar. [www.stabcon.com](http://www.stabcon.com)  
Projektet har finansierats av Vinnova, Norges Forskningsråd och deltagande partners, nämligen



### Läs mer på Internet

[www.stabcon.se](http://www.stabcon.se)  
[www.smocs.eu](http://www.smocs.eu)

### Författarnas e-post

[goran.holm@swedgeo.se](mailto:goran.holm@swedgeo.se)  
[therese.stark@merox.se](mailto:therese.stark@merox.se)  
[lennart.larsson@swedgeo.se](mailto:lennart.larsson@swedgeo.se)  
[bo.svedberg@ecoloop.se](mailto:bo.svedberg@ecoloop.se)