



Svensk Djupstabilisering
Swedish Deep Stabilization Research Centre

Arbetsrapport 4
1997-10-10

Undersökning av KC-pelare med avseende på dess ”homogenitet”

Roland Tränk
Ulf Johnson

Svensk Djupstabilisering

Svensk Djupstabilisering (SD) är ett centrum för forskning och utveckling inom djupstabilisering med kalk-cementpelare. Verksamheten syftar till att initiera och bedriva en branschsamordnad forsknings- och utvecklingsverksamhet, som ger säkerhetsmässiga, funktionsmässiga och ekonomiska vinster som tillgodoser svenska intressen hos samhället och industrin. Verksamheten baseras på en FoU-plan för åren 1996-2000. Medlemmar är myndigheter, kalk- och cementleverantörer, entreprenörer, konsulter, forskningsinstitut och högskolor.

Verksamheten finansieras av medlemmarna samt genom anslag från Byggforskningsrådet, Svenska byggbranschens utvecklingsfond och Kommunikationsforskningsberedningen.

Svensk Djupstabilisering har sitt säte vid Statens geotekniska institut (SGI) och leds av en styrgrupp med representanter för medlemmarna.

Ytterligare upplysningar om verksamheten lämnas av SD:s projektledare Göran Holm, tel: 013-20 18 61, 070-521 09 39, fax: 013-20 19 13, e-mail: holm@geotek.se, <http://www.sgi.geotk.se/sd.htm>.

Swedish Deep Stabilization Research Centre

The Swedish Deep Stabilization Research Centre coordinates research and development activities in deep stabilization of soft soils with lime-cement columns. A joint research programme based on the needs stated by the authorities and the industry is being conducted during the period 1996 - 2000. Members of the Centre include authorities, lime and cement manufactures, contractors, consultants, research institutes and universities.

The work of the Swedish Deep Stabilization Research Centre is financed by its members and by research grants.

The Swedish Deep Stabilization Research Centre is located at the Swedish Geotechnical Institute and has a Steering Committee with representatives chosen from among its members.

Further information on the Swedish Deep Stabilization Research Centre can be obtained from the Project Manager, Mr G Holm, tel: +46 13 20 18 61, fax: +46 13 20 19 13 or e-mail: holm@geotek.se, <http://www.sgi.geotk.se/sd.htm>.



Svensk Djupstabilisering
Swedish Deep Stabilization Research Centre

Arbetsrapport 4

1997-10-10

Undersökning av KC-pelare med avseende på dess "homogenitet"

Roland Tränk	SGI
Ulf Johnson	BO ORRE MARKRÅD & CO AB

Förord

Svensk Djupstabilisering (SD) baserar verksamheten på sin FoU-plan som bl a innehåller ett antal stora FoU-projekt. För att öka underlaget för dessa forskningsprojekt satsar SD på kompletterande mätningar/analyser i lämpliga förstärkningsprojekt. Redovisningen av dessa mätningar /analyser granskas inte av SD utan redovisade resultat och framförda åsikter är författarens. Redovisningarna är arbetsrapporter inom SD. De ingår i SD:s arbetsrapportserie och skall endast användas internt inom SD och inte spridas utanför SD.

Föreliggande arbetsrapport är en redovisning som utgör ett underlag för forskningsprojekt inom ”Kontrollmetoder”. Denna rapport består av två deldokument.

Linköping i december 1998

Göran Holm
Projektledare för SD

Arbetsrapport

Beställning
(endast för
medlemmar av SD)

Upplaga

Svensk Djupstabilisering
c/o Statens geotekniska institut
581 93 Linköping

Tel: 013-20 18 62
Fax: 013-20 19 13
E-post: sussyl@geotek.se

150 ex

SVENSK DJUPSTABILISERING

MÄLARBANAN, KUNGSÄNGEN - BÅLSTA

ARBETSRAPPORT

**KONTROLL AV KC-PELARE
FÖR VÄGBANK VID KM 35+530
(MB 219)**

Datum: 1997-11-03
Objekt: 3-9709-446
Kontaktpersoner: Roland Tränk

Statens geotekniska institut



581 93 LINKÖPING Telefon: 013-20 18 00 Telefax: 013-20 19 14
Box 4202, 171 04 SOLNA Telefon: 08-757 66 00 Telefax: 08-98 30 30

Innehållsförteckning

Text	Sida
1 Inledning	3
2 Framschaktning av pelare	3
3 Försök med skruvprovtagare	4
4 Laboratorieundersökningar	4
5 Kommentarer och frågor	5

Bilagor

Sammanställning av beräknad mängd
stabiliseringsmedel m. m.

