

## Kalkrik aska som bindemedel i markstabilisering

YVONNE ROGBECK  
LENNART LARSSON  
HELEN ÅHNBERG  
STEN RODENSTAM





**STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT**  
**SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE**

Varia **590**

## **Kalkrik aska som bindemedel i markstabilisering**

YVONNE ROGBECK, SGI  
LENNART LARSSON, SGI  
HELEN ÅHNBERG, SGI  
STEN RODENSTAM, NORDKALK AB



<b>Varia</b>	Statens geotekniska institut (SGI) 581 93 Linköping
Beställning	SGI – Informationstjänsten Tel: 013–20 18 04 Fax: 013–20 19 09 E-post: <a href="mailto:info@swedgeo.se">info@swedgeo.se</a> Internet: <a href="http://www.swedgeo.se">www.swedgeo.se</a>
ISSN	1100-6692
ISRN	SGI-VARIA--08/590--SE
Dnr SGI	2-0509-0587
Proj.nr SGI	12588

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

### SAMMANFATTNING

<b>1</b>	<b>INLEDNING .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>ANVÄNDNINGSSOMRÅDE MARKSTABILISERING.....</b>	<b>6</b>
2.1	BINDEMEDEL.....	7
2.2	BINDEMEDELSSAMMANSÄTTNING.....	7
<b>3</b>	<b>TILLVERKNINGSPROCESSEN.....</b>	<b>8</b>
3.1	FRAMSTÄLLNING AV ASKA.....	8
3.2	BLANDNINGSANLÄGGNING .....	9
3.3	GODKÄNNANDE .....	10
<b>4</b>	<b>EKONOMI.....</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>TEKNISK DIMENSIONERING.....</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>FÖRENKLAD MILJÖBEDÖMNING.....</b>	<b>12</b>
<b>7</b>	<b>GENOMFÖRDA UNDERSÖKNINGAR.....</b>	<b>12</b>
7.1	MATERIALTEKNISK UNDERSÖKNING .....	12
7.2	MILJÖTEKNISK UNDERSÖKNING .....	14
7.2.1	<i>Totalhalter .....</i>	<i>15</i>
7.2.2	<i>Tvåstegs lakförsök (skaktest).....</i>	<i>15</i>
7.2.3	<i>Perkolationstest (kolonnförsök).....</i>	<i>16</i>
<b>8</b>	<b>UTVÄRDERING AV RESULTAT .....</b>	<b>17</b>
8.1	MATERIALTEKNISKA EGENSKAPER .....	17
8.1.1	<i>Stabiliserad lera från Norrköping .....</i>	<i>17</i>
8.1.2	<i>Stabiliserad lera från Nödinge .....</i>	<i>19</i>
8.2	MILJÖTEKNISKA EGENSKAPER .....	23
8.2.1	<i>Ingående material.....</i>	<i>23</i>
8.2.2	<i>Egenskaper hos jorden .....</i>	<i>24</i>
8.2.3	<i>Egenskaper hos stabiliserade prover från Norrköping.....</i>	<i>24</i>
8.2.4	<i>Egenskaper hos stabiliserade prover från Nödinge.....</i>	<i>29</i>
<b>9</b>	<b>SLUTSATSER .....</b>	<b>30</b>
	<b>REFERENSER.....</b>	<b>32</b>
	<b>BILAGOR</b>	
	Bilaga A Produktblad Nordkalk Terra E	
	Bilaga B Sammanställningar av laboratorieundersökningar och pelarprovningar	



## SAMMANFATTNING

Statens geotekniska institut (SGI) har på uppdrag av och i samverkan med Nordkalk AB upprättat föreliggande rapport. Rapportens syfte är att belysa möjligheterna att använda kalkrik aska i kombination med bränd kalk och cement som bindemedel i djupstabilisering av jord. Den kalkrika askan kommer från förbränning av returfiberslam vid Lilla Edets pappersbruk. Den går under produktnamnet Terra E. Anledningarna till nyttiggörande är bl a att reducera kostnaderna för pelarna samt att återanvända restprodukter för att minska resursförbrukningen i samhället.

Askan är godkänd av Banverket och Vägverkets Kemikalieråd. Askan tillhör *Grupp 2\**.  
\*. *Godtagen under bevakning – specifikt godkännande*. Vilket innebär att produkten är godkänd och en ansökan ska genomföras inför varje nytt användande.

Två typområden med lera har valts för att undersöka möjligheterna för stabilisering med aska. En lera användes från Norrköping (Ostkusten) och en lera från Nödinge (Västkusten). Både materialtekniska och miljötekniska egenskaper har undersökts.

För att kunna jämföra resultaten från inblandningar med aska med en allmänt accepterad förstärkningsmetod, så har även inblandningar med bränd kalk och cement i lera utförts. Stabilisering med kalk-cement är en etablerad metod som har använts sedan 80-talet och metoden är inte föremål för miljöprövning. Därför görs i första hand jämförelse med dessa resultat. I andra hand görs en jämförelse med lakgränsvärden för material som bedöms som inerta och som då är tillåtna att gå till inert deponi. Detta är en konservativ jämförelse då materialet krossas ned i försöken medan stabiliseringen i verkligheten ger en monolitisk produkt.

Den kalkrika askan bidrar till en betydande stabiliserande effekt i de aktuella jordarna, tillsammans med bränd kalk och cement. Utbyte av bränd kalk med 7 % aska (vilket ger en total aktiv CaO-halt fortsatt över de 80 % som normalt föreskrivs för bränd kalk) vid stabilisering av Nödingeleran gav ungefär samma eller något högre hållfasthet än enbart kalk och cement i lika proportion. Användning av en större mängd aska genom kombinationer av bränd kalk, cement och aska i lika proportion gav genomgående något lägre hållfasthet den första veckan eller veckorna efter inblandning, men något högre hållfasthet på längre sikt vid användning av den mindre mängden bindemedel 80-90 kg/m<sup>3</sup>. En större andel aska i Nödingeleran, med en tredjedels andel vardera av kalk, cement och aska, gav något högre hållfasthet på lång sikt också vid en större total tillsatt mängd av 120 kg/m<sup>3</sup>, men ej i Norrköpingsleran under den undersökta tidsperioden.

Lakegenskaperna mellan kalk-cement 50/50 (KC) och kalk-cement-aska 33/33/33 (KCE) vid L/S 10 är relativt likvärdiga, där vissa ämnen lakar ut mer för KC medan andra lakar ut mer för KCE. L/S 10 bedöms motsvara ett mycket långt tidsperspektiv för pelare installerade i lera. Leran i sig verkar ha signifikant påverkan på utlakade halter och mängder.

Vid jämförelse mellan KCE och KC som härdat 91 dygn med samma blandning som härdat 7 dygn, i båda fallen med material baserat på leran från Norrköping, ökar utlakningen med ökad härdningstid, vilket talar mot gängse uppfattning. Ökningen är störst för KC.

Sammanfattningsvis bedöms KCE materialtekniskt och miljömässigt kunna uppnå tillräcklig hållfasthet och ha ett likartat lakbeteende som blandningar med det etablerade bindemedlet KC. Både hållfasthets- och lakegenskaper är beroende av aktuell jordart. Dimensionering med KCE bör utföras på motsvarande sätt som för KC med inblandningsförsök i laboratorium som sedan verifieras i full skala i det aktuella objektet.

## 1 INLEDNING

Statens geotekniska institut (SGI) har på uppdrag av Nordkalk AB upprättat föreliggande rapport. Kapitlet om användningsområde, tillverkningsprocessen och ekonomi har skrivits av Nordkalk AB, medan SGI har ansvarat för övriga delar. Rapportens syfte är att belysa möjligheterna att använda kalkrik aska (Terra E) i kombination med bränd kalk och cement som bindemedel i djupstabilisering av jord. Askan kommer från förbränning av returfiberslam vid Lilla Edets pappersbruk. Dess egenskaper redovisas i Bilaga A. Anledningarna till nyttiggörande är bl a att reducera kostnaderna för pelarna samt att återanvända restprodukter för att minska resursförbrukningen i samhället.

Två studier av askans egenskaper har tidigare utförts av Rogbeck J. (2001) och Rogbeck J. m fl (2004). Studierna visade att askan har en stor potential att användas i anläggningsverksamhet. Undersökningar på enbart askan i sig visade att den självhärddar vid tillgång på vatten och bildar en homogen kropp med mycket låg permeabilitet och relativt hög hållfasthet, under förutsättning att packning sker i tillräcklig omfattning. Askan bedömdes ha god potential att kunna användas som t ex tätskikt i deponier eller för andra typer av barriärer som t ex tätskärmar. Askan bedömdes som ett inert material.

Askan är godkänd av Banverkets och Vägverkets Kemikalieråd. Askan tillhör *Grupp 2\**. *Godtagen under bevakning – specifikt godkännande*, vilket innebär att produkten är godkänd och en ansökan ska genomföras inför varje nytt användande.

I här föreliggande rapport har två typområden med lera valts för att undersöka möjligheterna för stabilisering med aska. Tidigare erfarenheter visar att skillnaderna i hållfasthet kan vara stor mellan områden vid ostkusten jämfört med västkusten. Den ena leran som användes är från Norrköping och den andra leran är från Nödinge.

Vid användning av alternativa material är det viktigt att materialet bedöms ur teknisk, ekonomisk, miljömässig och juridisk synvinkel, vilket har legat som grund för arbetet med denna rapport.

## 2 ANVÄNDNING SOMRÅDE MARKSTABILISERING

Markstabilisering är en kostnadseffektiv och flexibel metod för jordförstärkning. Metoden är flexibel utifrån att den kan anpassas med hänsyn till jordförhållanden och plats-specifika krav. Bland fördelar med metoden märks främst möjligheten att genom anpassning av installationsmönster, pelaravstånd, pelardjup, pelardiameter samt bindemedelsblandning och mängd skraddarsy förstärkningen efter det aktuella kravet.

Denna metod och andra former av markstabilisering innebär en förbättring av existerande material, istället för utskiftning av jordmassor och tillförsel av nytt material. Livscykelanalyser har visat att bindemedelsstabilisering av lös jord kan vara fördelaktig



jämfört med andra metoder med hänsyn till transporter och energiåtgång (Rydberg & Andersson, 2003)

## 2.1 Bindemedel

För de flesta jordar kan man med relativt god säkerhet förutsäga hur mycket bindemedel som behövs för att uppnå en önskad hållfasthet. När man blandar in bindemedel i jord så startar kemiska och fysikaliska förlopp, som påverkas av många faktorer. Bindemedlet reagerar med jordens porvatten, som kan ha varierande sammansättning och därmed påverka resultatet. Jordens kornstorleksfördelning, densitet, vattenkvot, jonbytesförmåga och blandbarhet med bindemedlet är andra faktorer, som påverkar den slutliga strukturen.

Lermineralernas kemiska sammansättning påverkar slutresultatet. Mängden mineral har också betydelse för hur mycket hållfasthetsuppbyggande produkter som kan bildas. Jordens organiska innehåll kan påverka de tidiga bindemedelsreaktionerna så att hållfasthetsutvecklingen försenas eller uteblir helt.

Många projekt är överdimensionerade och antagen mängd bindemedel är större än erforderlig. Den verkliga skjuvhållfasthet kan vara upp till 3-4 gånger högre än dimensionerande. Pelare med hög skjuvhållfasthet har egenskaper som liknar påelement istället för jordförstärkning. Genom att skapa mycket hårda pelare kommer samverkan mellan pelare och jord att minska. Genom att anpassa bindemedelsblandningen till aktuella krav, tex genom att tillsätta en tredje produkt med lägre reaktivitet ges möjligheter till att anpassa hållfastheten till den dimensionerade hållfastheten utan att minska på mängden bindemedel (Dahlström & Nilsson, 2005).

Valet av bindemedel vid stabilisering görs med hänsyn till följande faktorer:

- Hållfasthet och förändring av hållfasthetsegenskaper med tiden
- Miljökrav
- Beständighet
- Ekonomiska aspekter vid pelartillverkning
- Tillgänglighet och ekonomi för inköp och transport
- Återanvända sekundära produkter för att minska resursförbrukningen i samhället

Utöver alternativen bränd kalk och cement finns ett antal andra bindemedel som flygas-ka från förbränning av fiberslam, kol eller biobränsle, granulerad masugnslagg, gips mm.

## 2.2 Bindemedelssammansättning

Normalt används idag bränd kalk och/eller cement i varierande proportioner som bindemedel beroende på aktuell jordart och önskade egenskaper hos den stabiliserade jorden.

Alla bindemedel som används skall vara provade och godkända ur såväl stabiliserings-, hanterings- och miljömässig synpunkt. Kraven enligt SGF Rapport 2:2000 (Carlsten, 2000) visas i Tabell 2.1.

Tabell 2.1 Krav på bindemedel enligt SGF Rapport 2:2000 (Carlsten, 2000).

Produkt	Typ	Kornstorlek	Flytbarhet (SS 134005)
Kalk	>80% CaO-halt (ASTM C25)	0-0,2 mm	>70%
Cement	CEM I alt. CEM II/A-LL	0-0,2 mm	>40%
Övriga	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Öppet redovisad sammansättning.</li> <li>- Godkända inblandningsförsök i laboratorium samt godkänd installation av proppelare i fält där godkännandet avser platsspecifika krav.</li> </ul>		

### 3 TILLVERKNINGSPROCESSEN

I kapitlet beskrivs tillverkningsprocessen från framställningen av aska till produkten färdig att installeras i fält.

#### 3.1 Framställning av aska

Framställning av askan sker i SCA Hygiene Products AB, Edets bruks fastbränslepanna för returfiberslam. Som bränsle används returfiberslam som uppkommer vid rening av returpapper (dagstidningar, journaler och tryckerispill). Detta består i huvudsak av fiberrester och fyllmedel dvs, fibrer oanvändbara vid papperstillverkning, och kaolinlera. Genom den höga andelen fyllmedel i bränslet kommer övervägande delen av askan från fyllmedlet och enbart en mindre del från biobränslet. Som stödbränsle används träflis. Eldningsolja används vid uppstart av pannan. Pannan är en BFB-panna med fluidiserad bädd som ger en mycket effektiv förbränning med mycket låga halter av restkol i askan. Innan rökgaserna lämnar pannan avskiljs askan i en cyklon och slangfilter. Rökgasreningen har utrustning för injicering av kalk och aktivt kol. Pannan klarar de nya kraven för avfallsförbränning. Askans som faller har en jämn och hög kvalitet. Askans lagras torr i silo direkt i anslutning till pannanläggning. Årligen produceras det 25-30 000 ton aska.

#### Askans egenskaper

Askans är ett finkornigt, sfäriskt silikatstoff som besitter puzzolana effekter som kan aktiveras med kalk eller cement. Askans har en aktiv CaO på 30%. Askans har självhärddande egenskaper vid tillgång till vatten. Enaxliga tryckförsök visar på hållfastheter på drygt 1300 kPa efter 28 dygn (Rogbeck m.fl., 2004). Hållfasthetstillväxten är kontinuerlig med tiden. Tryckförsöken indikerar att brotten är plastiska, dvs. materialet är sannolikt mindre känsligt för rörelser. Askans egenskaper som den brända kalken och cementen besitter, som t ex kalkens aktiva CaO och cementens självhärddande egenskaper.

#### Användning av aska idag

Sedan starten (2003) av förbränning av fiberslam i Lilla Edet har askpolymer deponerats, använts för deponitäckning, skogsbilvägar mm. Första pelarna med askinblandning i fullskala genomfördes våren 2005 på väg 44, Väne-Ryr, med Vägverket som beställare och LCM som djupstabiliseringsentreprenör. Resultaten från provning av KCE-pelare var positiva och jämförbara med dem stabiliserade med KC 50/50 (Dahlström & Nilsson, 2005). Därefter har askan använts i 4 olika fullskaleprojekt. Från endast mindre ytor med proppelare till produktionspelare med olika inblandningsmängder med aska.

Jämförelse har alltid utförts med pelare stabiliserade med KC 50/50. Provingarna har genomförts tillsammans med entreprenörer och/eller Vägverket som beställare.

### Produktnamn

Nordkalk Terra är ett produktkoncept som består av enskilda produkter och produktblandningar med upp till tre olika delmaterial med olika proportioner. Blandningarna tillverkas under kontrollerade former på blandningsanläggningar i Köping och Lilla Edet och levereras med bulkbil direkt till arbetsplatserna. Exempel på bindemedelsblandningar visa i Tabell 3.1.

Askan har marknadsnamnet Nordkalk Terra E. I blandningar anges produkten med bokstaven E.

Tabell 3.1 Exempel på bindemedelsblandningar med och utan Terra E (kalkrik aska).

Produktnamn	Benämning	Kalk	Cement	Terra E
KCE 33/33/33	KCE	33,3 %	33,3 %	33,3 %
KC 50E/50	KC 50E/50	43 %	50 %	7 %
KCE 40/40/20	KCE 40/40/20	40 %	40 %	20 %
KC 50/50	KC	50 %	50 %	

Vid framställning av bränd kalk är den aktiva CaO högre än kravet (aktiv CaO >80%) enligt SGF Rapport 2:2000. Då den aktiva CaO i askan är 30% kan den brända kalken blandas ut med askan och ändå uppfylla kravet. I exemplet ovan har KC 50E/50 blandats ut med 7% aska och uppfyller ändå kravet då den brända kalken innehåller 89% aktiv CaO.

### 3.2 Blandningsanläggning

Historiskt har det varit effektivare för entreprenörerna att blanda bindemedelsprodukterna. Men med dagens utveckling, krav och högre omkostnader på arbetsplats föredrar entreprenörerna färdigblandat. Under 2005 var ca 95 % av Nordkalks leveranserna färdigblandat material direkt till arbetsplats.

Nordkalk etablerade den första stationära blandningsanläggningen i slutet av 1990-talet i Köping. I februari 2006 stod blandningsanläggningen i Lilla Edet färdig. Anläggningen är integrerad med SCA asksilo från panna för fjärrvärme. Anläggningen består av 3 silos, en för vardera bränd kalk, cement och aska. Kapaciteten på anläggningen är ca 60 ton/h med en noggrannhet på +/-2% på blandningarna.

Med stationära blandningsanläggningar finns en större kontroll på delmaterial och blandningarna. Produktionsprover uttages på delmaterial samt uttages leveransprover för att säkerställa kvalitetskraven. Utvägningsdata från respektive materialsilo i blandningarna registreras och följs upp och redovisas för beställaren. Med färdigblandade produkter blir hantering på arbetsplatsen lättare, endast ett material behöver hanteras. Dessutom blir lagringstiden kortare och mängden bindemedel på arbetsplatsen blir mindre.

### 3.3 Godkännande

Vägverket och Banverket samarbetar inom kemikalieområdet och använder en gemensam kemikaliedatabas samt gemensamma krav och kriterier. Detta innebär att kemiska produkter ska granskas och godtas av myndigheternas kemikalieråd för att få användas inom respektive verksamhet.

En godkänd produkt innebär ej att den är granskad för vidare användning. Granskningen av kemiska produkter är en intern prövning och alla beslut har villkor kopplade till produkt och användningsområde.

Vid granskningen klassas de kemiska produkterna i fyra grupper enligt nedan. Askan är godkänd och tillhör *Grupp 2\**. *Godtagen under bevakning – specifikt godkännande*. Detta innebär att produkten är godkänd och en ansökan ska genomföras inför varje nytt användande.

- Grupp 1 - Ej godtagen
- Grupp 2\*. Godtagen under bevakning – specifikt godkännande
- Grupp 2. Godtagen under bevakning generellt godkännande
- Grupp 3. Godtagen

## 4 EKONOMI

Bindemedelsurvalet kan sägas styras av dels teknisk funktion och dels ekonomiska aspekter. Bindemedlet skall förmå åstadkomma den samverkan med jorden och hållfasthet som krävs av den avsedda geotekniska konstruktionen i den aktuella jorden. En annan aspekt är att vissa material kan utnyttjas som fyllmedel och därmed bidra med ekonomiskt värde. Utgående från dessa aspekter kan den optimala lösningen utgöras av en bindemedelsblandning bestående av två eller flera delmaterial.

Kalk och cement är producerade produkter som kräver stora energimängder till en stor produktionskostnad. Bindemedlet och transporter utgör en stor andel av kostnaden för totala markstabiliserings entreprenaden. Markstabilisering som metod, kommer att få stor konkurrensen av andra metoder utifrån prognostiserade energiprisökningar. Detta innebär att metoden efterfrågar billigare, effektivare och mer anpassade bindemedelsmaterial.

Prismässigt konkurrenskraftiga produkter kan skapas genom att utnyttja sekundära produkter. Sekundära material (restmaterial, avfall, aska) i rätt applikation kan ofta bidra med goda egenskaper och reducera primärt producerade material.

Med varje procentandel inblandning av aska minskar andel primärt producerat bindemedel. Med en etablering av KCE (innehåller endast 67% framproducerat bindemedel) på marknaden finns stora potentialer till en ekonomisk vinning för metoden markstabilisering.

### Ersätta primära produkter med sekundära

Kalk bränns i höga temperaturer; kalcineringen sker vid ca 1100 °C i en roterugn eller schaktugn. Värmen produceras med stenkol, brännolja eller naturgas. Det är av kvalitets skäl svårt att hitta bränslen som kan ersätta stenkol och olja i kalkindustrin, eftersom orenheter i bränslet kan överföras till produkter som har mycket stränga krav på renhet. Många förnybara bränslen har låga värmevärden, vilket gör att man måste använda större mängder och det ställer i sin tur stora ändringskrav på processerna.

Av ett ton kalksten kommer ca 0,6 ton ut som bränd kalk i ugn, dvs ca 40% går ut som förbränningsgaser.

En del av Nordkalks koldioxidutsläpp uppstår vid användningen av energi, men då man tillverkar bränd kalk frigörs koldioxid under själva processen. Koldioxiden frigörs från kalciumkarbonaten på grund av värmen och slutresultatet är kalciumoxid eller bränd kalk. Vid produktionen av bränd kalk kommer teoretiskt sett ca en tredjedel av koldioxidutsläpp från bränslet och resten från själva råvaran. Bränd kalk är ett oersättligt råmaterial i såväl industriella som miljövarsrelaterade processer.

Nordkalk har verksamhet i länderna runt Östersjön och strävar aktivt efter att minska sina egna utsläpp i luft och vatten. Nordkalk satsar stora medel på forskning och utveckling att använda sekundära material som kan ersätta eller komplettera den primärt tillverkade brända kalken.

KCE är ett exempel där man kunnat reducera primär produkt med 1/3 och ersatt den med ett sekundärt material och i flera fall uppnått lika goda resultat som KC både tekniskt och miljömässigt. Genom att nyttiggöra askan kan också naturresurser sparas och en god teknisk funktion skapas i linje med miljöbalkens intentioner.

## 5 TEKNISK DIMENSIONERING

Markstabilisering såsom mass- eller djupstabilisering är etablerade metoder som i dag oftast dimensioneras enligt SGF rapport 2:2000 "Kalk- och kalkcementpelare, Vägledning för projektering, utförande och kontroll". Tekniken utvecklas ständigt och bl a tillkommer nya bindemedel. Därför utarbetas en ny handbok som kommer att ges ut av Svensk Djupstabilisering (SD, 2006). I kommande handbok gäller för nya bindemedel (ofta baserade på någon restprodukt) och beprövade bindemedel i nya tillämpningar att faktorer som beständighet, risk för nedbrytning, urlakning och föroreningsfrågor samt andra miljöfrågor utreds. En hänvisning görs till att miljöbedömningen kan utföras enligt "Vägledning för alternativa material i väg och anläggningsbyggnad", vilken också är under utarbetande.

Dimensionering av mass- och djupstabilisering baseras normalt på laboratorieförsök med några olika typer av inblandningsmedel och mängder. Valet av medel och mängd baseras på erfarenheter från tidigare undersökningar i liknande jordtyper. Utifrån laboratorieresultaten väljs normalt någon eller några varianter ut, vilka provas i fullskala genom provpelare i det aktuella området. I fält kan olika inblandningsverktyg och inblandningsarbete provas. Utifrån provpelarna bestäms hur produktionspelarna ska utföras.

## 6 FÖRENKLAD MILJÖBEDÖMNING

En miljöbedömning bör utföras ingenjörsmässigt och hänsyn tas till materialet i sig, konstruktionen det ingår i samt omgivningen. Här föreliggande rapport syftar till att ge ett underlag för bedömning av materialet i sig och delvis i omgivningen som i det här fallet är lerområden.

Nedanstående punkter har beaktats i den förenklade miljöbedömningen:

- Askan är godkänd av Banverkets och Vägverkets kemikalieråd, Grupp 2\*, se vidare Kapitel 3.3.
- För att kunna jämföra resultaten från inblandningar med aska med en allmänt accepterad förstärkningsmetod, så har även inblandningar med enbart kalk och cement i lera utförts. Stabilisering med kalk-cement är en etablerad metod som har använts sedan 80-talet och metoden är inte föremål för miljöprövning. I första hand görs jämförelse med dessa resultat.
- I andra hand görs en jämförelse med lakgränsvärden för material som bedöms som inerta och som då är tillåtna att gå till inert deponi. Lakgränsvärdena är inte avsedda för markstabilisering. Detta är en konservativ jämförelse på grund av att materialet krossas ned i försöken medan stabiliseringen är av monolitisk natur. Jämförelsen görs dock för att ha ett gränsvärde att jämföra med. För inert deponi krävs inga skyddsåtgärder. För jämförelse med inerta material kan NFS 2004:10 (och ändringar i föreskrifterna enligt NFS 2005:9) användas. L/S 0,1 tas fram med kolonntestet och L/S10 tas fram med skaktestet. De gränsvärden som ges i NFS 2004:10 gäller inom EU, därtill finns gränsvärden för L/S 2 för de flesta EU-länder dock ännu ej Sverige.
- Generellt kan sägas att pelare normalt installeras i lera, vilken har en låg permeabilitet. Normalt är genomströmningen liten vilket gör att flödet genom/förbi pelarna är mycket begränsad. Lakteter beskrivs närmare i Kapitel 7.2, där L/S 0,1 ( $C_0$ ), L/S 2 och L/S 10 speglar ett tidsförlopp för utlakningen. I det här fallet finns inget konkret objekt att jämföra med (grundvattenflöden mm) så inga siffervärden finns aktuella, men L/S 10 bör i normalfallet spegla ett mycket långt tidsperspektiv.

## 7 GENOMFÖRDA UNDERSÖKNINGAR

### 7.1 Materialteknisk undersökning

För att undersöka effekten av olika kombinationer av kalk, cement och aska på hållfasthetstillväxten efter stabilisering har SGI utfört laboratorieundersökning och stabilisering av jordprover från provplatserna RGS90 i Norrköping och Nödinge i Göta Älvs dalgång. Vid RGS90 i Norrköping har parallellt utförts stabilisering i fält av LCM genom installation av ett antal provpelare i november 2005. Pelarnas fasthet har kontrollerats vid olika tidpunkter efter installation av FMGeo AB, på uppdrag av LCM.

Leran från Norrköping som stabiliserats på laboratoriet är från 2,5 – 5 m djup under markytan och består av en lös brungrå varvig lera med tunna siltskikt. Lera har en vattenkvot och flytgräns av i medeltal ca 65%. Resultat av utförda undersökningar på de prover av naturlig jord som inkommit till SGI framgår av Bilaga B1. Lera från Nödinge som stabiliserats är från två jordlager, 2–4 m och 5-8 m under markytan. Det övre jord-

lagret består av mycket lös grå något gyttjig lera med en vattenkvot av ca 105 % och flytgräns av ca 95%. Det undre jordlagret består av mycket lös grå lera med något lägre vattenkvot och flytgräns, ca 95 respektive 90 %. SGI har utfört endast ett begränsat antal kontrollundersökningar av vattenkvoten hos jordarna från provplatsen vid Nödinge. Uppgifter om egenskaper hos jorden enligt tidigare undersökningar vid Nödinge har erhållits från Gatubolaget, Göteborg och av WSP, Göteborg. De geotekniska egenskaperna hos jorden vid provplatsen har beskrivits också av Nilsson (2005). Ungefärliga egenskaper enligt rutinundersökningar av de tre jordarna visas i Tabell 7.1.

Tabell 7.1. Undersökta jordar.

Jord	Djup (m)	Densitet $\rho$ (t/m <sup>3</sup> )	Vattenkvot $w_N$ (%)	Flytgräns $w_L$ (%)
<b>Norrköping</b>				
Varvig lera med tunna siltskikt	2,5 - 5	1,63	65	65
<b>Nödinge</b>				
Något gyttjig lera	2 - 4	1,46	105	95
Lera	5 - 8	1,49	95	90

Som bindemedel har använts bränd kalk (K) från Köping, cement (C) och aska (E) i olika kombinationer. För stabilisering av Norrköpingslera användes ett bindemedel bestående av en blandning av de tre medlen i lika proportion (viktsandel). Som jämförelse användes ett bindemedel med enbart bränd kalk och cement i lika proportion. Båda bindemedlen blandades in i en mängd motsvarande 80 kg/m<sup>3</sup> och 110 kg/m<sup>3</sup>. För jord från Nödinge användes fyra olika bindemedelskombinationer; KCE, KCE 40/40/20, KC50E/50 och KC. Mängd medel som användes i leran från det övre jordlagret var 90 kg/m<sup>3</sup> och 120 kg/m<sup>3</sup>. I leran från det nedre lagret användes enbart en mängd medel, 90 kg/m<sup>3</sup>. Använd benämning, sammansättning och tillsatt mängd av de olika bindemedlen visas i Tabell 7.2.

Inblandning av bindemedel och tillverkning av prover med diametern 50 mm utfördes enligt metod beskriven av Carlsten (2000). Proverna förvarades i fuktrum vid ca 7 °C fram till provning.

De på laboratoriet stabiliserade proverna har undersökt med avseende på enaxlig tryckhållfasthet, densitet och vattenkvot vid olika tidpunkter efter inblandning. I den stabiliserade leran från Norrköping utfördes provningar 7, 14, 28 och 91 dygn efter inblandning. Den stabiliserade leran från Nödinge har undersökts 7, 28 och 91 dygn efter inblandning. Provning planeras här att utföras vid ytterligare ett tillfälle ca ett år efter inblandning för att studera mer långsiktig hållfasthetstillväxt.

Tabell 7.2. Bindemedel.

Jord	Benämning	Proportioner kalk/cement/aska (%)	Mängd medel (kg/m <sup>3</sup> )
<b>Norrköping</b>			
KCE 33/33/33	KCE	33/33/33	80, 110
KC 50/50	KC	50/50	80, 110
<b>Nödinge</b>			
KCE 33/33/33	KCE	33/33/33	90, 120 <sup>1</sup>
KCE 40/40/20	KCE 40/40/20	40/40/20	90, 120 <sup>1</sup>
KC 50E/50	KC 50E/50	43/50/7	90, 120 <sup>1</sup>
KC 50/50	KC	50/50	90, 120 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> I jorden från det nedre jordlagret användes enbart 90 kg/m<sup>3</sup>

Provpelarna som utfördes i fält av LCM i november 2005 hade en diameter av 600 mm. Använt bindemedel var KCE och KC i en mängd motsvarande 30 kg/m, eller ca 106 kg/m<sup>3</sup>. Pelarnas fasthet kontrollerades genom pelarsondering 3 dygn, 10 dygn och 24 dygn efter installation.

## 7.2 Miljöteknisk undersökning

Undersökningar har utförts på inblandningar av, kalk, cement och aska respektive kalk och cement i lera. Undersökningar har även utförts på lerorna utan inblandat bindemedel. Mängden bindemedel som har använts i de prover som undersökts med avseende på miljöeffekter är för Norrköpingsfallet 110 kg/m<sup>3</sup> och för Nödinge 90 kg/m<sup>3</sup>. För Norrköping har den större mängden medel valts för att den har bedömts ge mer utlakning, dvs motsvarat värsta fallet. I Nödinge har mängden valts som bedömts bli aktuell i fält.

Mer omfattande undersökningar har genomförts för Norrköping än för Nödinge, då resultaten från Norrköping legat till grund för bedömningar av orienterande karaktär.

De undersökningar som har utförts på blandningar med lera från Norrköping är:

- 4 st kolonnförsök, perkolationstest L/S 0,1 (C<sub>0</sub>), 2 & 10 (blandning KC och KCE, har provats efter 7 dygn och 91 dygn)
- 4 st skaktest, L/S 2 & 10 (blandning KC och KCE, har provats efter 7 och 91 dygn)
- 1 st skaktest L/S 2 & 10 på leran.

Undersökningar som har utförts för Nödinge är:

- 3 st kolonnförsök, perkolationstest L/S 0,1 (blandning KC, KCE och KC 50E/50 har provats efter 7 dygn)
- 1 st skaktest L/S 10 på leran.

Utöver ovanstående undersökningar har tester utförts också på askan, dels i föreliggande undersökning, dels i tidigare undersökningar (Rogbeck, 2004, 2001).

Laktesterna har utförts på stabiliserat nedkrossat material då dessa laktester i dagsläget är de enda som är standardiserade. Gränsvärden finns kopplade till försöken, även om de inte är avsedda för denna applikation. Man kan se testet på de nedkrossade materia- len som ett värsta scenario utifrån laknings-testernas målsättning att avspegla vad som händer med materialet i fullskala. Vid djupstabilisering i fält genereras i fullskalan stora



monolitiska pelare i marken. Dessa pelare har avsevärt mindre lakyta/volymsenhet, jämfört med de krossade material som används i laktesterna. Generellt sett föreligger avsevärt större lakpotential om material lakas i nykrossad form, än i monolitisk form. För att kunna jämföra med svenska riktvärden för lakvatten och eftersom det ännu inte finns svenska riktvärden för monolitiska strukturer har därför tester utförts på krossat material. Lakresultaten bedöms vara konservativa, dvs de bedöms ge högre halter och ackumulerade utlakade mängder, än vad som kan antas förekomma i fullskalan.

### 7.2.1 Totalhalter

Totalhalt motsvarar den totala mängden av enskilda ämnen som materialet per viktsenhet innehåller. Lakresultat kan jämföras med totalhalter för att se hur stor mängd som är utlakbart vid olika L/S. Totalhalter redovisas i Kapitel 8.2.1.

### 7.2.2 Tvåstegs lakförsök (skaktest)

Skaktest ger (liksom perkolationstest, se nedan) information om vad som kan lakas ut vid en given situation. Vid undersökning enligt NFS 2004:10 skall karakterisering inledningsvis utföras med både skaktest och perkolationstest. Skaktest är billigare och snabbare, men kan ibland ge en något sämre överensstämmelse med ett tänkt fullskaletest, än perkolationstest. Därtill ger skaktest inte information om det initiala lakbeteendet. Vid en första jämförelse med gränsvärden vid L/S 0,1 (=C<sub>0</sub>) (angivna i NFS 2004:10) krävs perkolationstest, men om lakvärdena från skaktest överensstämmer någorlunda väl med lakvärdena från perkolationstestet är det acceptabelt att nyttja skaktest för eventuella fortsatta undersökningar av materialet. Exempelvis, om extrapolerade linjer vid L/S 0,1 i lakdiagram från skaktest någorlunda väl överensstämmer med reella laklinjer i diagram från perkolationstest, kan perkolationstest fortsättningsvis ersättas med skaktest. I annat fall krävs perkolationstest.

I det följande används vid ett flertal tillfällen begreppet L/S, i kombination med ackumulerade utlakade mängder av enskilda ämnen. Vanligtvis relateras lakförsök till L/S-kvoten. Denna kvot definieras som den mängd lakvatten (Liquid) som varit i kontakt med en viss mängd material (Solid). Om kännedom föreligger avseende materials geometriska parametrar samt dess inneboende och omgivande hydrologiska, eller klimatologiska parametrar (t ex vattenomsättningen i eller kring materialet och materialets fysikaliska dimensioner) kan L/S-skalan omvandlas till en tidsskala. Försöken kan härigenom ge en uppfattning om hur utlakningen förändras med tiden. L motsvarar då ett vätskeflöde (volym i liter/tidsenhet) och S den mängd (kg) som lakmässigt utsätts för vätskeflödet.

Exempelvis, om materialet är 1 ton och volymen lakvatten som detta material utsätts för under ett år är 0,1 m<sup>3</sup> (densitet 1,0) blir L/S 0,1 under det året. Med en upprättad lakkurva från laboratorietestet, där ackumulerad utlakad mängd plottas mot L/S, kan då fås mängden av aktuellt ämne som har potential att lakas ut (och påverka sin omgivning) vid önskat L/S. Även vissa interimhalter i lakvattnen kan uppskattas, baserat på ackumulerad mängd och volym lakvatten/tidsenhet.

Skaktesten utfördes enligt SS-EN 12457-3. Härvid erhöles värden på ackumulerat utlakat vid L/S-kvoterna 2 l/kg och 10 l/kg. Principen för försöket är att en bestämd provmängd med kornstorleken < 4 mm skakas med en avjoniserat vatten i två steg. Skakapparaten, sk kallad "End-over-End" apparat, visas i Figur 7.1. Först sker en skakning i

6 timmar vid  $L/S = 2$  l/kg. Därefter sker en filtrering av lakvattnet och en fortsatt skakning i 18 timmar med nytt vatten vid  $L/S = 8$  l/kg. Efter filtrering av även detta vatten analyseras lakvattnen separat vid externt analyslaboratorium. Den ackumulerade  $L/S$ -kvoten blir 10.

Vissa material kan innehålla så pass mycket vatten att det inte är möjligt att laka dessa i två steg (exempelvis leran från Nödinge). I dessa fall utför man en enstegslakning enligt SS-EN 12457-2 där man lakar vid  $L/S = 10$  l/kg. Testtiden är 24 timmar, samma som den sammanlagda tiden blir för tvåstegstestet.



Figur 7.1. Skaktest vid  $L/S$  2 och  $L/S$  8.

### 7.2.3 Perkolationstest (kolonnförsök)

Perkolationstest används för att undersöka utlakningsförloppet på kort och medellång sikt. Testet ger information om hela utlakningsförloppet från första låga  $L/S$ -kvoten ( $L/S$  0,1) upp till  $L/S$  10. Detta test ger alltså, i motsats till skaktest, reell information avseende ett materials initiala lakbeteende. Detta test kan anses efterlikna processen då t ex regnvatten perkolerar genom materialet. Dock sker genomströmningen i labbtestet med avsevärt högre hastighet än vad som normalt kan uppkomma i fullskala utomhus.

Utförandet sker enligt SIS-CEN/TS 14405:2004. I detta fall packades materialet i en kolonn med diametern 5 cm (Figur 7.2). Materialet vattenmättades och fick sedan stå och ställa in sig i jämvikt. Vattenmättnad och lakning skedde genom att avjoniserat vatten sakta pumpades in från botten av kolonnen. Uttag av vatten skedde i översta delen av kolonnen vid  $L/S$  - kvoterna 0.1, 2 och 10. Lakvattnen filtrerades innan analys.



Figur 7. 2. Perkolationsstest - kolonner med diametern 5 cm.