Bilaga 8:1 - 8:4

Utmatningsdiagram

Bilaga 8:5 och 8:6

Bakgrundsmaterial avseende utförda
antaganden och beräkningar

Bilaga 9:1 och 9:2

Fältrapport,
upprättad av Bo Orre Markråd & Co AB, 1997-09-24

Mälarbanan, Kungsängen – Bålsta

ARBETSRAPPORT

KONTROLL AV KC-PELARE FÖR VÄGBANK VID KM 35+530 (MB 219)

1 INLEDNING

I samband med kvalitetskontroll av KC-pelare för en vägbank vid Mälarbanan, delen Kungsängen-Bålsta, km 35+530, visade utförda pelarsonderingar och provtagningar samt laboratorieundersökningar på ojämna resultat. Både höga och låga sonderingsmotstånd registrerades och en ojämn fördelning av stabiliseringsmedlet konstaterades i ett ca 20 m långt område där pelare med dimensionen Ø800 mm installerats. Med hänsyn till erhållna resultat godkändes ej pelarna.

I intilliggande område med 600-pelare visade sonderingarna betydligt jämnare värden varför dessa pelare godkändes.

Kvalitetskontrollen utgjordes först av en grundkontroll bestående av sondering i totalt 13 pelare varav 7 pelare med dimensionen Ø800 och 6 pelare med dimensionen Ø600 mm.

Ca 4 veckor efter grundkontrollen utfördes en tilläggskontroll bestående av sondering i 3 pelare med dimensionen Ø800 mm, provtagning med skruv- respektive kolvprovtagare i 4 pelare till max 12 m djup samt framschaktning av en pelare till ca 6 m djup för okulär be-dömning. Av upptagna prover undersöktes 19 prover med avseende på CaO-halt som visade mycket stor spridning. Utförd grund- och tilläggskontroll redovisas i en rapport direkt till beställaren (Banverket).

Med anledning av de uppmätta ojämna sonderingsmotstånden liksom den ojämna fördelningen av stabiliseringsmedlet i 800-pelarna har ytterligare 2 pelare schaktats fram och undersökts på varje meter ned till ca 7 m djup. Vidare gjordes försök att ta upp prover med en stor skruv-provtagare. Syftet med dessa undersökningar var att försöka visa om pelarsonden gått i eller gått ur pelarna vid de utförda pelarsonderingarna samt stabiliseringsmedlets fördelning.

Föreliggande arbetsrapport redovisar erhållna resultat med kommentarer och frågor samt en rekommendation till Svensk djupstabilisering. Analys av orsaken till erhållna resultat vid pelarsonderingarna eller framschaktning av pelare har inte gjorts

2 FRAMSCHAKTNING AV PELARE

För framschaktning av pelare valdes en pelare (K138, enligt ritn MB219-671) med dimensionen Ø800 mm och en pelare (benämnd "FOPS 1") med dimensionen Ø600 mm. Båda pelarna var tidigare undersökta, 800-pelaren med pelarsondering, provtagning samt bestämning av CaO-halt och 600-pelaren med s k FOPS-kontroll (entreprenörens egenkontroll).

Framschaktning utfördes inom ett stålrör Ø1000 mm till 8 m djup varvid pelarens tvärsnitt undersöktes med 1 à 2 meters intervall. Framschaktning och utförda undersökningar beskrivs i bifogad fältrapport som upprättats av Ulf Johnson, Bo Orre Markråd & Co AB.

3 FÖRSÖK MED SKRUVPROVTAGARE

Tilläggskontroll av KC-pelare rekommenderas vanligtvis när sondering med pelarsond ej ger tillfredsställande resultat. Tilläggskontroll utgörs ofta av ytterligare pelarsondering och framschaktning av pelare för okulär bedömning samt provtagning med eventuella laboratorieundersökningar.

Som alternativ till framschaktning gjordes försök med en stor skruvprovtagare, Ø260 mm, i hopp om att kunna ta upp prover till stort djup för okulär bedömning och eventuella laboratorieundersökningar. Försöken misslyckades, skruven styrde ur pelaren redan efter 1 à 2 m och försöken fick avbrytas. Misslyckandet torde bero på flera orsaker. Exempelvis kan ett olämpligt utformat skruvämne och extra fasta pelare i de ytliga jordlagren varit orsaken till att skruven styrde ur pelaren.