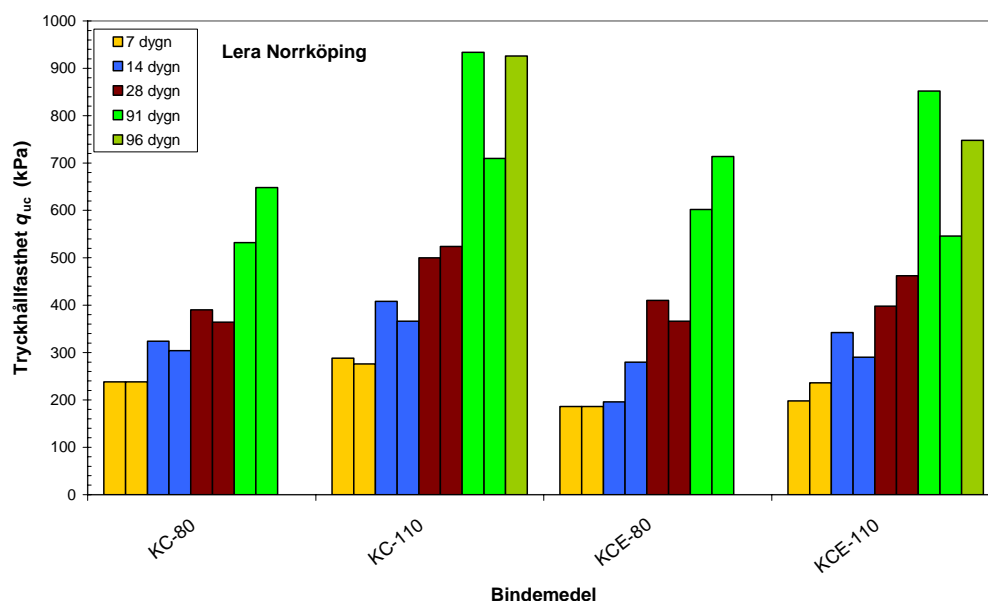
## 8 UTVÄRDERING AV RESULTAT

### 8.1 Materialtekniska egenskaper

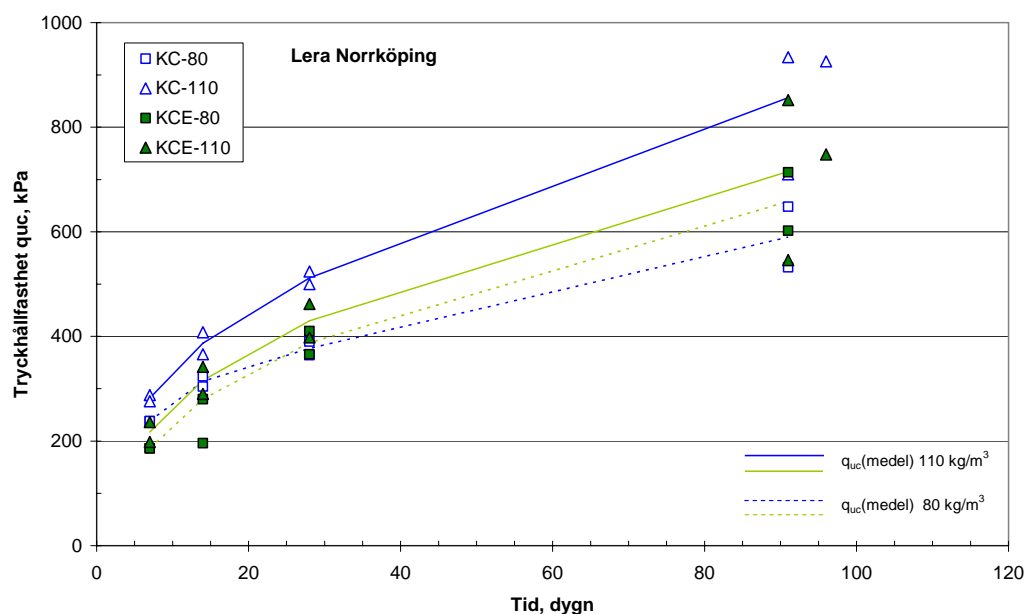
#### 8.1.1 Stabiliserad lera från Norrköping

Resultat av samtliga enaxliga tryckförsök samt bestämning av densitet och vattenkvot på stabiliserad Norrköpingslera har sammanställts i Bilaga B2. I följande används beteckningen KCE för blandningar med 33% av vardera kalk, cement och aska. Beteckningen KC används för blandningar med 50 % vardera av kalk och cement. Provningsarna har som standard utförts som dubbelprovning. Då ett par resultat avvek markant från vad som kunde förväntas vid provningen 91 dygn efter inblandning, indikerande mindre homogena prover, utfördes trippelprovning för två av blandningarna vid detta provningstillfälle. Uppmätt tryckhållfasthet vid de olika provningstillfällena visas i Figur 8.1 och 8.2. Resultaten visar att alla fyra bindemedlen har haft en god stabiliserande effekt i den aktuella jorden. Tryckhållfastheten hos de stabiliserade proverna är 200 kPa eller högre efter ca en vecka. Vid inblandning av den lägre mängden  $80 \text{ kg/m}^3$  är hållfastheten något lägre hos proverna som stabiliserats med KCE jämfört med de som stabiliserats med KC vid de två första provningstillfällena upp till 14 dygn efter inblandning. Vid 28 dygn är hållfastheten ungefär densamma för de två bindemedlen och vid 91 dygn är hållfastheten för KC-stabiliserade prover något lägre än den för KCE-stabiliserade prover. Vid inblandning av den högre mängden  $110 \text{ kg/m}^3$  är hållfastheten hos prover som stabiliserats med KCE genomgående i medeltal ca 80 à 85 % lägre än de som stabiliserats med KC.

Resultaten visade på att effekten är något lägre än den för kalk-cement vid användning av den större totala mängden bindemedel, medan den ger en något bättre långtidstillväxt i hållfasthet när en mer begränsad total mängd bindemedel används. En högre andel kalk i bindemedel ger normalt en högre hållfasthetstillväxt på lång sikt jämfört med cement.



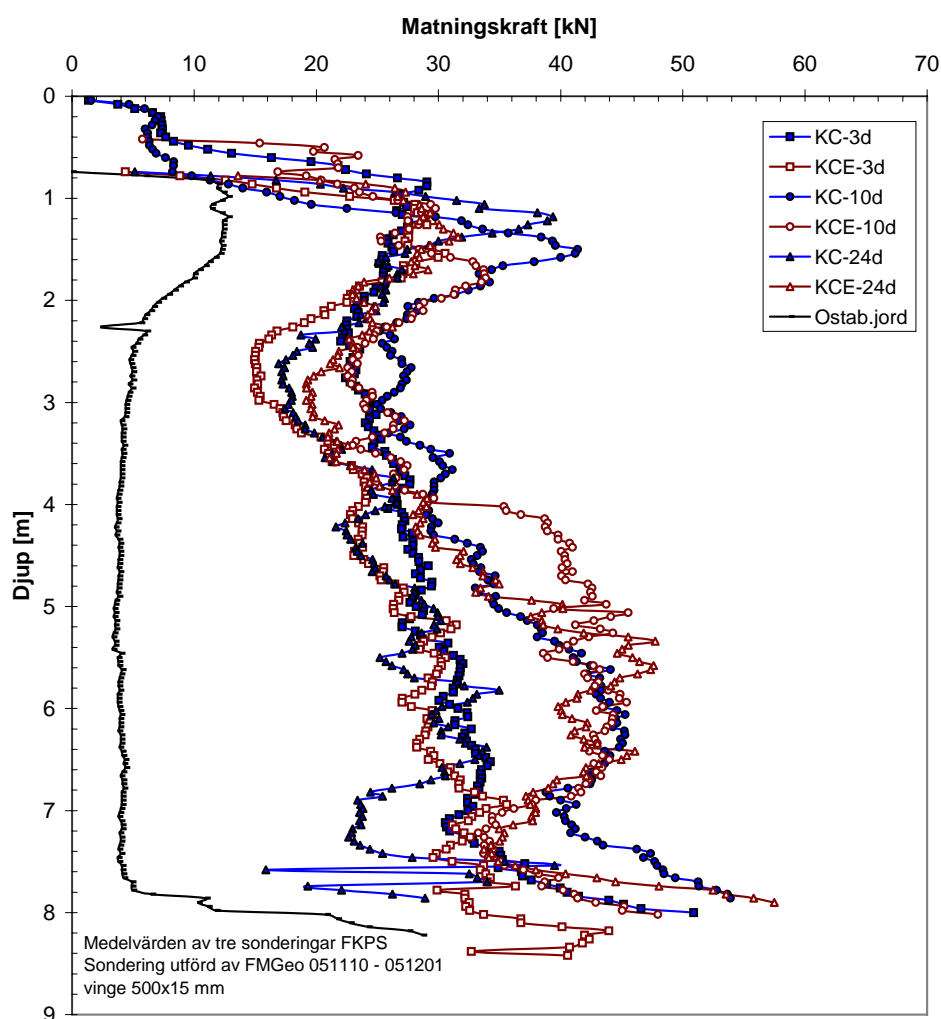
Figur 8.1. Uppmätt tryckhållfasthet i stabiliserad Norrköpingslera vid olika tid efter inblandning. Benämning, se tabell 7.2: KC-80 = kalk-cement 80 kg/m<sup>3</sup>.



Figur 8.2. Uppmätt hållfasthetstillväxt med tiden efter inblandning för stabiliserad Norrköpingslera. Benämning, se tabell 7.2: KC-80 = kalk-cement 80 kg/m<sup>3</sup>.

Resultat av utförd kontroll av provpelarna i Norrköping har erhållits från LCM. I Bilaga B4-5 visas sonderingsresultaten sammanställda av LCM för de olika provningstillfällena. I Figur 8.3 har medelvärden från de olika provningstillfällena sammanställts i ett diagram. Resultaten visar på viss spridning i hållfasthet mellan olika pelare av samma typ. Spridningen är dock ungefär lika stor för de två bindemedlen. I medeltal visar resultaten på en något lägre fasthet hos de KCE-stabiliserade pelarna än de KC stabiliserade

pelarna vid första provningstillfället 3 dygn efter installation. Vid provningstillfällena 10 dygn och 24 dygn efter installation är sonderingsmotståndet i medeltal ungefär detsamma för de två olika bindemedlen. Sonderingarna visar på en ökad hållfasthet i pelarna mellan 3 dygn och 10 dygn medan ungefär samma eller något lägre motstånd uppmätts vid 24 dygn jämfört med 10 dygn. Skillnaderna ligger dock inom vad som kan bedömas vara normal spridning i resultat och påverkas också av att utmatad mängd bindemedel i medeltal var något lägre i de pelare som provades efter 24 dygn. Resultaten av provningar i fält ger en relativt samstämmig bild med dem vid provning i laboratorium. En uppskattning av hållfasthet hos pelarna baserat på sonderingsresultaten indikerar dock en än högre hållfasthet i fält än på laboratorium.

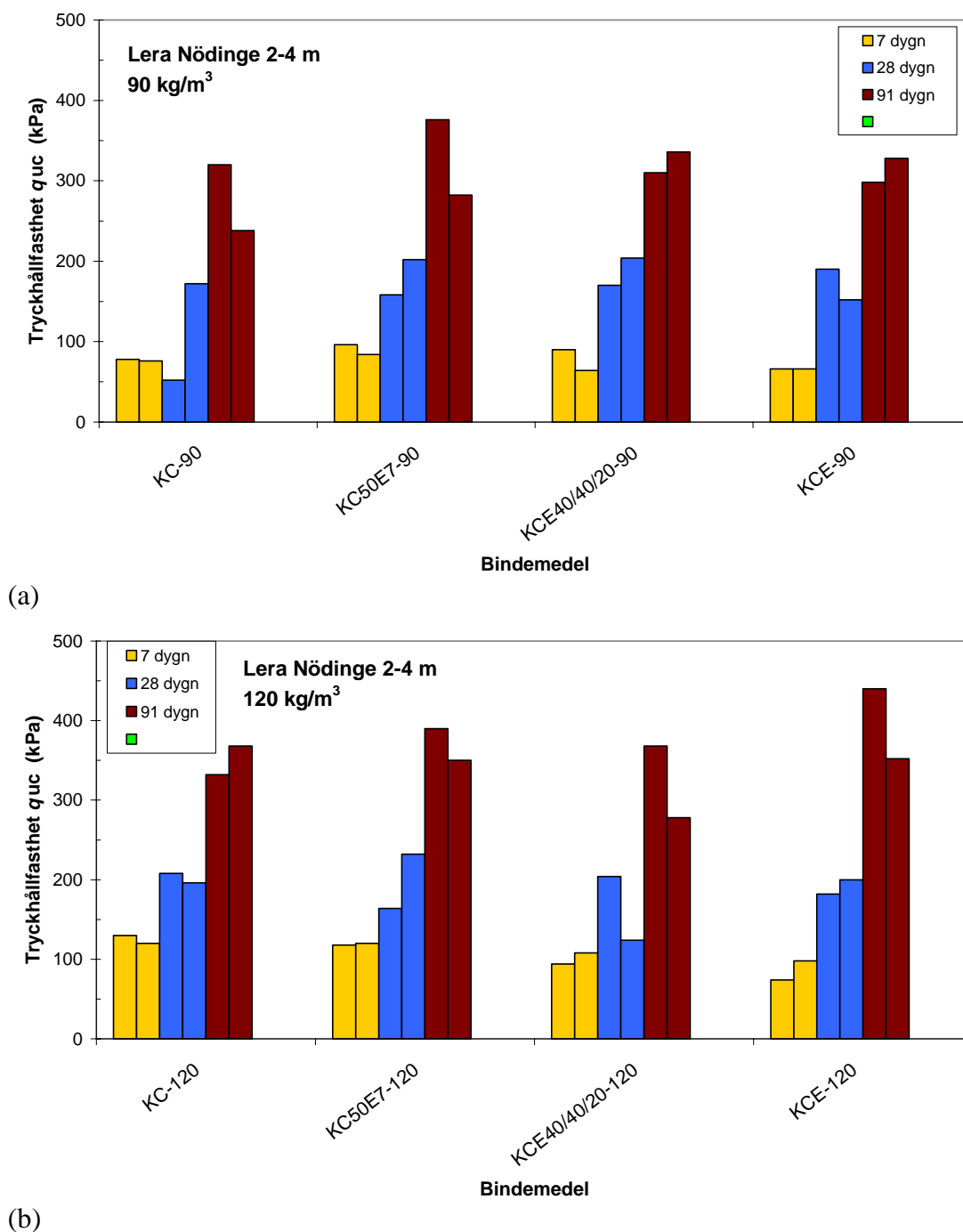


Figur 8.3. Resultat av pelarprovning vid RGS90, Norrköping. Medelvärden av sonderingsresultat 3 - 24 dygn efter pelarinstallation. Benämning, se tabell 7.2.

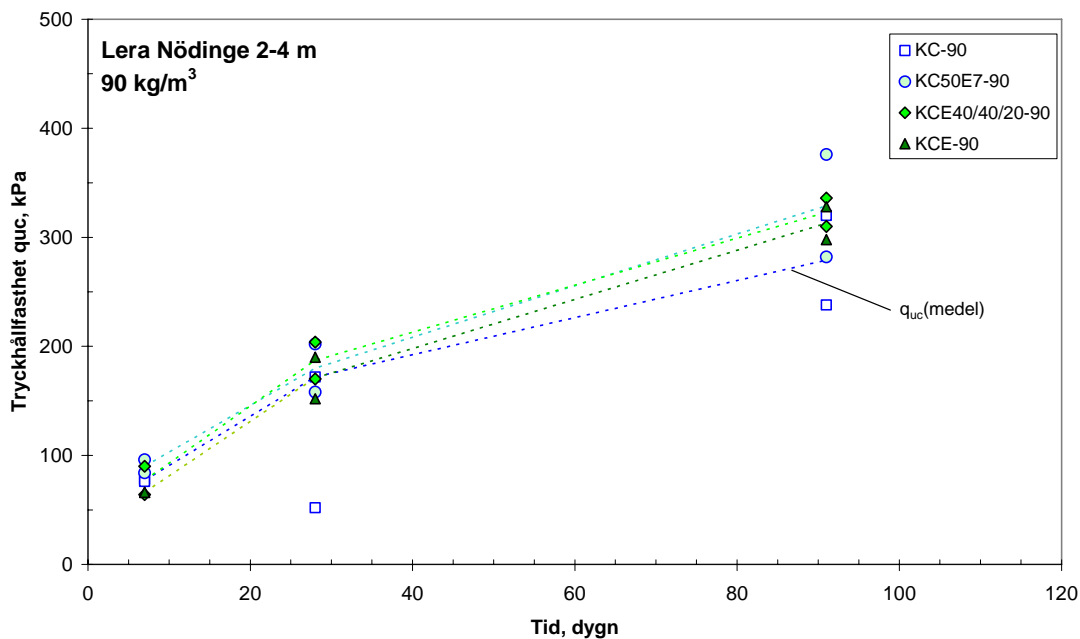
### 8.1.2 Stabiliserad lera från Nödinge

Resultat av hittills utförda undersökningar har sammanställts i Bilaga B3. Provningarna har utförts som dubbelprovning. Precis som för den stabiliserade Norrköpingsleran av-

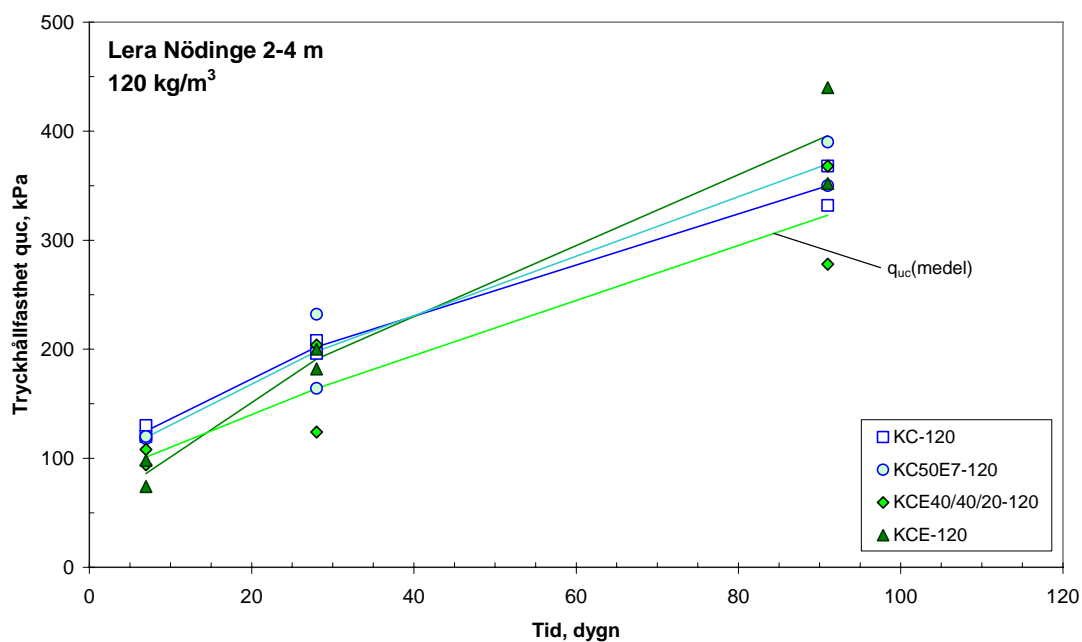
vek några resultat markant från övriga, indikerande mindre homogena prover. Vid tillverkning av prover i laboratoriet uppstår ibland håligheter/luftfickor i provkropparna vilket ger upphov till försvagningszoner. Detta kan ge markant lägre hållfasthet för vissa prover. Någon trippelprovning har i dessa fall inte utförts. Uppmätt tryckhållfasthet vid de olika provningstillfällena visas för det stabiliserade övre och undre jordlagret i Figur 8.4-8.5 respektive Figur 8.6-8.7.



Figur 8.4. Uppmätt tryckhållfasthet i stabiliserad jord från 2-4 m djup i Nödinge vid olika tid efter inblandning. Bindemedelsmängd (a) 90 kg/m<sup>3</sup> och (b) 120 kg/m<sup>3</sup>. Benämning, se tabell 7.2: KC-90 = kalk-cement 90 kg/m<sup>3</sup>.

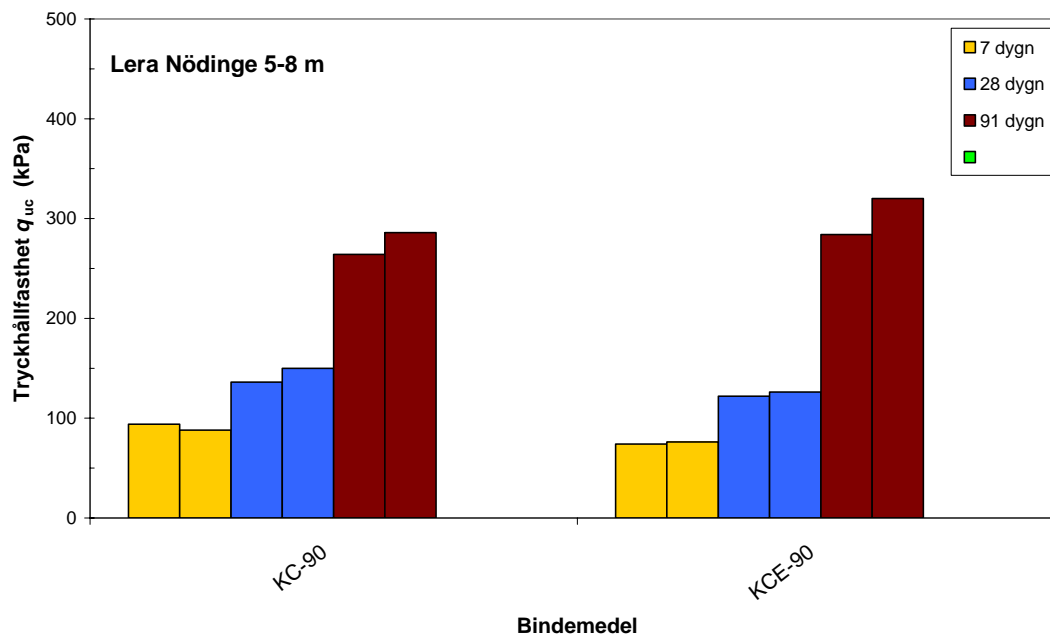


(a)

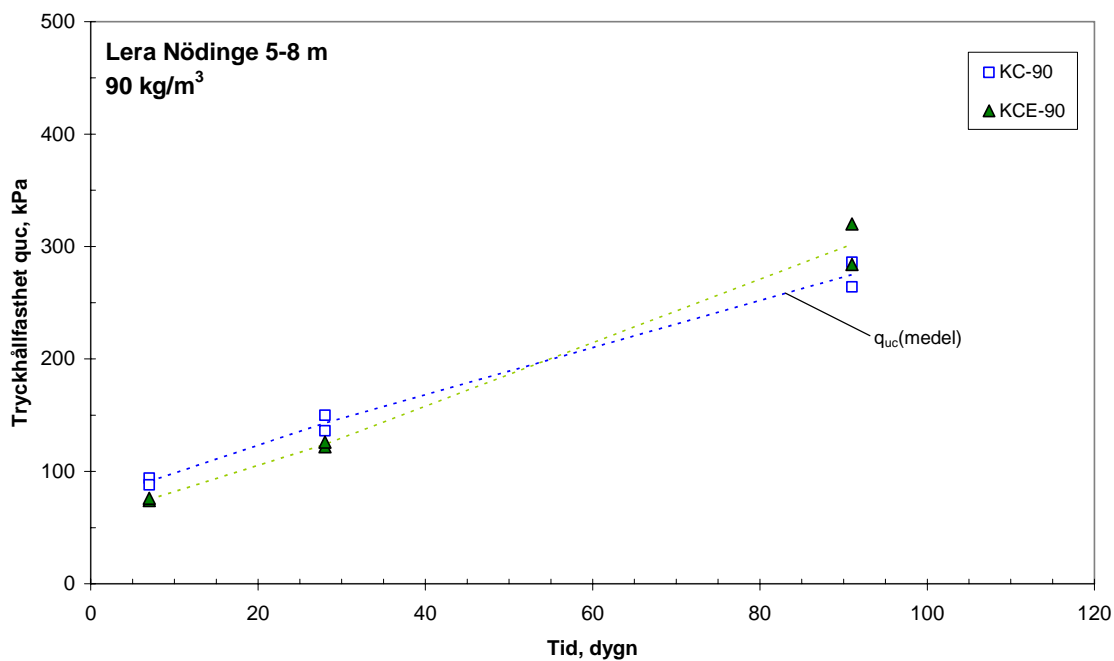


(b)

Figur 8.5. Uppmått hållfasthetstillväxt med tiden efter inblandning för stabiliserad jord från 2-4 m djup i Nödinge. Bindemedelsmängd (a) 90 kg/m<sup>3</sup> och (b) 120 kg/m<sup>3</sup>. Benämning, se tabell 7.2: KC-90 = kalk-cement 90 kg/m<sup>3</sup>.



Figur 8.6. Uppmätt tryckhållfasthet i stabiliserad jord från 5-8 m djup i Nödinge vid olika tid efter inblandning. Benämning, se tabell 7.2: KC-90 = kalk-cement 90 kg/m<sup>3</sup>.



Figur 8.7. Uppmätt hållfasthetstillväxt med tiden efter inblandning för stabiliserad jord från 5-8 m djup i Nödinge. Benämning, se tabell 7.2: KC-90 = kalk-cement 90 kg/m<sup>3</sup>.



Resultaten visar att de olika kombinationerna av kalk, cement och aska har alla en god stabiliserande effekt när de blandas med jorden från Nödinge. Uppmätta tryckhållfastheter, ca 70 till 120 kPa en vecka efter inblandning, är dock lägre än den hos stabiliserad Norrköpingslera. Nödingeleran har en högre vattenkvot vilket normalt ger en lägre hållfasthet vid inblandning av ungefär samma mängd och typ av bindemedel. Blandningar med en mindre mängd kalk utbytt mot aska gav en något högre hållfasthet än enbart kalk och cement vid inblandning av en mindre total mängd bindemedel och ungefär samma vid den större mängden. En större andel aska gav en något lägre hållfasthet vid de första provningstillfällena men något högre eller ungefär samma hållfasthet på längre sikt.

Uppmätta trender för hållfasthetstillväxt kan förväntas fortsätta gälla även på lång sikt, om än med en mer avtagande tillväxttakt med tiden. För kontroll av fortsatt tillväxt planeras provningar att utföras vid ytterligare ett tillfälle, ca ett år efter inblandning.

## 8.2 Miljötekniska egenskaper

Miljötekniska egenskaper har undersökts för de ingående materialen i stabiliseringen, för den naturliga jorden (lera) och för inblandningar av bindemedel i jord (lera). Råvarorna (aska, bränd kalk och cement i olika proportioner) till "Norrköping" och "Nödinge" har varit desamma, det som skiljer är leran från respektive plats.

### 8.2.1 Ingående material

De bindemedel som använts är bränd kalk, cement och aska. Totalhalt har tidigare bestämts för dessa och värdena redovisas i Tabell 8.1.

Askan från Lilla Edets pappersbruk är idag godkänd enligt Banverkets och Vägverkets kemikalieråd, se kapitel 3.3, baserad på totalhalter, se Tabell 8.1.

Tabell 8.1 Totalhalt av ingående bindemedel.

Material	Aska	Bränd kalk	Cement
Ort	Lilla Edet	Köping	Skövde
Produktnamn	Nordkalk Terra E	Nordkalk QL 0-0,1 KÖ	CEM II/A-LL 42,5 R
As mg/kg TS	3	2	5
Cd mg/kg TS	0,5	<0,2	0,1
Co mg/kg TS	5	2	15
Cr mg/kg TS	25	9	50
Cu mg/kg TS	167	4	20
Hg mg/kg TS	<0,05	<0,02	<0,05
Ni mg/kg TS	15	6	50
Pb mg/kg TS	22	1	15
S g/kg TS	3	0,3	15
V mg/kg TS	11	17	60
Zn mg/kg TS	195	20	40

### 8.2.2 Egenskaper hos jorden

För att utröna vad den befintliga jorden i Norrköping respektive Nödinge innehöll, så utfördes försök på enbart leran i respektive område. Båda lerorna har lakttestats, Norrköpingsleran i två steg vid L/S 2 och L/S 10 och Nödingeleran i ett steg vid L/S 10. Härvid framkom att inget av de undersökta ämnena i något av lakvattnen från lerorna översteg respektive gränsvärde för avfall till inert deponi gällande för respektive testade L/S (gränsvärde för L/S 2 är europeiskt, ej svenskt krav), Tabell 8.2. Enbart en liten mängd lakvatten kunde tekniskt genereras från försöken med Nödingeleran. En prioritering gjordes därför för att undersöka metaller, vilket innebär att lakegenskaperna hos fluorid, klorid och sulfat inte undersökts.

Tabell 8.2. Lakresultat för Norrköpingsleran vid L/S 2 och L/S 10 samt för Nödingeleran vid L/S 10.

		Gränsvärde inert avfall LS 2	LS 2 skak, Lera Nkpg	Gränsvärde inert avfall LS 10	LS 10 skak, Lera Nkpg	L/S 10 skak, Lera Nödinge
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Al			0,85		43,2	1,8
As	Arsenik	0,1	< 0,007	0,5	< 0,022	< 0,1
Ba	Barium	7	0,072	20	1,1	0,025
Ca			37,7		99	96,5
Cd	Kadmium	0,03	< 0,0002	0,04	< 0,0009	< 0,0005
Co			0,0007		0,04	0,007
Cr	Krom total	0,2	0,0022	0,5	0,046	0,011
Cr VI+					<	0,2
Cu	Koppar	0,9	0,006	2	0,19	0,044
Fe			1		47,2	0,19
Hg	Kvicksilver	0,003	< 0,00005	0,01	< 0,0003	< 0,0002
K			14,3		43,4	528
Mg			16,6		43,5	388
Mn			0,24		2,4	0,068
Mo	Molybden	0,3	0,025	0,5	0,03	0,54
Na			343		490	4960
Ni	Nickel	0,2	0,0027	0,4	0,073	0,037
Pb	Bly	0,2	0,002	0,5	0,13	0,011
S			25,3		48,6	623
Sb	Antimon	0,02	0,00075	0,06	0,0032	0,06
Se	Selen	0,06	0,00078	0,1	0,0025	0,02
Si			13,8		75,2	59,5
V			0,0037		0,12	
Zn	Zink	2	0,0074	4	0,35	0,041
DOC	DOC	240	7,8	500	52	
Fenolindex	Fenolindex	0,5	0,04	1	0,2	
F	Fluorid	4	1	10	6	
Cl	Klorid	550	461	800	430	
SO4	Sulfat	560	70	1000	140	
pH	pH		7,3		8,7	

Not: Gränsvärden för L/S 2: Enligt EU rådets beslut 19 december 2002, mottagningskriterier för inert avfall, ej krav enl. Naturvårdsverkets föreskrifter. Gränsvärde för L/S 10 enligt NFS 2004:10.

### 8.2.3 Egenskaper hos stabiliserade prover från Norrköping

Resultat från lakttester på stabiliserade prover från Norrköping redovisas i Tabell 8.3. I följande används beteckningen KCE för blandningar med 33% av vardera kalk, cement och aska. Beteckningen KC används för blandningar med 50 % vardera av kalk och cement.

Primärt görs här jämförelse mellan KC och KCE och i andra hand med gränsvärden för avfall till inert deponi. Detta på grund av att KC är en etablerad metod och att lakförsö-

ken är konservativa eftersom de utförs på krossat material, medan pelarna i verkligheten har en monolitisk struktur.

I Tabell 8.3 redovisas utlakade halter för de olika blandningarna vid L/S 0,1 ( $C_0$ ) både efter härdning i 7 dygn och efter härdning i 91 dygn. Skillnaden i utlakade halter mellan materialen är relativt liten. Med utgångspunkt från 7 dygns härdning och kritiska ämnen (med kritiska ämnen menas de som uppvisar halter över gränsvärde för avfall till inert deponi) fås, vid jämförelse med KC att KCE lakar ut något mer av krom och molybden och något mindre av klorid. Efter 91 dygns härdning är det istället KC som lakar ut något mer ut av krom och något mindre av klorid, relativt KCE.

Vid jämförelse av gränsvärden för avfall till inert deponi med utlakat från KC, härdat 7 dagar, överskreds gränsvärde vid L/S 0,1 ( $C_0$ ) av krom (2 ggr gränsvärde) och klorid (1,4 ggr gränsvärde).

Vid samma jämförelse av utlakat från KCE, härdat 7 dagar, med gränsvärde för avfall till inert deponi överskreds respektive gränsvärde vid L/S 0,1 ( $C_0$ ) av krom (3,7 ggr gränsvärde), molybden (1,4 ggr gränsvärde) och av klorid (1,3 ggr gränsvärde).

Enligt tillägg (NFS 2005:9) till NFS 2004:10 kan för enstaka ämnen dispens medges upp till tre gånger över motsvarande lakgränsvärde (förutsatt att materialet är ett avfall till deponi) men detta är kopplat till bevis att ett högre gränsvärde inte medför någon ytterligare risk för människors hälsa eller miljön (vid denna bedömning skall hänsyn tas till deponins beskaffenhet och lokalisering och dispensen skall avse specificerat avfall, t.ex. avfall från en viss process vid en utpekad anläggning eller förorenad jord från en viss geografisk plats). Här ska påpekas att lakförsöken inte speglar den verkliga utlakningen utan att lakförsöken är konservativa.

Vid jämförelse mellan de olika materialen (KC och KCE) som härdat 91 dagar med samma material som härdat 7 dagar, synes utlakningen öka med ökad härdningstid (Tabell 8.3). Denna ökning, speciellt för krom och molybden, är mest utpräglad för KC 50/50, vars halt av krom i lakvattnet vid L/S 0,1 ( $C_0$ ) överskred gränsvärdet för avfall till inert deponi med 7,7 ggr. Inblandning av aska synes alltså delvis motverka denna generella ökning av dessa kritiska ämnen. Kloridökningen var dock något större för KCE.

Vid jämförelse med gränsvärden för avfall till inert deponi visar resultaten vid L/S 0,1 ( $C_0$ ) att krom och molybden samt klorid överskrider respektive gränsvärde för inert avfall för KCE. Som redovisats ovan, så uppvisar askan i sig ingen tydlig hög utlakning av dessa ämnen vid L/S 0,1 (tabell 8.3).

Vidare framgår av resultaten att härdning under 91 dagar generellt genererar material som lakar ut mer av dessa ämnen upp till L/S 0,1 ( $C_0$ ), jämfört med material härdat i enbart 7 dagar. Högre utlakning vid L/S 0,1 innebär dock inte ått den totala ackumulerade utlakade mängden, som funktion av L/S, blir större. Längre härdningstid skulle kunna innebära att högre halter endast lakas ut initialt och därefter avtar snabbare med ökat L/S, jämfört med härdning i 7 dagar. Ökningstakten för den totalt ackumulerade utlakningen skulle alltså kunna bli lägre vid ökad härdning vid högre L/S. Kurvan skulle då alltså bli flackare. För att bli klargöra detta undersöktes ackumulerad utlakning upp till L/S 10.

Tabell 8.3. Utlakade halter vid L/S 0,1 (C<sub>0</sub>), dels från 7 dagars härdat material av KCE 33/33/33 och KC 50/50, dels från 91 dagars härdat material av KCE 33/33/33 och KC 50/50, dels från enbart aska "Lilla Edet", jämfört med gränsvärde för "Inert avfall" (NFS 2004:10).

		Gränsvärde C <sub>0</sub> , inert avfall	Kolonnför sök, C <sub>0</sub> KCE 33/33/33 7 Dagar	Kolonnför sök, C <sub>0</sub> KC 50/50 7 Dagar	Aska Lilla Edet, Kolonn C <sub>0</sub>	Kolonnför sök, C <sub>0</sub> KCE 33/33/33 91 Dagar	Kolonnför sök, C <sub>0</sub> KC 50/50 91 Dagar
	Ämne \ Enhet	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Al			6,89	7,06	0,127	9,83	11,4
As	Arsenik, mg/l	0,06	< 0,008	< 0,008	< 0,001	< 0,03	< 0,02
Ba	Barium, mg/l	4	0,022	0,025	8,71	0,04	0,026
Ca			73,3	45,8	715	194	88,7
Cd	Kadmium, mg/l	0,02	< 0,00008	< 0,00005	< 0,00005	< 0,0002	< 0,0001
Co			0,0013	0,0019	< 0,00005	0,0071	0,011
Cr	Krom total, mg/l	0,1	0,37	0,21	0,025	0,72	0,77
Cr VI+					0,03	0,56	0,55
Cu	Koppar, mg/l	0,6	0,13	0,15	< 0,001	0,35	0,49
Fe			0,22	0,69	< 0,004	0,29	0,7
Hg	Kvicksilver, mg/l	0,002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002
K			26,9	40,2	758	69,9	71,2
Mg			< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,1	< 0,09
Mn			< 0,00002	0,00084	< 0,0002	0,00063	0,00073
Mo	Molybden, mg/l	0,2	0,29	0,12	0,052	0,49	0,37
Na			561	865	126	906	974
Ni	Nickel, mg/l	0,12	0,0034	0,0066	< 0,0005	0,015	0,029
Pb	Bly, mg/l	0,15	< 0,0002	0,00035	0,0049	0,00068	0,00091
S			68,2	18,6	4,96	116	98,7
Sb	Antimon, mg/l	0,1	0,00033	0,00027	< 0,0001	0,00054	0,00065
Se	Selen, mg/l	0,04	0,01	0,0059	0,00038	0,04	0,032
Si			7,39	5,63	< 0,4	3,31	6,6
V			0,028	0,012			
Zn	Zink, mg/l	1,2	0,0045	0,024	0,0061	0,002	0,0022
Fenolindex	Fenolindex, mg/l				< 0,01		
Fluorid	Fluorid, mg/l	2,5	< 3	< 3	0,36	< 0,15	< 0,15
Klorid	Klorid, mg/l	460	606	640	23	1430	1130
Sulfat	Sulfat, mg/l	1500	233	122	11	305	244
DOC	DOC, mg/l	160	83	71	1,3	120	147
pH	pH		11,8	12	12,6	11	11,6

Tabell 8.4 redovisar ackumulerade utlakade mängder vid L/S 2 och L/S 10. Som framgår av tabellen samt av diagram 8.1 - diagram 8.4 sker inget trendbrott i ökningen av ackumulerade utlakade mängder som funktion av L/S. Relativt högre inledande (L/S 0,1 (C<sub>0</sub>)) halter ger också relativt högre ackumulerade utlakade mängder vid högre L/S (L/S 10). Därtill, härdningsprocessen mellan 7 dagar till 91 dagar synes generellt öka lakbarheten/mobiliteten av de aktuella ämnena. Den bakomliggande kem-fysikaliska orsaken är idag inte känd.

Generellt synes ökningen i ackumulerat utlakat av krom och klorid (diagram 8.1 –8.2.2) avta med stigande L/S. Vidare framgår att KCE, härdat 7 dygn, lakar ut marginellt mer av krom vid L/S 2, jämfört med KC, men att denna marginella skillnad är borta vid L/S 10. Ökningen i ackumulerat utlakat krom avtar mer från KCE än från KC 50/50.

Material härdade 91 dygn uppvisar det motsatta för krom. KC lakas mer ut vid L/S 2 än från KCE men denna lakning avtar mer för KC ju högre L/S som studeras (upp till L/S 10).

Tabell 8.4. Övre tabell: Ackumulerat utlakat vid L/S 2 med kolonn- och skaktest från materialen KCE 33/33/33, KC 50/50, i båda fallen härdade dels 7 dygn dels 91 dygn, samt Norrköpingsleran härdad 7 dygn. Undre tabell: Ackumulerat utlakat vid L/S 10 med kolonn- och skaktest från samma material angivna i den övre tabellen.

		Gränsvärde inert avfall LS 2 <sup>1)</sup>	LS 2 skak KCE 33/33/33 7 dagar	LS 2 kolonn KCE 33/33/33 7 dagar	LS 2 skak KC 50/50 7 dagar	LS 2 kolonn KC 50/50 7 dagar	LS 2 skak Lera Nkpg 7 dagar	LS 2 skak KCE 33/33/33 91 dagar	LS 2 skak KC 50/50 91 dagar	LS 2 kolonn KCE 33/33/33 91 dagar	LS 2 kolonn KC 50/50 91 dagar
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Cr	Krom total	0,2	0,3	0,29	0,1	0,2	0,0022	0,49	0,5	0,63	0,57
Mo	Molybden	0,3	0,19	0,2	0,06	0,11	0,025	0,27	0,18	0,33	0,2
Klorid	Klorid	550	364	368	262	320	461	461	321	544	436
pH	pH		11,9		12,3		7,3	11,3	11,6		

\*1) Gränsvärde L/S 2: Enligt EU rådets beslut 19 december 2002, mottagningskriterier för inert avfall, ej krav enl. Naturvårdsverkets föreskrift NFS 2004:10.