4 LABORATORIEUNDERSÖKNINGAR

I de båda framschaktade pelarna togs ca 75 prover varav 3 i den ostabiliserade leran utanför pelarna. Undersökning av vattenkvot och CaO-halt har gjorts på 62 prover varav 41 prover från 800-pelaren, 19 prover från 600-pelaren och 2 prover från den ostabiliserad leran. Kalkhalten (CaO) är bestämd som kalcium med AAS-flamma enligt SS 08 81 61 efter upplösning av prov enligt BS 1924 : Part 2 : 1990, 5.1 på SGI:s laboratorium

Av undersökningarna framgår att spridningen av CaO-halt är mycket stor. Uppmätta värden varierar mellan 2,4 och 26,6 % i 800-pelaren samt 2,3 och 21,3 % i 600-pelaren. Den naturliga leran visar en CaO-halt på 1,2 à 1,5 %. Laboratorieresultaten redovisas på bilaga 3 i fältrapporten.

För att enklare kunna jämföra de på laboratoriet uppmätta värdena med den föreskrivna mängden stabiliseringsmedel har CaO-halten omräknats till mängden stabiliseringsmedel i kg/m pelare varvid följande förenklade antaganden gjorts:

Stabiliseringsmedlet utgörs till

50 % av osläckt kalk med 95 % CaO-halt

50 % av standardcement med 65 % CaO-halt

CaO-halt i den naturliga leran=1,0 %

Jordprovernans skrymdensitet 1,5, 1,6, 1,65, 1,65 1,5 och 1,5 g/cm³ vid djupen 2,0, 3,0, 4,0, 5,0, 6,0 respektive 7,0 m (gäller för metod 1 enligt bilaga 9:2).

Jordens kompaktensitet=2,65 g/cm³.

Andelen cement som reagerat vid aktuellt undersökningstillfälle=90%.

I övrigt har värden enligt laboratorieundersökningarna använts.

Sammanställning av beräknad mängd stabiliseringsmedel, enligt metod 2 i bilaga 9:2, redovisas i tabell och diagram på bilaga 8:1-8:4. Bakgrundsmaterial, antaganden och beräkningar, framgår i bilaga 9:1 och 9:2.

5 KOMMENTARER OCH FRÅGOR

Enligt fältrapporten kan följande kommentarer göras:

Ø800-pelaren

Stabiliseringsmedlet har ej fördelats över hela pelarens tvärsnitt.

Spår efter utförd provtagning med skruv- respektive kolvprovtagare (se kontrollomgång 2 i rapport till Banverket) kunde följas till 7 m djup, dvs hela den fram-schaktade pelaren. Här bör noteras att provtagningshålet visar ingen tendens att gå ur pelaren utan går relativt vertikalt.

Spår efter "vingsonden" vid utförd pelarsondering kunde ej iakttas.

Pelaren bedöms ha en ojämn kvalitet, jämför även med bilaga 8:4

Ø600-pelaren

Stabiliseringsmedlet var fördelat över hela pelarens tvärsnitt.

Spår efter "FOPS-vingen" bedöms som osäkert på en nivå i övrigt har inga noteringar gjorts om eventuell spår.

Pelaren bedöms ha en jämnare kvalitet jämfört med 800-pelaren, se bilaga 8:3 och 8:4.

Enligt utförda laboratorieundersökningar och beräknade mängder stabiliseringsmedel kan följande kommentarer göras:

Ø800-pelaren

Den totala beräknade mängden stabiliseringsmedel stämmer väl överens med redovisad mängd enligt utmatningsdiagrammet (redovisad genomsnittlig mängd är 44 kg/m för pelare K138 med 14,1 m effektiv längd) åtminstone inom djupintervallet 1,5-7,5 m där medelmängden beräknats till 47,2 kg/m.

Blandningsgraden (fördelningen) av stabiliseringsmedel över pelarens tvärsnitt är mycket ojämn och koncentrerad till pelarens inre zon, se bilaga 8:1, 8:2 och 8:4. I pelarens inre zon har ca 2,3 ggr högre koncentration uppmätts än den beräknade medelmängden. Fördelningen längs pelaren är också något ojämn.