		Gränsvärde inert avfall LS 10 <sup>2)</sup>	LS 10 skak KCE 33/33/33 7 dagar	LS 10 kolonn KCE 33/33/33 7 dagar	LS 10 skak KC 50/50 7 dagar	LS 10 kolonn KC 50/50 7 dagar	LS 10 skak Lera Nkpg 7 dagar	LS 10 skak KCE 33/33/33 91 dagar	LS 10 skak KC 50/50 91 dagar	LS 10 kolonn KCE 33/33/33 91 dagar	LS 10 kolonn KC 50/50 91 dagar
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Cr	Krom total	0,5	0,5	0,5	0,42	0,54	0,046	0,66	0,66	0,8	0,78
Mo	Molybden	0,5	0,35	0,28	0,2	0,21	0,03	0,35	0,23	0,4	0,3
Klorid	Klorid	800	540	460	450	460	430	530	420	600	500
pH	pH						8,7	11,5	11,7		

\*2) Naturvårdsverkets föreskrift NFS 2004:10.

Sammantaget fås att det inte föreligger någon markant skillnad i lakegenskaper mellan KC och KCE. Dock erhålls en markant ökad utlakning då materialen härdats 91 dygn, jämfört med härdning i enbart 7 dygn.

Diagram 8.1-8.2. Ackumulerat utlakat upp till L/S 10 av krom från KCE 33/33/33 härdat 7 dygn resp. 91 dygn (övre resp. undre diagrammet), samt från KC 50/50 härdat 7 dygn resp. 91 dygn (övre resp. undre diagrammet), i båda fallen med "Norrköpingslera"

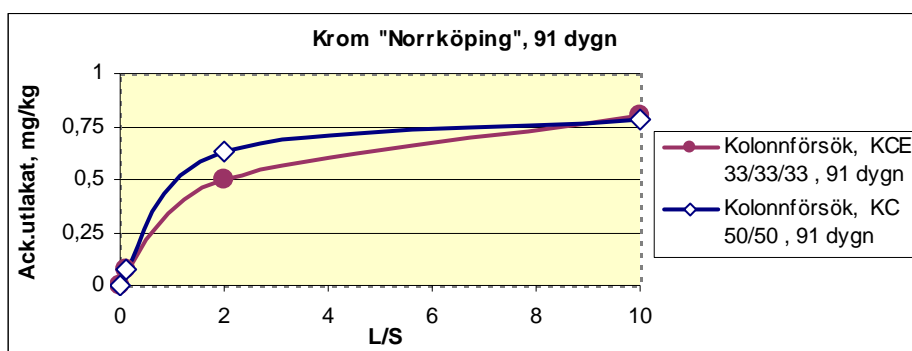
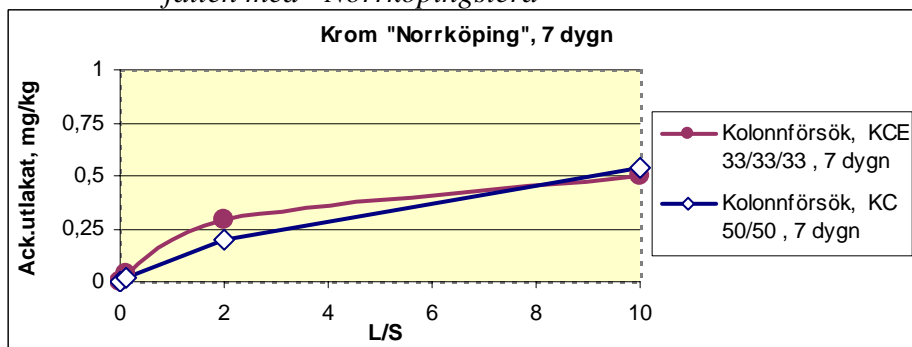
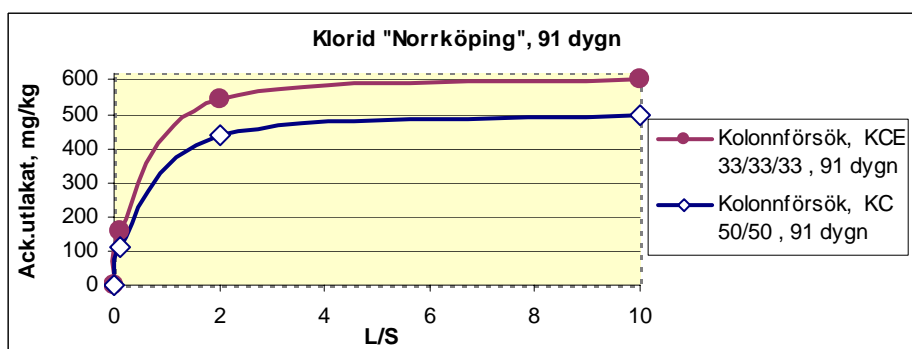
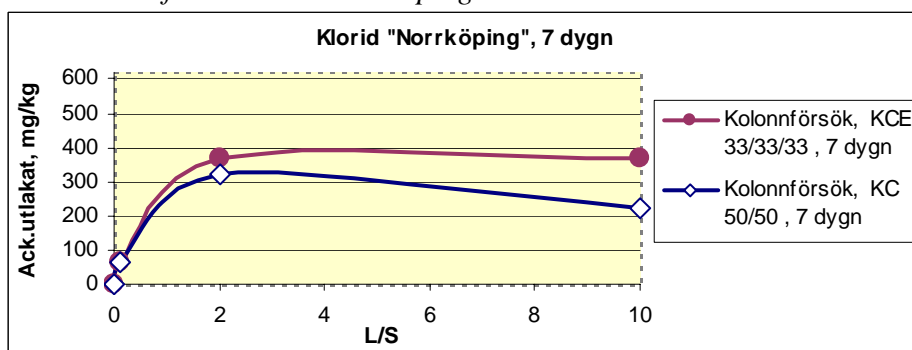


Diagram 8.3-8.2.4. Ackumulerat utlakat upp till L/S 10 av klorid från KCE 33/33/33 härdat 7 dygn resp. 91 dygn (övre resp. undre diagrammet), samt från KC 50/50 härdat 7 dygn resp. 91 dygn (övre resp. undre diagrammet), i båda fallen med "Norrköpingslera".



Not. Orsak till att ackumulerat utlakat klorid avtar mellan L/S 2 – L/S 10 för KC 50/50, 7 dygn, är okänd. Hypotetisk orsak: olika jämviktsförhållanden mellan löst och fast material under delskakningarna.

#### 8.2.4 Egenskaper hos stabiliserade prover från Nödinge

Stabiliserade prover från Nödinge har inte testats vid högre L/S än L/S 0,1 ( $C_0$ ). Eftersom lakkurvor normalt avtar med ökat L/S kan gränsvärden för L/S 0,1 anses vara ”stängare” krav än gränsvärden för högre L/S. Om ett materials utlakade halter vid L/S 0,1 understiger motsvarande gränsvärden bör materialet överslagsmässigt även klara gränsvärdena för högre L/S. Dock, om aktuella material skulle avses vara avfall till deponi skulle även lakvärden för högre L/S krävas enligt NFS 2004:10. Föreliggande material är dock inte avsedda att deponeras.

Lakresultat redovisas i tabell 8.5. Av tabellen framgår att det främst är klorid, men också nickel och molybden, som överskrider gränsvärdet för inert avfall. Någon markant skillnad mellan lakbeteendet hos materialen KCE och KC föreligger inte för dessa ämnen. Bortsett från kloridutlakningen överskrider den maximalt utlakade halten av nickel och molybden knappt tre ggr motsvarande gränsvärde för avfall till inert deponi. För klorid överskrids riktvärdet med 7-9 ggr. Jämfört med material där leran kom från Norrköping (se ovan) lakar samma inblandning i leran från Nödinge, ut 3-7 ggr mer av klorid vid L/S 0,1. Hypotetiskt är orsaken att Nödingeleran härstammar från västkusten med potentiellt högre haltinnehåll av mobilt klorid (avlagrat saltvatten).

Tabell 8.5. Utlakade halter vid L/S 0,1 ( $C_0$ ) från KCE 33/33/33-90  $kg/m^3$ , KC 50/50-90  $kg/m^3$ , KC 50E/50-90  $kg/m^3$  samt lera (”Nödinge”), jämfört med gränsvärde för ”Inert avfall” (NFS 2004:10).

		Gränsvärde $C_0$ , inert avfall 1/	Kolonn, $C_0$ , KCE- 33-90 7 Dagar	Kolonn, $C_0$ , KC- 90 (50/50) 7 Dagar	Kolonn, $C_0$ , KC 50e 7-90 (43/50/7) 7 Dagar	Skak, $C_0$ , Lera Nödinge
	Ämne \ Enhet	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Al			2,81	1,26	1,32	0,18
As	Arsenik, mg/l	0,06	< 0,04	< 0,04	0,03	< 0,01
Ba	Barium, mg/l	4	0,024	0,028	0,026	0,0025
Ca			264	206	219	9,65
Cd	Kadmium, mg/l	0,02	< 0,0002	< 0,0001	0,0001	< 0,00005
Co			0,02	0,021	0,022	0,0007
Cr	Krom total, mg/l	0,1	0,0019	0,017	0,0023	0,0011
Cr VI+			< 0,025	< 0,025		< 0,02
Cu	Koppar, mg/l	0,6	0,24	0,18	0,18	0,0044
Fe			0,14	0,37	0,228	0,019
Hg	Kvicksilver, mg/l	0,002	< 0,00002	< 0,00002	0,00002	< 0,00002
K			159	175	190	52,8
Mg			< 0,9	< 0,09	0,9	38,8
Mn			< 0,0002	0,002	0,00032	0,0068
Mo	Molybden, mg/l	0,2	0,52	0,39	0,42	0,054
Na			2590	2310	2520	496
Ni	Nickel, mg/l	0,12	0,3	0,31	0,34	0,0037
Pb	Bly, mg/l	0,15	< 0,00067	0,001	0,0014	0,0011
S			100	85,1	63,9	62,3
Sb	Antimon, mg/l	0,1	0,001	0,0016	0,00082	0,006
Se	Selen, mg/l	0,04	0,005	0,0043	0,0038	0,002
Si			5,15	3,74	4,22	5,95
V						
Zn	Zink, mg/l	1,2	0,0028	0,009	0,0055	0,0041
Fenolindex	Fenolindex, mg/l					
Fluorid	Fluorid, mg/l	2,5	< 0,75	< 1,5	0,75	
Klorid	Klorid, mg/l	460	4333	3308	4152	
Sulfat	Sulfat, mg/l	1500	190	133	111	
DOC	DOC, mg/l	160	156		131	
pH	pH		11,7	11,9	12	

## 9 SLUTSATSER

Resultaten indikerar i huvudsak följande:

- Askan bidrar till en betydande stabiliserande effekt i de aktuella jordarna, tillsammans med bränd kalk och cement.
- Utbyte av bränd kalk med 7 % aska ger en total aktiv CaO-halt fortsatt över de 80 % som normalt föreskrivs för bränd kalk. Vid stabilisering av Nödingeleran gav denna blandning ungefär samma eller något högre hållfasthet än enbart kalk och cement i lika proportion.
- Användning av kombinationer av bränd kalk, cement och aska i lika proportion gav genomgående något lägre hållfasthet den första veckan eller veckorna efter inblandning, men något högre hållfasthet på längre sikt vid användning av den mindre mängden bindemedel 80-90 kg/m<sup>3</sup>. En större andelen aska gav något högre hållfasthet i Nödingeleran också vid en större total tillsatt mängd av 120 kg/m<sup>3</sup>, men ej i Norrköpingsleran under den undersökta tidsperioden.
- Stabilisering av leran i fält i Norrköping gav en samstämmig bild med den i laborieförsöken rörande effekten av de olika kombinationerna bindemedel.
- Lakegenskaperna mellan KC och KCE vid L/S 10 är relativt likvärdiga där vissa ämnen lakar ut mer för KC medan andra lakar ut mer för KCE, t ex klorid i stabiliserade prov från Norrköping som härdat 91 dygn där KCE lakar ut mer än KC. L/S 10 bedöms motsvara ett mycket långt tidsperspektiv för pelare installerade i lera.
- Inblandning med blandningar av KC eller KCE i lera synes generera högre utlakade halter och ackumulerade utlakade mängder av valda ämnen, jämfört med lakning av enbart aska eller enbart lera.
- Vid jämförelse av utlakade mängder från prover med KCE i Norrköpingslera, härdat i 7 dygn, med gränsvärde för avfall till inert deponi överskrids enstaka gränsvärden vid L/S 0,1 (C<sub>0</sub>). Krom står för det största överskridandet med 3,7 ggr gränsvärdet. Utlakat från KC vid samma förutsättningar ger att utlakningen av krom är 2 ggr gränsvärdet. Enligt tillägg (NFS 2005:9) till NFS 2004:10 kan för enstaka ämnen dispens medges upp till tre gånger över motsvarande lakgränsvärde. Eftersom lakförsöken är konservativa för stabilisering med pelare i lera, så bedöms preliminärt för de verkliga förhållandena i fält situationen inte överskrida dessa gränsvärden.
- Generellt synes ökningen i ackumulerat utlakat avta med stigande L/S för de testade blandningarna med Norrköpingsleran.
- Jämförelser mellan KCE och KC som härdat 91 dygn med samma blandning som härdat 7 dygn, i båda fallen med material baserat på leran från Norrköping, visade på ökad utlakningen med ökad härdningstid, vilket inte var förväntat. Ökningen är störst för KC, 91 dygn, vars halt av krom i lakvattnet vid L/S 0,1 överskred gränsvärdet för avfall till inert deponi med 7,7 ggr.



- Leran i sig synes ha signifikant påverkan på utlakade halter och mängder. Inblandning i lera från Nödinge ("västkustlera") gav avsevärt större utlakning av klorider och något större utlakning av nickeljämfört med inblandning i lera från Norrköping ("inlandslera"). Däremot erhålls en mycket markant mindre utlakning av krom vid inblandning i Nödingeleran, jämfört med Norrköpingsleran. Krom brukar huvudsakligen föreligga antingen som Cr III eller Cr VI. Dessa har olika mobilitet/lakbarhet i sig och vid olika pH. Det är oklart hur denna fördelning var i de olika lerorna. Hypotetiskt förelåg därtill nickel i olika pH-beroende lakbara halter i de två lerorna. Observera att leran i sig inte lakade ut halter över gränsvärdena för avfall till inert deponi. Men tillsats av bindemedel förändrade pH. Därmed kan lakbarheten av metaller i de olika lerorna ha förändrats. Vad gäller klorid är dess lakbarhet främst en funktion av dess totalhalt. Sannolikt var kloridhalten högre i Nödingeleran än i Norrköpingsleran (västkustlera har potential att innehålla högre kloridhalt, jämfört med lera från inlandet). Detta kan i så fall ha orsakat den högre utlakningen av klorid från Nödingeleran. Det synes alltså ur miljösynpunkt vara betydelsefullt i vilken lera pelare produceras.
- 
- *Sammanfattningsvis* bedöms KCE materialtekniskt och miljömässigt kunna uppnå tillräcklig hållfasthet och ha ett likartat lakbeteende som det etablerade bindemedlet KC. Både hållfasthets- och lakegenskaper är beroende av aktuell jordart. Dimensionering med KCE bör utföras på motsvarande sätt som för KC med inblandningsförsök i laboratorium som sedan verifieras i full skala i det aktuella objektet.

### Kommentarer till slutsatserna

Lakttest på nedkrossat material som normalt är i form av monolit, bör betraktas som värstascenario utifrån deponi/lakningssynpunkt. Vid djupstabilisering av jord genereras i fullskalan stora monolitiska pelare eller block i marken. Dessa pelare har avsevärt mindre lakyta/volym-enhet, jämfört med de krossade material som används i lakttesterna. Generellt sett föreligger avsevärt större lakpotential om material lakas i nykrossad form, än i monolitisk form. Emellertid, föreliggande tester utfördes på krossat material för att dels kunna genomföra standardiserad lakning i labbskala, dels för att kunna jämföra med svenska riktvärden för lakvatten från inert material (det finns ännu inte några svenska riktvärden för monolitiska strukturer). Lakresultaten bör härav bedömas vara konservativa, dvs de bedöms avspegla högre halter och ackumulerade utlakade mängder, än vad som kan antas förekomma i fullskalan i fält. Därtill produceras pelarna i lera. Om man förutsätter att denna är homogen och inte av t ex typen torrskorpelera eller annat med konduktiva skikt, sker vid låga hydrauliska gradienter en mycket långsam spridning till omgivning av utlakade ämnen (mycket lågt L/S per tidsenhet). Under dessa förhållanden bör uppkommet L/S per år härav motsvara avsevärt lägre värde än L/S 0,1. Detta innebär att det tar lång till mycket lång tid innan L/S 2 uppnås i full skala och därmed också de ackumulerade mängder som här redovisas motsvara L/S 2.

Orsak till att inblandningarna ökar sin utlakning efter 91 dygns härdning, jämfört med 7 dygns härdning, av bl a de metaller som redan vid härdning efter 7 dygn lakades ut i halter över gränsvärde för avfall till inert deponi, är okänd. Härmed är det även okänt hur lång tid efter 91 dygn som härdningen behöver ta innan ökningen avstannar. Det här är en fråga som gäller för såväl stabilisering med enbart kalk och cement som med tillsats av aska.

## REFERENSER

- Carlsten, P. (2000). Kalk- och kalkcementpelare. Vägledning för planering, utförande och kontroll. Svenska Geotekniska Föreningen Rapport 2:2000.
- Dahlström, M. och Nilsson, B. (2005). Rv44 Väne-Ryr. PM – Utvärdering av KC-pelare installerade med olika bindemedel. LCM PM 2005-07-08.
- NFS 2004:10. Naturvårdsverkets föreskrifter om deponering, kriterier och förfaranden för mottagning av avfall vid anläggningar för deponering av avfall.
- NFS 2005:9. Ändringar i föreskrifter 2004:10.
- Nilsson, L (2005). Statistisk analys av kalkcementpelares vertikala korrelationsstruktur. Luleå tekniska universitet. Geoteknik. Examensarbete 2005:231.
- Rogbeck J. (2001). Aska från förbränning av fiberslam. Utredning av Envipro miljöteknik AB (L01051), uppdrag åt SCA Edet Bruk.
- Rogbeck J., Pascal Suèr P., Elander P., (2004). Aska från förbränning av fiberslam. Materialtekniska och miljömässiga egenskaper. SGI rapport Dnr 2-0406-0384, uppdrag åt SCA Edet Bruk.
- Rydberg, T. och Andersson, R. (2003). Miljöeffektbedömning (LCA) för markstabilisering (2003). Svensk Djupstabilisering Rapport 11.
- SD (2006). Stabilisering av jord genom inblandning av bindemedel – Vägledning. Svensk Djupstabilisering Rapport. Koncept 2006.
- SIS-CEN/TS 14405:2004. Karaktärisering av avfall- Bestämning av lakegenskaper - Uppströms perkolationstest (under bestämda förhållande)
- SS-EN 12457-2. Karaktärisering av avfall - Lakttest-Kontrolltest för utlakning från granulära material och slam-. Del 2: Enstegs skaktest vid L/S 10 l/kg för material med partikelstorlek mindre än 4 mm ( utan eller med nedkrossning)
- SS-EN 12457-3. Karaktärisering av avfall - Lakttest -Kontrolltest för utlakning från granulära material och slam. Del 3: Tvåstegs skaktest vid L/S 2 l/kg och 8 l/kg för material med hög fastfashalt och med partikelstorlek mindre än 4 mm ( utan eller med nedkrossning)

**BILAGA A**

**Produktblad Nordkalk Terra E**



# Nordkalk Terra™ E



September 2006

Produkt: Osläckt kalk, CaO  
Kornstorlek 0-0,5 mm

Tillverkningsort: Lilla Edet

## Typisk kemisk sammansättning

Riktvärde, M och standardavvikelse, s angivna i %

Metod: XRF

	<u>M</u>	<u>s</u>		<u>M</u>	<u>s</u>
CaO	54,0	2,2	K <sub>2</sub> O	0,6	0,2
SiO <sub>2</sub>	21,0	1,7	P	0,1	0,05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,3	1,1	Glödförlust 950°C	6,0	1,2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,2	0,8	Rest- CO <sub>2</sub>	5,4	0,5
MgO	1,4	0,9	Svavel	0,3	0,15
Na <sub>2</sub> O	0,3	0,1	Aktiv CaO (Metod: SS-EN 459-2)	30,0	1,8

## Reaktivitet

Riktvärden t60 /Tmax -

Metod: DIN 1060

Produkten utvecklar värme i kontakt med vatten

## Partikelstorlek

Riktvärde, M och standardavvikelse, s angivna i %

Metod: luftstrålesikt - Alpin

	<u>M</u>	<u>s</u>		<u>M</u>	<u>s</u>
< 0,063 mm	57	5	< 0,5 mm	99	0,4
< 0,125 mm	76	5	< 1,0 mm	99,5	0,2
< 0,250 mm	92	5			

## Spårämnen

Riktvärde, M och standardavvikelse, s angivna i mg/kg

Metod: SFS 3044

	<u>M</u>	<u>s</u>		<u>M</u>
Cd	0,5	0,2	Ni	15
Co	5		Pb	22
Cr	25		V	11
Cu	167		Zn	195
Hg	<0,05			

## Övrigt

Flytbarhet 40 +/- 10%

Volymvikt kg/dm<sup>3</sup> 0,7 +/- 0,1 t/m<sup>3</sup>

Värden baserade på 12 månaders medelvärden. Den dubbla standardavvikelsen, 2s, för dessa värden anger de gränser som 95% av analysresultaten hamnar inom. Samtlig teknisk data är medelvärden avsedda att vara till hjälp för förbrukaren. De lämnas utan förbindelse

Tillverkning och försäljning:  
Nordkalk AB  
Box 901, Nya Hamnvägen  
731 29 Köping  
tel. 0221-292 00  
fax 0221-128 71

Försäljning:  
Nordkalk AB  
Lundavägen 151  
212 24 Malmö  
tel. 040-43 89 00  
fax 040-43 69 05

Nordkalk AB  
Box 544, Kungsgatan 74  
101 30 Stockholm  
tel. 08-677 53 00  
fax 08 100 145



**BILAGA B**

**Sammanställningar av  
laboratorieundersökningar  
och pelarprovningar**





**RAPPORT**
 utfärdad av ackrediterat laboratorium  
 REPORT is issued by an Accredited Laboratory
**SAMMANSTÄLLNING AV LABORATORIEUNDERSÖKNINGAR**

<b>Beställare:</b> Helen Åhnberg SGI							
<b>Kce-stabilisering av jord, RGS 90</b>						Tabell	1(1)
<b>Undersökningar på naturlig jord</b>						Dnr	2-0510-0667
Ankomstdatum	Provtagningsredskap	Laboratorieundersökning		Utförd av		Datum	051108
051102	Kv	051103-051108		O.A. IMK		Teknisk ledare	<i>Inga-Mari Kallberg</i>
Sektion/ Borrhål/ Djup	Benämning enligt "Jordarternas indelning och benämning", Geotekniska laboratorieanvisningar del 2. 1981 års system <sup>1)</sup>	2) Densitet $\rho$ t/m <sup>3</sup>	3) Vattenkvot w %	4) Konflytgräns w <sub>L</sub> %	5) Sensitivitet S <sub>t</sub>	5) Skjuvhållfasthet $\tau$ kPa	Jordartsbenämning (Anmärkning)
<b>(Bh A)</b>							
2	GRÅ, NÅGOT GYTTJIG LERA MED TUNNA SILTSKIKT, ROSTFLÄCKIG	1,71	57	87			(gy) Le (si)
2,5(Bh B)		1,61					Mellanburk
3	BRUNGRÅ, VARVIG LERA MED TUNNA SILTSKIKT, ROSTFLÄCKIG	1,60	70	70			v Le (si)
4	BRUNGRÅ, VARVIG LERA MED TUNNA SILTSKIKT	1,64	68	67			v Le (si)
5	BRUNGRÅ, VARVIG LERA MED SILTSKIKT (ÖB: TÄTA SKIKT)	1,68	61	58			v Le <u>si</u>
6	GRÅ, VARVIG LERA MED TÄTA SILTSKIKT	1,77	45	41			v Le <u>si</u>
7	GRÅ, VARVIG LERA MED SILTSKIKT	1,72	51	51			v Le <u>si</u>
7,9	GRÅ, VARVIG SILT MED TUNNA LERSKIKT	2,14	18	18			v Si ( <u>le</u> )

1) Baserad på okulär jordartsklassificering. Hänsyn har tagits till förekommande mätdata.

R 1 2005-06-01

2) Skrymdensitet SS 027114, Utgåva 2

3) Vattenkvot SS 027116, Utgåva 3

4) Konflytgräns SS 027120, Utgåva 2

5) Skjuvhållfasthet bestämd med konmetoden. SS027125, Utgåva 1. Okorrigerat värde. Korrigering rekommenderas enligt SGI Information 3.

Mätosäkerhet och mätområde för våra metoder redovisas på vår hemsida, www.swedgeo.se

Ackrediterat laboratorium utses av Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll (SWEDAC) enligt lag. Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte SWEDAC och utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten gäller enbart för de provade materialen.



**KEMISKT STABILISERAD JORD**

Referens: SGI, egna anvisningar. Dokument nr 29

Beställare: Nordkalk										
Lera -Norrköping								Tabell		1(2)
								Dnr		2-0510-0667
Datum för inblandning		Provdiameter (mm)		Laboratorieundersökning		Datum		Datum		2006-02-15
051110		50		051117-060214		O.A		Utförd av		Teknisk ledare <i>Inga-Mai Kaller</i>
Blandning	Tillsatsmedel			Tid efter inblandning dygn	Lagringstemperatur °C	Densitet $\rho$ t/m <sup>3</sup>	Vattenkvot w %	Konflytgräns w <sub>L</sub> %	Skjuvhållfasthet Enaxliga tryckförsök $\tau_{fu}$ kPa	Anmärkning
	Mängd stab.-medel kg/m <sup>3</sup>	Proportioner								
		Kalk %	Cement %							
<b>BL 1A</b>										
Prov 1	80	50	50	7	ca+7	1,63	66 <sup>1</sup> 57		119	
Prov 2	80	50	50	7	ca+7	1,62			119	
Prov 3	80	50	50	14	ca+7	1,61	56		162	
Prov 4	80	50	50	14	ca+7	1,60			152	
Prov 5	80	50	50	28	ca+7	1,60	56		195	
Prov 6	80	50	50	28	ca+7	1,62			182	
Prov 7	80	50	50	91	ca+7	1,57	54		266	
Prov 8	80	50	50	91	ca+7	1,59			324	
<b>BL 1B</b>										
Prov 10	110	50	50	7	ca+7	1,63	54		144	
Prov 11	110	50	50	7	ca+7	1,64			138	
Prov 12	110	50	50	14	ca+7	1,64	54		204	
Prov 13	110	50	50	14	ca+7	1,65			183	
Prov 14	110	50	50	28	ca+7	1,64	54		250	
Prov 15	110	50	50	28	ca+7	1,64			262	
Prov 16	110	50	50	91	ca+7	1,62	54		467	
Prov 17	110	50	50	91	ca+7	1,60			335	
Prov 18	110	50	50	96	ca+7	1,66	53		463	

1) Blandningens vattenkvot före inblandning av stabiliseringsmedel.

2) Skrymdensitet, SS 027114, utgåva 2

3) Vattenkvot, SS 027116, utgåva 3

4) Konflytgräns, SS 027120, utgåva 2

5) Enaxliga tryckförsök, SS 027128, utgåva 1

Mätosäkerhet och mätområde för våra metoder redovisas på vår hemsida, www.swedgeo.se

 Blandning: 1A Bh A,B,C Djup 2,5-5,0 m  
 Blandning: 1B Bh A,B,C Djup 2,5-5,0 m

R7 2005-06-01

Ackrediterat laboratorium utses av Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll (SWEDAC) enligt lag. Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte SWEDAC och utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten gäller enbart för de provade materialen.

**RAPPORT**
 utfärdad av ackrediterat laboratorium  
 REPORT is issued by an Accredited Laboratory
**KEMISKT STABILISERAD JORD**

Referens: SGI, egna anvisningar. Dokument nr 29

<b>Beställare:</b> Nordkalk											
<b>Lera - Norrköping</b>								Tabell		2(2)	
								Dnr		2-0510-0667	
Datum för inblandning		Provdiameter (mm)			Laboratorieundersökning			Datum		2006-02-15	
051110		50			Datum			Utförd av		051117-060214 O.A	
								Teknisk ledare		Inga-Maj Kalle	
Blandning	Tillsatsmedel				Tid efter inblandning dygn	Lagringstemperatur °C	2) Densitet $\rho$ t/m <sup>3</sup>	3) Vattenkvot w %	4) Konflytgräns w <sub>L</sub> %	5) Skjuvhållfasthet Enaxliga tryckförsök $\tau_{fu}$ kPa	Anmärkning
	Mängd stab.-medel kg/m <sup>3</sup>	Proportioner									
	Aska (Lilla Edet)	Kalk %	Cement %								
<b>BL 1C</b>											
Prov 19	80	33	33	33	7	ca+7	1,62	57		93	
Prov 20	80	33	33	33	7	ca+7	1,61			77	
Prov 21	80	33	33	33	14	ca+7	1,57	57		98	
Prov 22	80	33	33	33	14	ca+7	1,60			140	
Prov 23	80	33	33	33	28	ca+7	1,59	57		205	
Prov 24	80	33	33	33	28	ca+7	1,60			183	
Prov 25	80	33	33	33	91	ca+7	1,59	57		301	
Prov 26	80	33	33	33	91	ca+7	1,58			357	
<b>BL 1D</b>											
Prov 28	110	33	33	33	7	ca+7	1,60	55		99	
Prov 29	110	33	33	33	7	ca+7	1,62			118	
Prov 30	110	33	33	33	14	ca+7	1,63	55		171	
Prov 31	110	33	33	33	14	ca+7	1,65			145	
Prov 32	110	33	33	33	28	ca+7	1,61	55		199	
Prov 33	110	33	33	33	28	ca+7	1,63			231	
Prov 34	110	33	33	33	91	ca+7	1,62	54		426	
Prov 35	110	33	33	33	91	ca+7	1,53			273	
Prov 36	110	33	33	33	96	ca+7	1,55	53		374	
1) Blandningens vattenkvot före inblandning av stabiliseringsmedel.						2) Skrymdensitet, SS 027114, utgåva 2					
						3) Vattenkvot, SS 027116, utgåva 3					
						4) Konflytgräns, SS 027120, utgåva 2					
						5) Enaxliga tryckförsök, SS 027128, utgåva 1					
						Mätosäkerhet och mätområde för våra metoder redovisas på vår hemsida, www.swedgeo.se					
Blandning: 1C		Bh A,B,C		Djup 2,5-5,0 m							
Blandning: 1D		Bh A,B,C		Djup 2,5-5,0 m							

R7 2005-06-01

Ackrediterat laboratorium utses av Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll (SWEDAC) enligt lag. Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte SWEDAC och utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten gäller enbart för de provade materialen.

**KEMISKT STABILISERAD JORD**

Referens: SGI, egna anvisningar. Dokument nr 29

Beställare: Nordkalk										
Lera Nödinge									Tabell	1(5)
									Dnr	2-0512-0799
Datum för inblandning		Provdiameter (mm)		Laboratorieundersökning		Datum			Datum	
060123		50		060130-060424		O.A			Teknisk ledare	
Blandning	Tillsatsmedel			Tid efter inblandning dygn	Lagringstemperatur °C	Densitet $\rho$ t/m <sup>3</sup>	Vattenkvot w %	Konflytgräns w <sub>L</sub> %	Skjuvhållfasthet Enaxliga tryckförsök $\tau_{fu}$ kPa	Anmärkning
	Mängd stab.-medel kg/m <sup>3</sup>	Proportioner								
		Kalk %	Cement %							
<b>BL 1A</b>										
Prov 1	90	50	50	7	ca+7	1,47	103 <sup>1</sup> 84		39	
Prov 2	90	50	50	7	ca+7	1,49			38	
Prov 3	90	50	50	28	ca+7	1,47	84		52	Håligheter
Prov 4	90	50	50	28	ca+7	1,48			86	
Prov 5	90	50	50	91	ca+7	1,48	84		160	
Prov 6	90	50	50	91	ca+7	1,46			119	Håligheter
Prov 7	90	50	50	364	ca+7					
Prov 8	90	50	50	364	ca+7					
<b>BL 1B</b>										
Prov 10	120	50	50	7	ca+7	1,47	103 <sup>1</sup> 81		65	
Prov 11	120	50	50	7	ca+7	1,50			60	
Prov 12	120	50	50	28	ca+7	1,49	80		104	
Prov 13	120	50	50	28	ca+7	1,49			98	
Prov 14	120	50	50	91	ca+7	1,49	79		166	
Prov 15	120	50	50	91	ca+7	1,49			184	
Prov 16	120	50	50	364	ca+7					
Prov 17	120	50	50	364	ca+7					

1) Blandningens vattenkvot före inblandning av stabiliseringsmedel. 2) Skrymdensitet – Tidigare gällande standard SS 027114, utgåva 2  
3) Vattenkvot – Tidigare gällande standard SS 027116, utgåva 3  
4) Konflytgräns – Tidigare gällande standard SS 027120, utgåva 2  
5) Enaxliga tryckförsök – Tidigare gällande standard SS 027128, utgåva 1  
Mätosäkerhet och mätområde för våra metoder redovisas på vår hemsida, www.swedgeo.se

Blandning: 1A      Sektion B11901C-H Djup 2,0-4,1m  
Blandning: 1B      Sektion B11901C-H Djup 2,0-4,1m

R7 2005-12-14

Ackrediterat laboratorium utses av Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll (SWEDAC) enligt lag. Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte SWEDAC och utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten gäller enbart för de provade materialen.

## KEMISKT STABILISERAD JORD

Referens: SGI, egna anvisningar. Dokument nr 29

Beställare: Nordkalk											
Lera Nödninge										Tabell	
										2(5)	
										Dnr	
										2-0512-0799	
Datum för inblandning		Provdiameter (mm)			Laboratorieundersökning			Utförd av		Datum	
060123		50			060130-060424			O.A			
Blandning	Tillsatsmedel				Tid efter inblandning dygn	Lagringstemperatur °C	Densitet $\rho$ t/m <sup>3</sup>	Vattenkvot w %	Konflytgräns w <sub>L</sub> %	Skjuvhållfasthet Enaxliga tryckförsök $\tau_{fu}$ kPa	Anmärkning
	Mängd stab.-medel kg/m <sup>3</sup>	Proportioner									
	Aska	Kalk	Cement								
	%	%	%								
<b>BL 1C</b>											
Prov 19	90	33	33	33	7	ca+7	1,46	103 <sup>1</sup> 85		33	
Prov 20	90	33	33	33	7	ca+7	1,46			33	
Prov 21	90	33	33	33	28	ca+7	1,48	84		95	
Prov 22	90	33	33	33	28	ca+7	1,46			76	
Prov 23	90	33	33	33	91	ca+7	1,48	85		149	
Prov 24	90	33	33	33	91	ca+7	1,46			164	
Prov 25	90	33	33	33	364	ca+7					
Prov 26	90	33	33	33	364	ca+7					
<b>BL 1D</b>											
Prov 28	120	33	33	33	7	ca+7	1,49	103 <sup>1</sup> 82		37	
Prov 29	120	33	33	33	7	ca+7	1,48			49	
Prov 30	120	33	33	33	28	ca+7	1,49	81		91	
Prov 31	120	33	33	33	28	ca+7	1,45			100	
Prov 32	120	33	33	33	91	ca+7	1,48	81		220	
Prov 33	120	33	33	33	91	ca+7	1,49			176	
Prov 34	120	33	33	33	364	ca+7					
Prov 35	120	33	33	33	364	ca+7					

1) Blandningens vattenkvot före inblandning av stabiliseringsmedel. 2) Skrymdensitet – Tidigare gällande standard SS 027114, utgåva 2  
3) Vattenkvot – Tidigare gällande standard SS 027116, utgåva 3  
4) Konflytgräns – Tidigare gällande standard SS 027120, utgåva 2  
5) Enaxliga tryckförsök – Tidigare gällande standard SS 027128, utgåva 1  
Mätosäkerhet och mätområde för våra metoder redovisas på vår hemsida, www.swedgeo.se

Blandning: 1C      Sektion B11901C-H Djup 2,0-4,1m  
Blandning: 1D      Sektion B11901C-H Djup 2,0-4,1m

R7 2005-12-14

Ackrediterat laboratorium utses av Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll (SWEDAC) enligt lag. Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte SWEDAC och utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten gäller enbart för de provade materialen.

**KEMISKT STABILISERAD JORD**
**Referens: SGI, egna anvisningar. Dokument nr 29**

Beställare: Nordkalk											
Lera Nödinge										Tabell 3(5)	
										Dnr 2-0512-0799	
Datum för inblandning		Provdiameter (mm)			Laboratorieundersökning			Datum		Datum	
060123		50			060130-060424			O.A		Teknisk ledare	
Blandning	Tillsatsmedel				Tid efter inblandning dygn	Lagringstemperatur °C	Densitet $\rho$ t/m <sup>3</sup>	Vattenkvot w %	Konflytgräns w <sub>L</sub> %	Skjuvhållfasthet Enaxliga tryckförsök $\tau_{fu}$ kPa	Anmärkning
	Mängd stab.-medel kg/m <sup>3</sup>	Proportioner									
	Aska %	Kalk %	Cement %								
<b>BL1E</b>											
Prov 37	90	20	40	40	7	ca+7	1,45	103 <sup>1</sup> 83		45	
Prov 38	90	20	40	40	7	ca+7	1,47			32	
Prov 39	90	20	40	40	28	ca+7	1,47	85		85	
Prov 40	90	20	40	40	28	ca+7	1,44			102	
Prov 41	90	20	40	40	91	ca+7	1,46	82		155	
Prov 42	90	20	40	40	91	ca+7	1,47			168	
Prov 43	90	20	40	40	364	ca+7					
Prov 44	90	20	40	40	364	ca+7					
<b>BL1F</b>											
Prov 46	120	20	40	40	7	ca+7	1,50	103 <sup>1</sup> 82		47	
Prov 47	120	20	40	40	7	ca+7	1,46			54	
Prov 48	120	20	40	40	28	ca+7	1,48	81		102	
Prov 49	120	20	40	40	28	ca+7	1,44			62	Håligheter
Prov 50	120	20	40	40	91	ca+7	1,47	81		184	
Prov 51	120	20	40	40	91	ca+7	1,45			139	
Prov 52	120	20	40	40	364	ca+7					
Prov 53	120	20	40	40	364	ca+7					

1) Blandningens vattenkvot före inblandning av stabiliseringsmedel. 2) Skrymdensitet – Tidigare gällande standard SS 027114, utgåva 2  
 3) Vattenkvot – Tidigare gällande standard SS 027116, utgåva 3  
 4) Konflytgräns – Tidigare gällande standard SS 027120, utgåva 2  
 5) Enaxliga tryckförsök – Tidigare gällande standard SS 027128, utgåva 1  
 Mätosäkerhet och mätområde för våra metoder redovisas på vår hemsida, www.swedgeo.se

Blandning: 1E      Sektion B11901C-H Djup 2,0-4,1m  
 Blandning: 1F      Sektion B11903c-H Djup 2,0-4,1m

R7 2005-12-14

Ackrediterat laboratorium utses av Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll (SWEDAC) enligt lag. Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte SWEDAC och utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten gäller enbart för de provade materialen.