Ø600-pelaren

Den totala beräknade mängden stabiliseringsmedel stämmer ej överens med redovisad mängd enligt utmatningsdiagrammet (redovisad genomsnittlig mängd är 25,6 kg/m för pelare "FOPS 1" med 8,2 m effektiv längd) åtminstone inom djupintervallet 1,5-7,5 m där medelmängden beräknats till 35,8 kg/m dvs ca 40% högre än vad utmatningsdiagrammet visar. Detta torde bl a bero på att relativt få prover undersökts, provernas fördelning i pelarens tvärsnitt och beräkningsmetoden.

Blandningsgraden (fördelningen) av stabiliseringsmedel över pelarens tvärsnitt är ojämn och koncentrerad till pelarens inre zon. Blandningsgraden stämmer i vissa delar överens med 800-pelaren men antalet undersökta prover är mindre görs inga ytterligare kommentarer om 600-pelaren.

d eftersam

Med ledning av ovanstående kan följande frågor ställas:

Uppfyller Ø800-pelaren den kvalité som beställaren/konsulten förväntat sig?

Har entreprenören uppfyllt sitt åtagande?

Är redovisat resultat en tillfällighet?

Är använt blandarverktyg "pinnborr" ett lämpligt verktyg?

Rekommendationer:

Inblandningstekniken måste studeras ingående och eventuella förbättringar ställas i relation till ökade kostnader. Detta måste vara ett viktigt område för Svensk djupstabilisering.

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

Avdelningen gör anläggningsgeoteknik

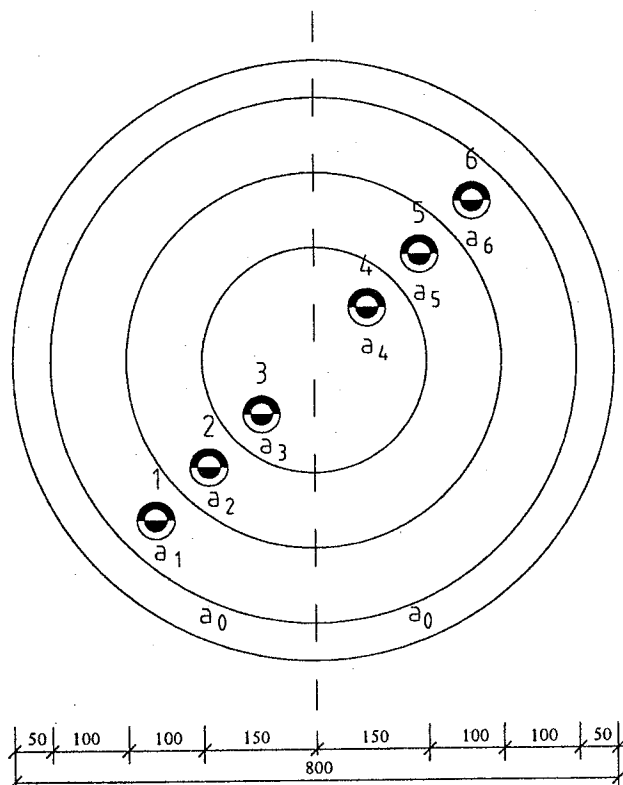
Enligt uppdrag

Roland Tränk

Roland Tränk

Figur över pelarens tvärsnitt med ungefärliga lägen för sticksondering och provtagning samt sammanställning av beräknad mängd stabiliseringsmedel

BILAGA 8:1



PELARE K138

Ø800 mm,

pelarens area,

$a=0,5027 \text{ m}^2$ (100 %)

$a_0 = 0,0589 \text{ m}^2$ (11,72%)

$a_1 = 0,0942 \text{ m}^2$ (18,75%)

$a_2 = 0,0628 \text{ m}^2$ (12,50%)

$a_3 = 0,0353 \text{ m}^2$ (7,03%)