## KEMISKT STABILISERAD JORD

Referens: SGI, egna anvisningar. Dokument nr 29

Beställare: Nordkalk											
Lera Nödinge										Tabell	4(5)
										Dnr	2-0512-0799
Datum för inblandning		Provdiameter (mm)			Laboratorieundersökning			Datum		Datum	
060124		50			060131-060425			O.A		Teknisk ledare	
Blandning	Tillsatsmedel				Tid efter inblandning dygn	Lagringstemperatur °C	Densitet $\rho$ t/m <sup>3</sup>	Vattenkvot w %	Konflytgräns w <sub>L</sub> %	Skjuvhållfasthet Enaxliga tryckförsök $\tau_{fu}$ kPa	Anmärkning
	Mängd stab.-medel kg/m <sup>3</sup>	Proportioner									
	Aska	Kalk	Cement								
<b>BL 1G</b>											
Prov 55	90	7	43	50	7	ca+7	1,48	103 <sup>1</sup> 86		48	
Prov 56	90	7	43	50	7	ca+7	1,48			42	
Prov 57	90	7	43	50	28	ca+7	1,47	85		79	Håligheter
Prov 58	90	7	43	50	28	ca+7	1,46			101	Håligheter
Prov 59	90	7	43	50	91	ca+7	1,48	83		188	
Prov 60	90	7	43	50	91	ca+7	1,46			141	Hålighet
Prov 61	90	7	43	50	364	ca+7					
Prov 62	90	7	43	50	364	ca+7					
<b>BL 1H</b>											
Prov 64	120	7	43	50	7	ca+7	1,51	103 <sup>1</sup> 81		59	
Prov 65	120	7	43	50	7	ca+7	1,49			60	
Prov 66	120	7	43	50	28	ca+7	1,47	80		82	
Prov 67	120	7	43	50	28	ca+7	1,49			116	
Prov 68	120	7	43	50	91	ca+7	1,49	80		195	
Prov 69	120	7	43	50	91	ca+7	1,48			175	
Prov 70	120	7	43	50	364	ca+7					
Prov 71	120	7	43	50	364	ca+7					

1) Blandningens vattenkvot före inblandning av stabiliseringsmedel. 2) Skrymdensitet – Tidigare gällande standard SS 027114, utgåva 2  
3) Vattenkvot – Tidigare gällande standard SS 027116, utgåva 3  
4) Konflytgräns – Tidigare gällande standard SS 027120, utgåva 2  
5) Enaxliga tryckförsök – Tidigare gällande standard SS 027128, utgåva 1  
Mätosäkerhet och mätområde för våra metoder redovisas på vår hemsida, www.swedgeo.se

Blandning: 1G      Sektion B11901C-H Djup 2,0-4,1m  
Blandning: 1H      Sektion B11901C-H Djup 2,0-4,1m

R7 2005-12-14



**KEMISKT STABILISERAD JORD**

Referens: SGI, egna anvisningar. Dokument nr 29

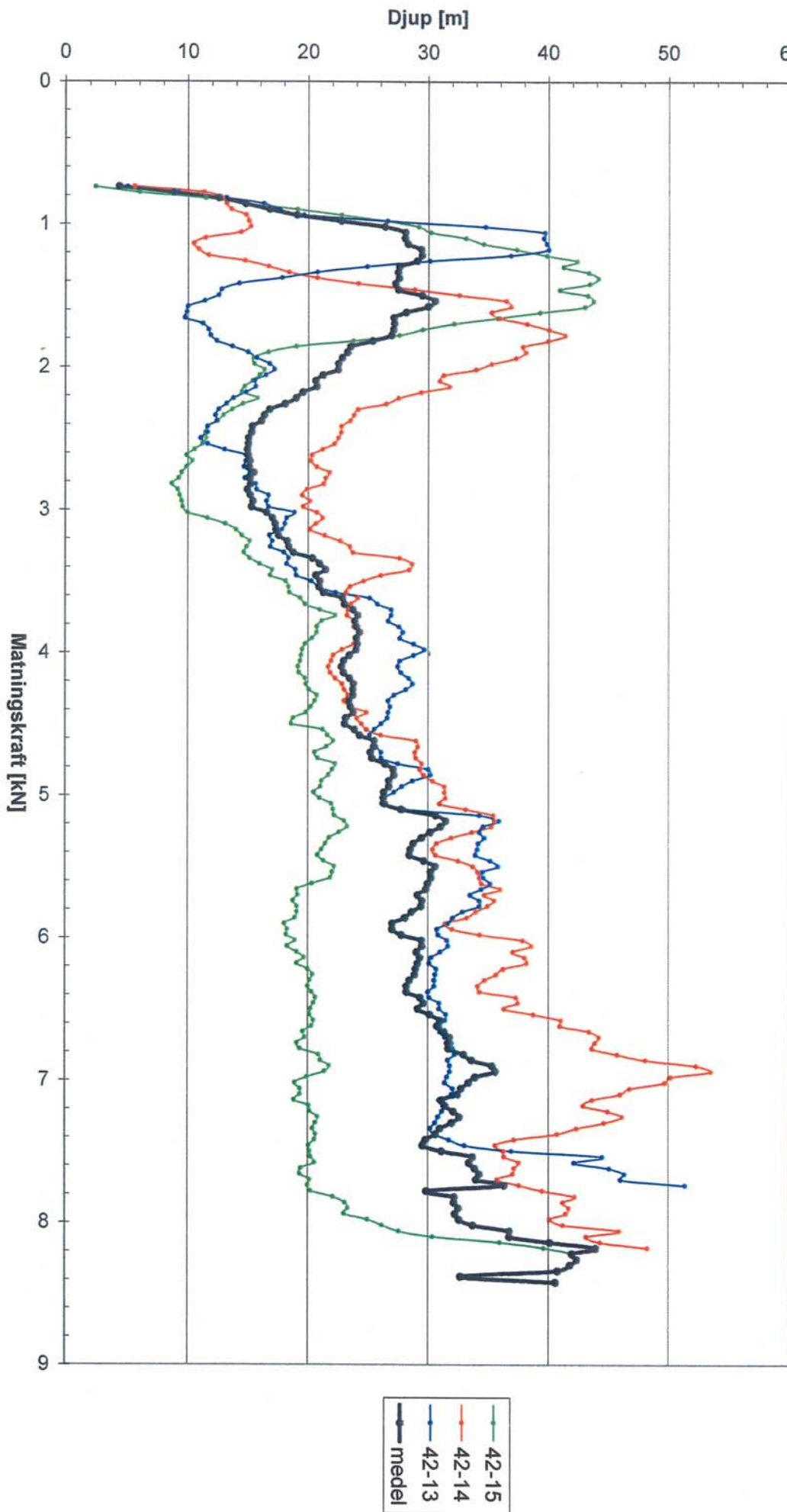
Beställare: Nordkalk											
Lera Nödinge										Tabell 5(5)	
										Dnr 2-0512-0799	
Datum för inblandning		Provdiameter (mm)			Laboratorieundersökning			Datum		Datum	
060124		50			060131-060425			O.A		Teknisk ledare	
Blandning	Tillsatsmedel				Tid efter inblandning dygn	Lagringstemperatur °C	Densitet $\rho$ t/m <sup>3</sup>	Vattenkvot w %	Konflytgräns $w_L$ %	Skjuvhållfasthet Enaxliga tryckförsök $\tau_{fu}$ kPa	Anmärkning
	Mängd stab.-medel kg/m <sup>3</sup>	Proportioner									
	Aska	Kalk	Cement								
<b>BL 2A</b>											
Prov 73	90		50	50	7	ca+7	1,52	96 <sup>1</sup> 80		47	
Prov 74	90		50	50	7	ca+7	1,48			44	
Prov 75	90		50	50	28	ca+7	1,49	79		68	
Prov 76	90		50	50	28	ca+7	1,47			75	
Prov 77	90		50	50	91	ca+7	1,50	78		132	
Prov 78	90		50	50	91	ca+7	1,50			143	
Prov 79	90		50	50	364	ca+7					
Prov 80	90		50	50	364	ca+7					
<b>BL 2C</b>											
Prov 82	90	33	33	33	7	ca+7	1,52	96 <sup>1</sup> 81		37	
Prov 83	90	33	33	33	7	ca+7	1,50			38	
Prov 84	90	33	33	33	28	ca+7	1,49	80		61	
Prov 85	90	33	33	33	28	ca+7	1,48			63	
Prov 86	90	33	33	33	91	ca+7	1,48	79		142	
Prov 87	90	33	33	33	91	ca+7	1,49			160	
Prvo 88	90	33	33	33	364	ca+7					
Prov 89	90	33	33	33	364	ca+7					

1) Blandningens vattenkvot före inblandning av stabiliseringsmedel. 2) Skrymdensitet – Tidigare gällande standard SS 027114, utgåva 2  
 3) Vattenkvot – Tidigare gällande standard SS 027116, utgåva 3  
 4) Konflytgräns – Tidigare gällande standard SS 027120, utgåva 2  
 5) Enaxliga tryckförsök – Tidigare gällande standard SS 027128, utgåva 1  
 Mätosäkerhet och mätområde för våra metoder redovisas på vår hemsida, www.swedgeo.se

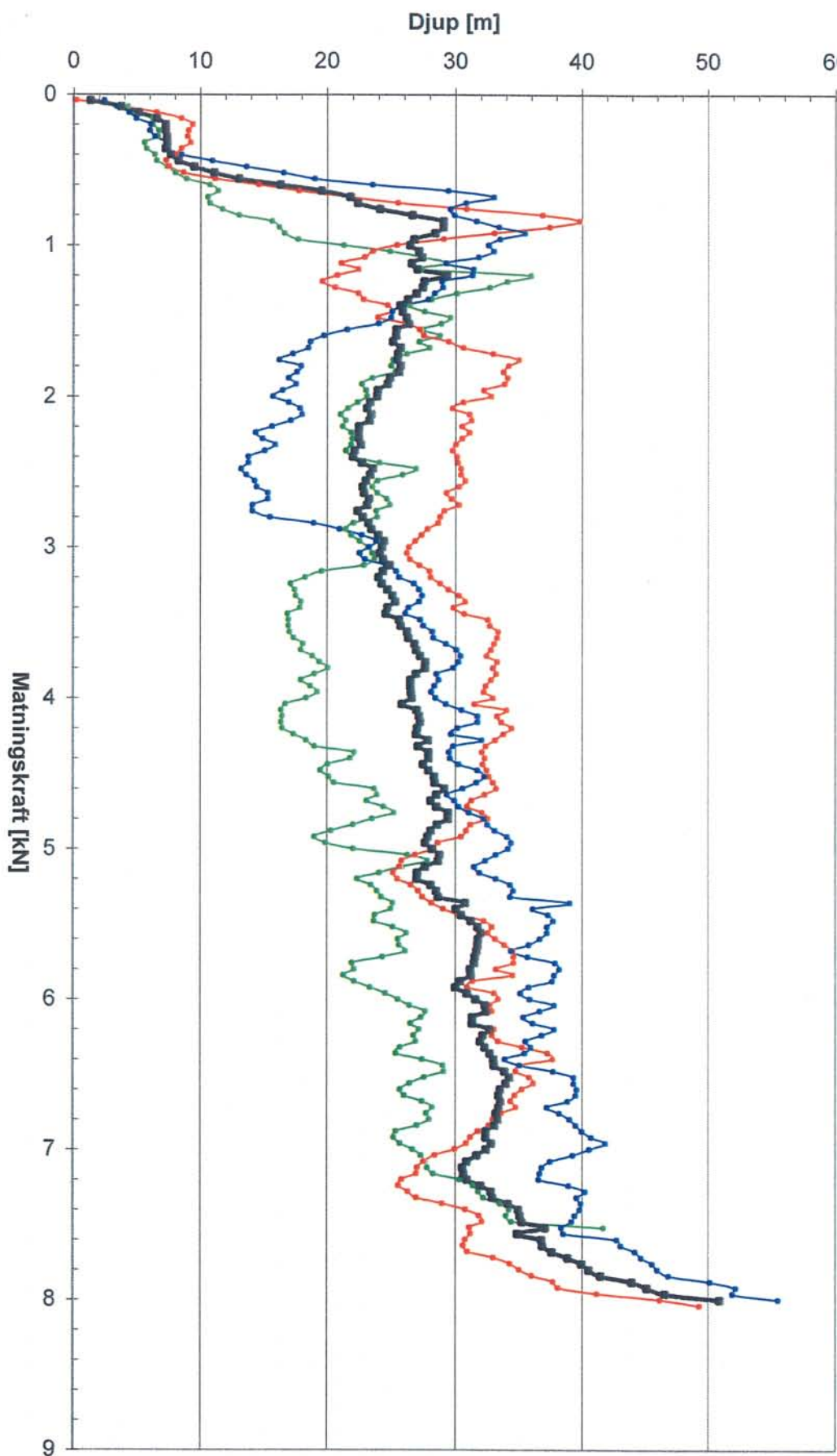
Blandning: 2A      Sektion B11901H Djup 5,0-7,8m  
 Blandning: 2C      Sektion B11901H Djup 5,0-7,8m

R7 2005-12-14

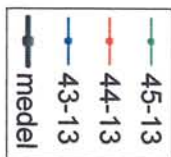


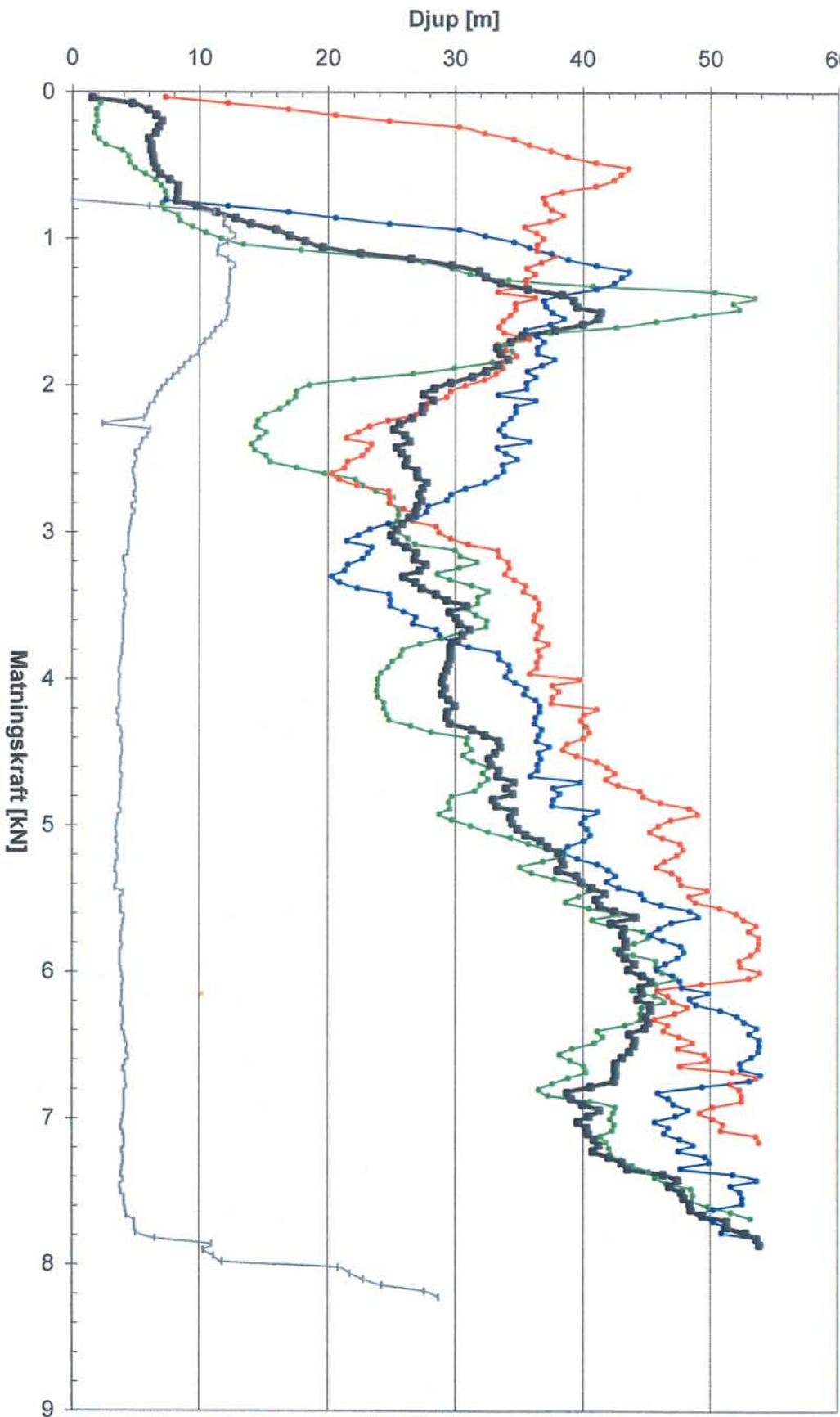


KCE 3-dagar

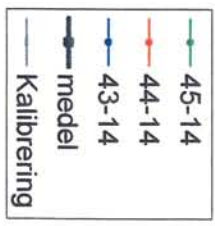


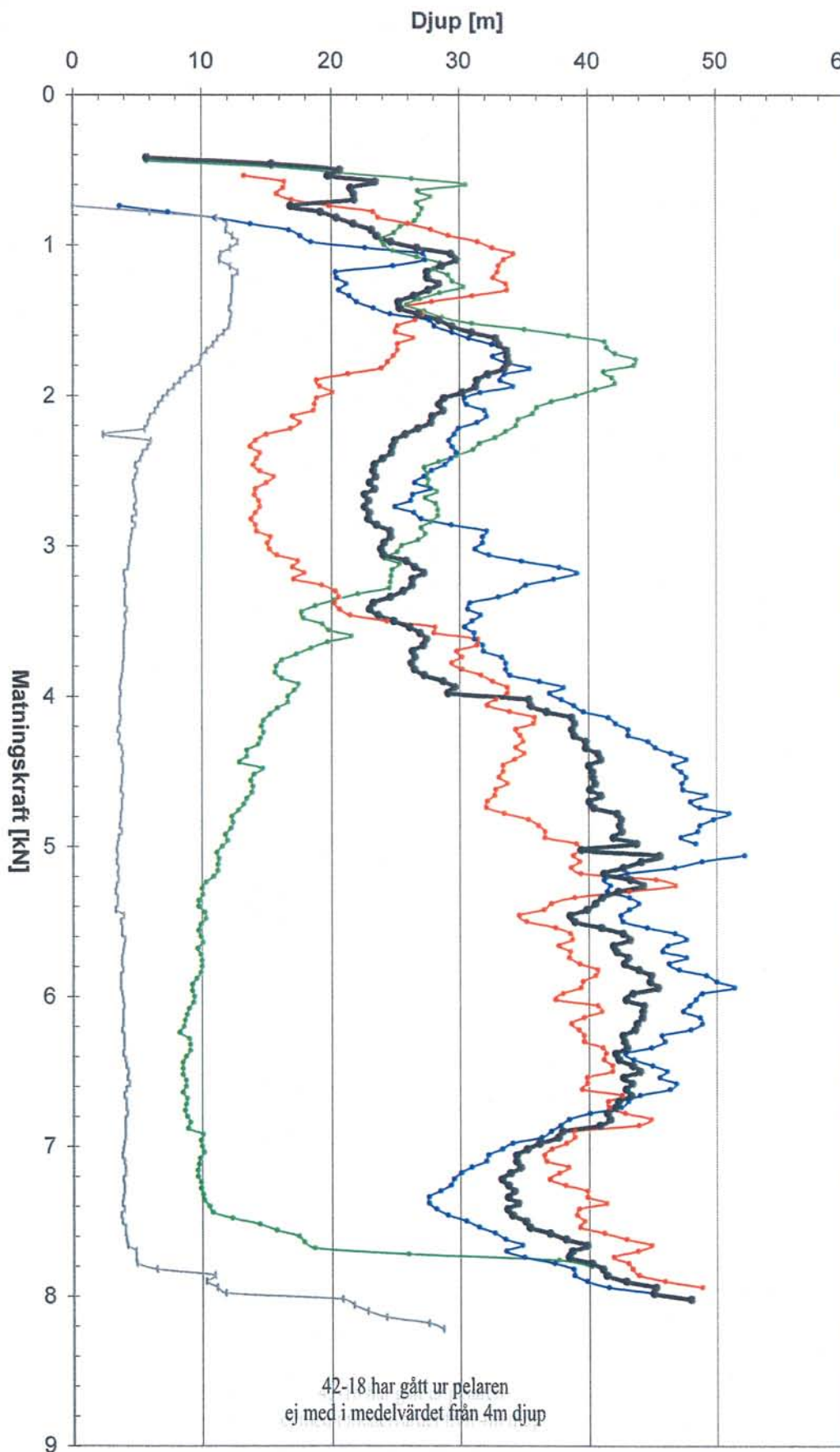
**KC50/50 3-dagar**  
(Sammanställning erhållen av LCM)