$a_4 = a_3$

$a_5 = a_2$

$a_6 = a_1$

$a=2 \times a_0 + a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6$

Inblandad mängd 44,0 kg/m

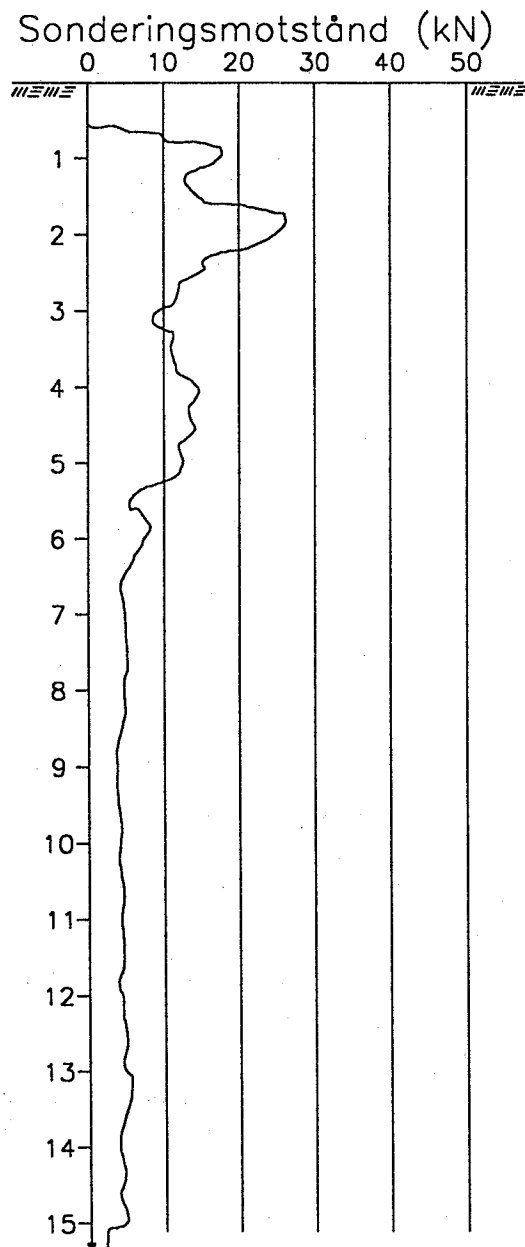
	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_0
A ₂	-	41,0	59,5	93,5	122,0	92,5	8,5	-
B ₂		7,7	7,5	6,6	8,6	11,6	1,6	
C ₂		4	4	4	4	4	4	
A ₃	-	32,5	29,5	17,0	84,0	71,0	18,0	-
B ₃		6,1	3,7	1,2	5,9	8,9	3,4	
C ₃		3	3	3	3	4	1	
A ₄	-	41	73,5	52,5	93,0	47,0	48,5	-
B ₄		7,7	9,2	3,7	6,6	5,9	9,1	
C ₄		2	4	3	3	4	2	
A ₅	-	38,0	123	154,0	104,5	44,0	12,0	-
B ₅		7,2	15,5	10,9	7,4	5,5	2,3	
C ₅		3	5	5	5	5	4	
A ₆		63,5	117	185,0	161,1	84,0	63,5	-
B ₆		12,0	14,8	13,1	11,4	10,5	12,0	
C ₆		4	5	4	4	4	3	
A ₇	-	19,5	61,0	142,5	102,5	81,5	34,5	-
B ₇		3,7	7,7	10,1	7,2	10,2	6,5	
C ₇		3	3	4	5	5	2	

Djup	kg/m			
	ΣB			
2	43,7			
3	29,3			
4	42,3			
5	48,7			
6	73,7			
7	45,4			

A anger framräknad mängd stabiliseringsmedel i kg/m pelare för respektive del i pelaren

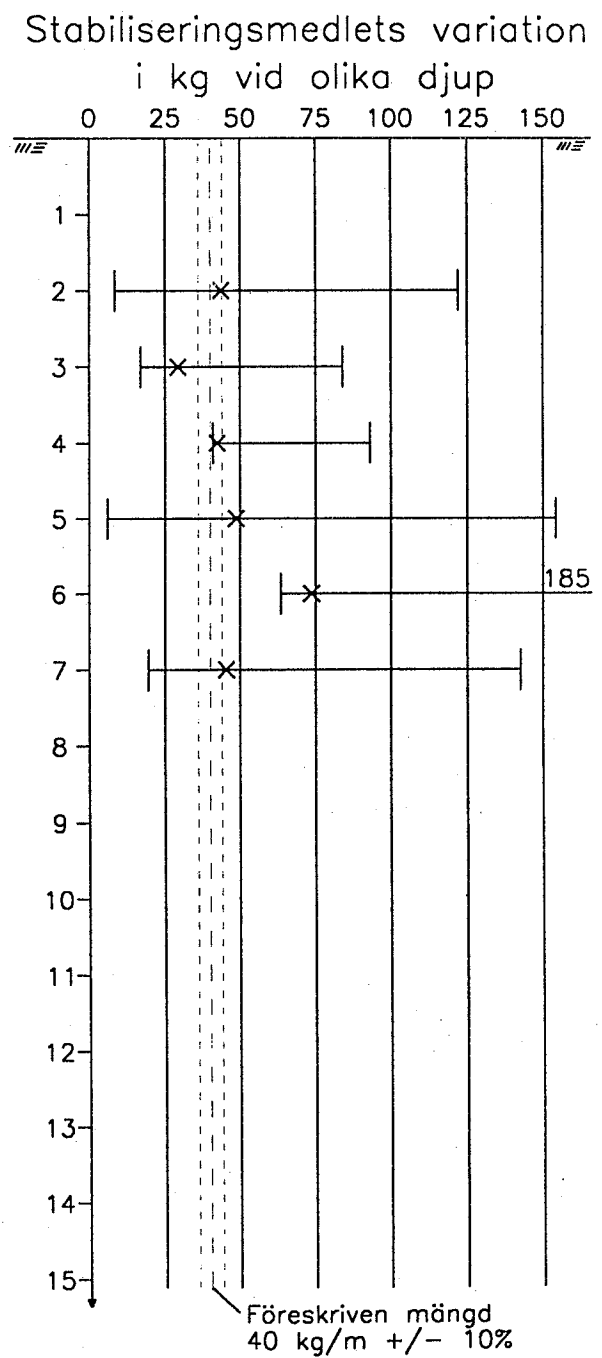
B anger framräknad mängd stabiliseringsmedel i kg för respektive delvolym av pelare

C anger den subjektiva bedömningen av pelarens hållfasthet vid framschaktningen, se fältrapporten.



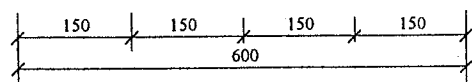
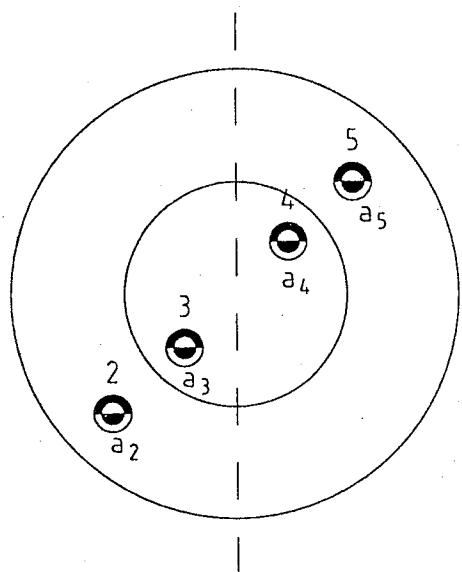
Djup under markytan (m).

Föreskriven längd 15 m
Verklig effektiv längd 14,1 m



Djup under markytan (m).

X=beräknat medelvärde för respektive nivå



PELARE FOPS 1

Ø600 mm,

pelarens area,

$a=0.2827 \text{ m}^2$ (100 %)

$a_2 = a_5 = 0.1060 \text{ m}^2$ (37,50%)

$a_3 = a_4 = 0.0353 \text{ m}^2$ (12,50%)

$a = a_2 + a_3 + a_4 + a_5$

Inblandad mängd 25,6 kg/m

	a_2	a_3	a_4	a_5
A ₂	5	50	49	10
B ₂	1,9	6,3	6,1	3,8
C ₂	5	5	5	5
A ₃				
B ₃				
C ₃				
A ₄	35	68	72	29
B ₄	13,1	8,5	9,0	10,9
C ₄	5	5	5	5
A ₅	21	77	61	
B ₅	7,9	9,6	7,6	7,9 ¹
C ₅	4	5	5	3
A ₆	20	79	57	57
B ₆	7,5	9,9	7,1	21,4
C ₆	3	5	5	3
A ₇	39	54	74	50
B ₇	14,6	6,7	6,3	18,8
C ₇	5	5	5	5