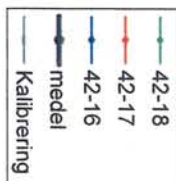


**KC50/50 10-dagar**  
(Sammanställning erhållen av LCM)

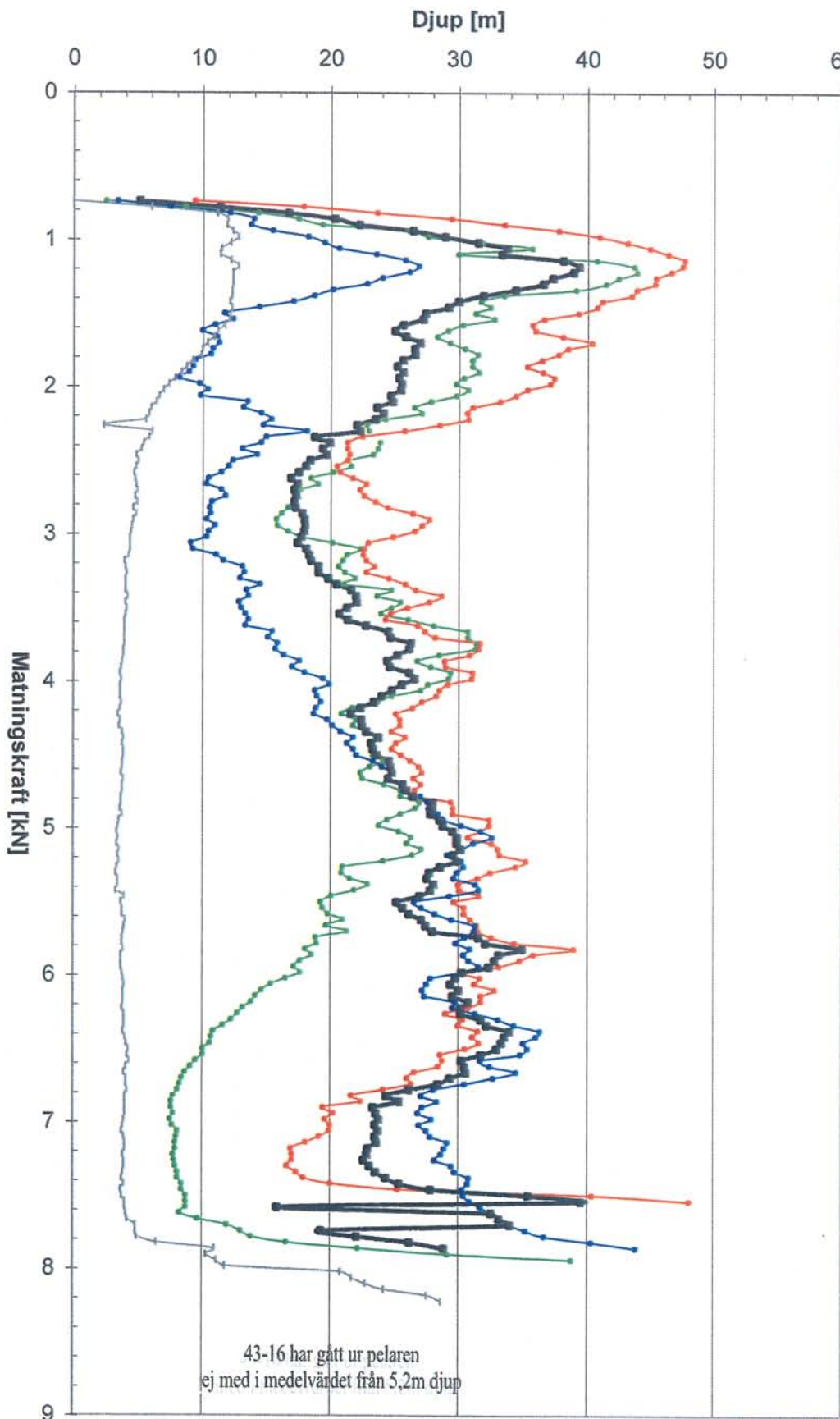




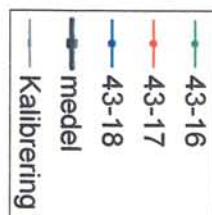
KCE 10-dagar  
(Sammanställning erhållen av LCM)

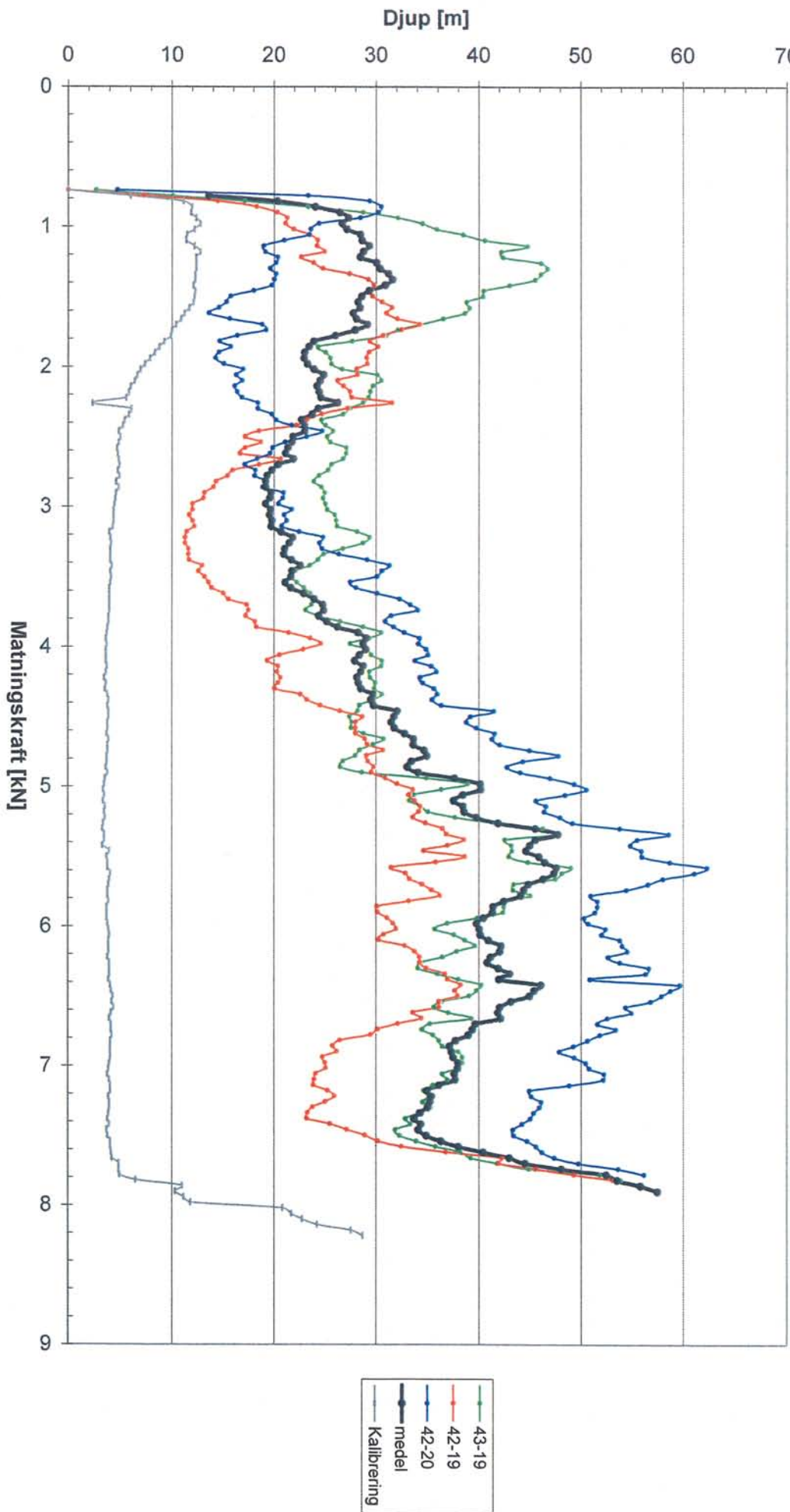




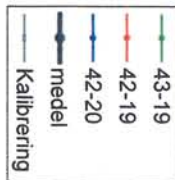


**KC50/50 24-dagar**  
(Sammanställning erhållen av LCM)

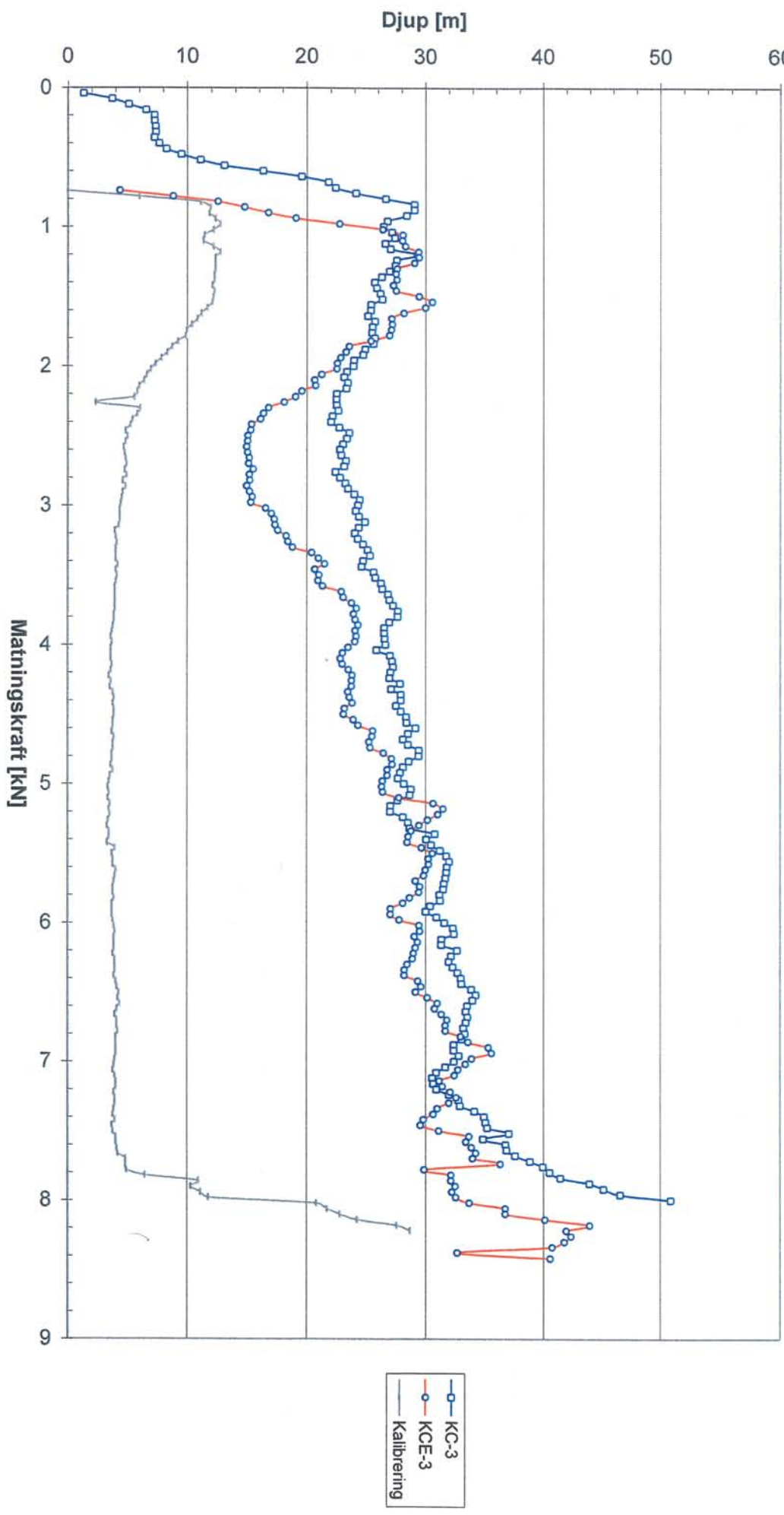




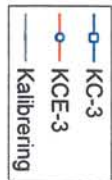
**KCE 24-dagar**  
(Sammanställning erhållen av LCM)

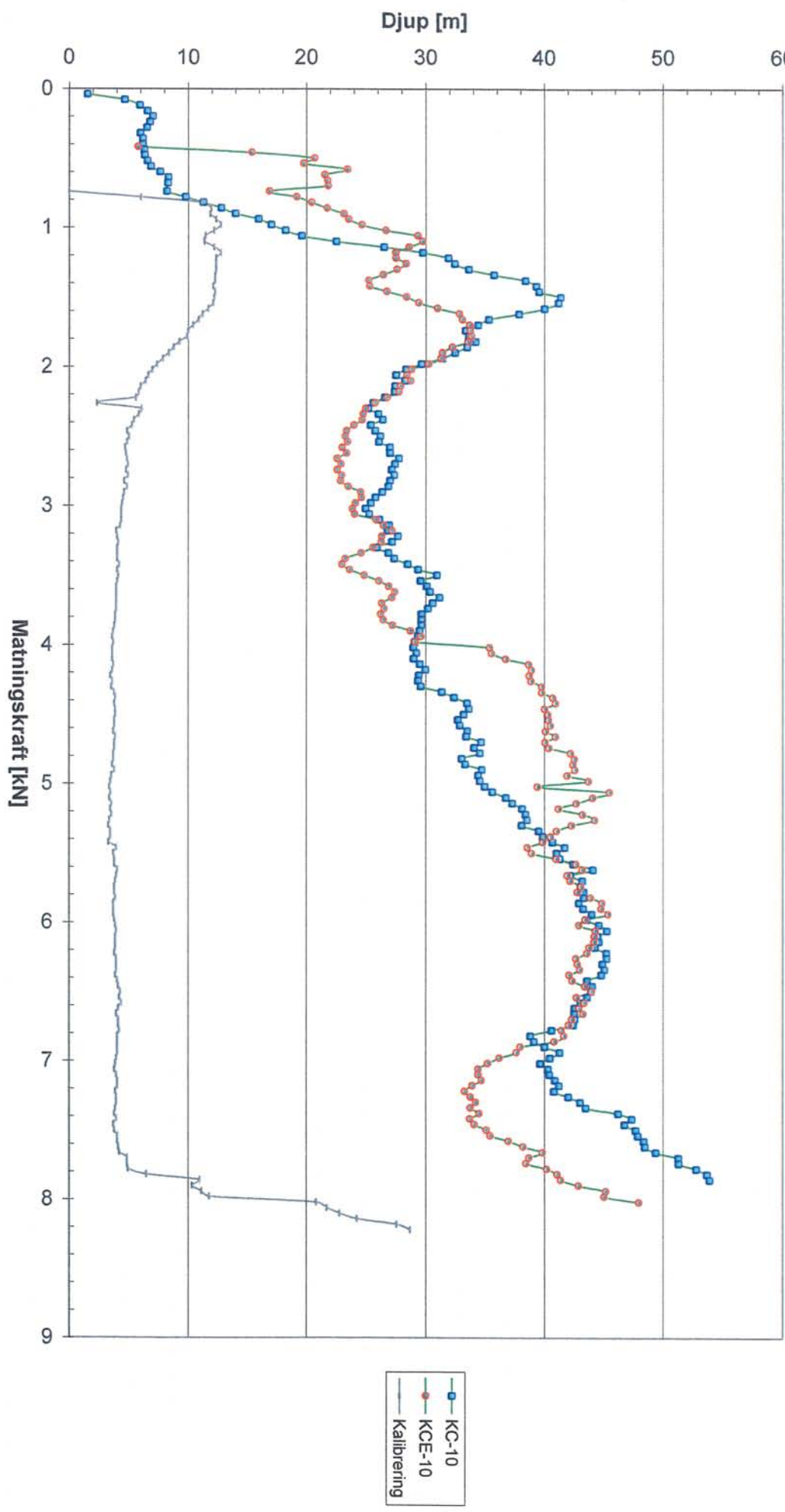




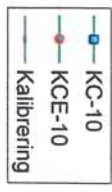


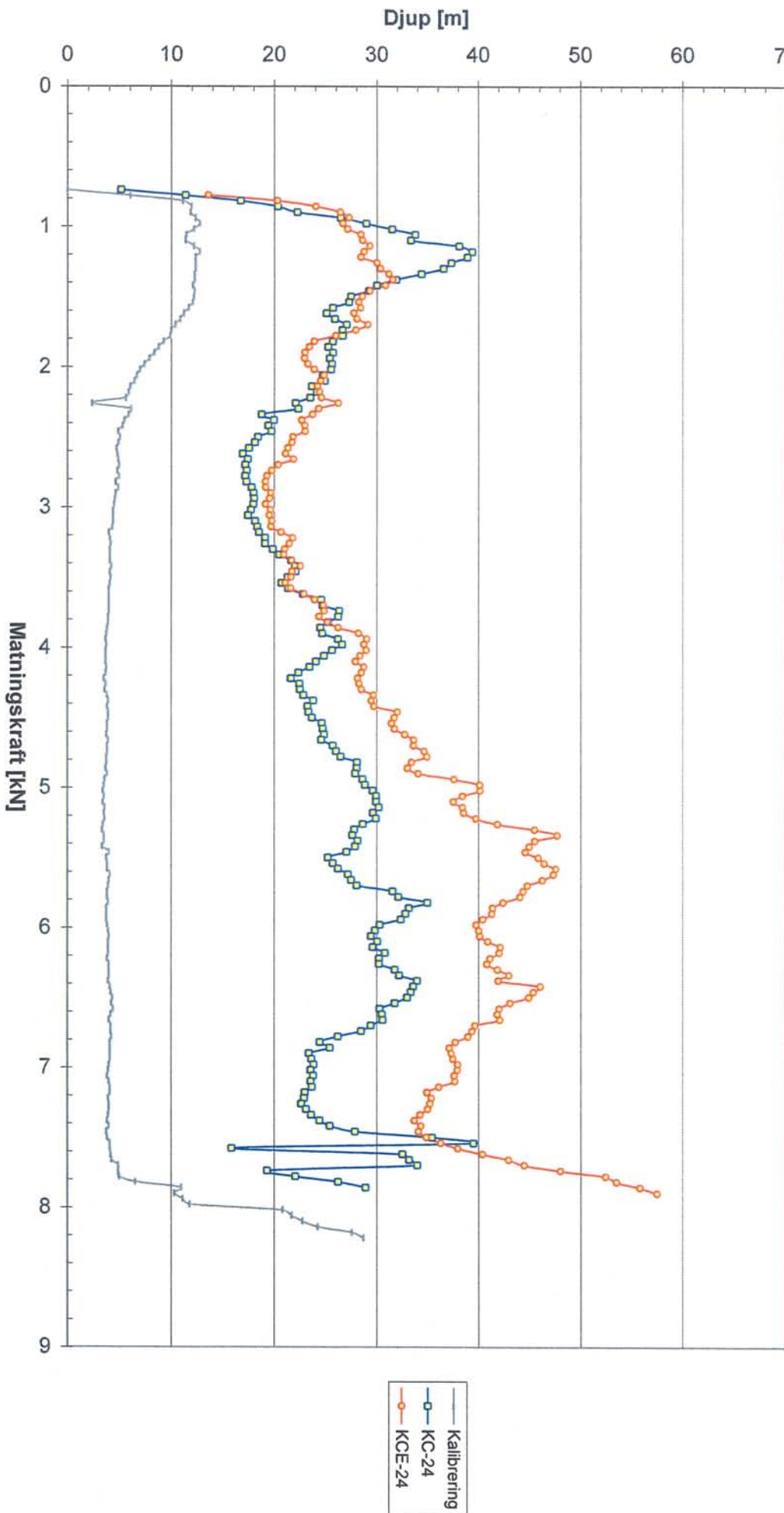
**Sammanställning**  
(Sammanställning erhållen av LCM)





**Sammanställning**  
(Sammanställning erhållen av LCM)





**Sammanställning**  
(Sammanställning erhållen av LCM)



Statens geotekniska institut  
Swedish Geotechnical Institute

SE-581 93 Linköping, Sweden

Tel: 013-20 18 00, Int + 46 13 201800

Fax: 013-20 19 14, Int + 46 13 201914

E-mail: [sgi@swedgeo.se](mailto:sgi@swedgeo.se) Internet: [www.swedgeo.se](http://www.swedgeo.se)