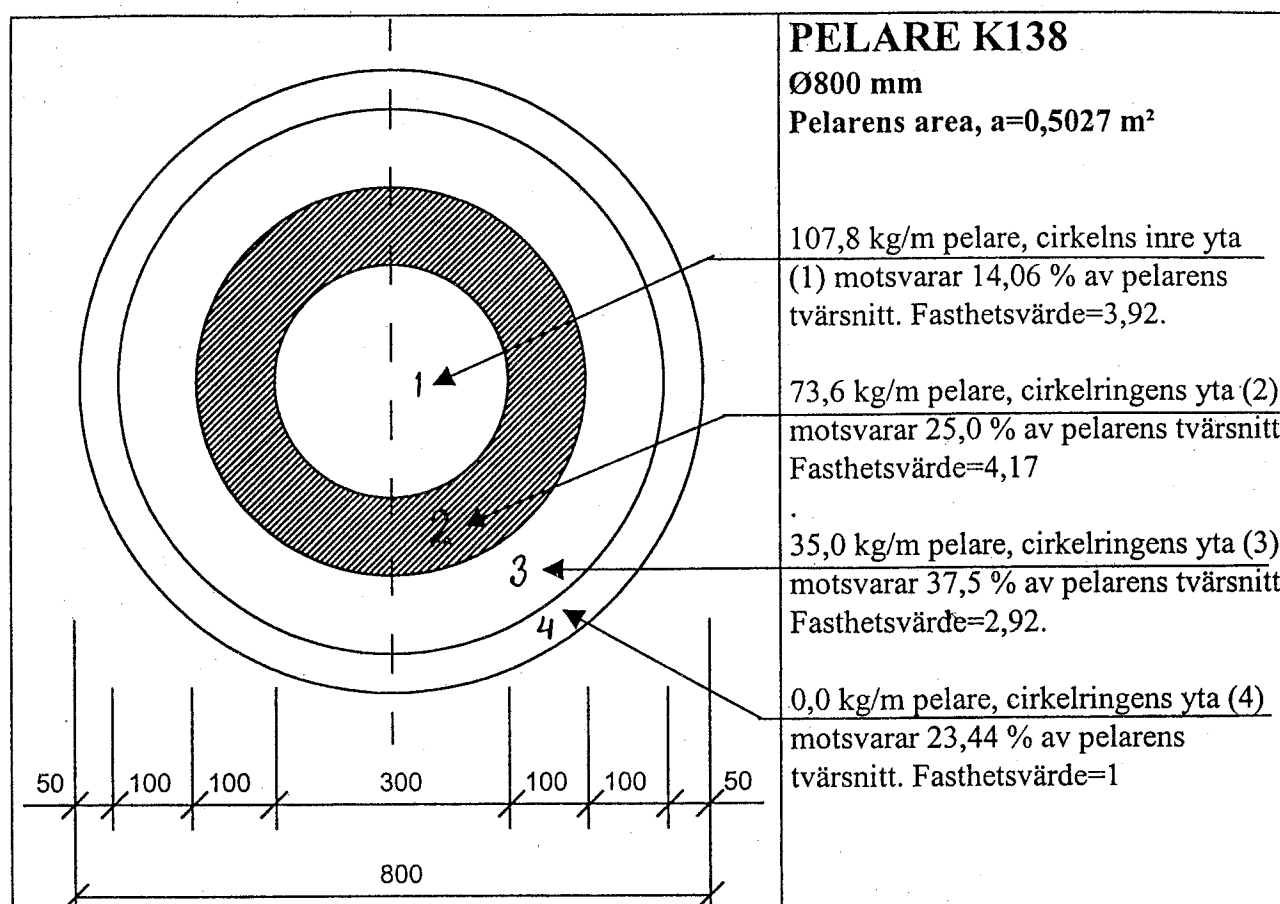
Djup	kg/m			
	ΣB			
2	18,1			
3				
4	41,5			
5	33,0			
6	45,9			
7	46,4			

A anger framräknad mängd stabiliseringsmedel i kg/ m pelare för respektive del i pelaren

B anger framräknad mängd stabiliseringsmedel i kg för respektive delvolym av pelare

C anger den subjektiva bedömningen av pelarens hållfasthet vid framschaktningen, se fältrapporten.

1) Värdet "7,9" har antagits vara lika med värdet B₅ i kolumn a₂



Sammanställning av beräknad medelmängd stabiliseringsmedel (kalk+cement) och medelvärde på pelarens fasthet (subjektiv bedömning enligt sticksondering) inom djupintervallet 1,5-7,5 m (6,0 m av pelarens längd). Värden för beräkningarna framgår av bilaga 8:1.

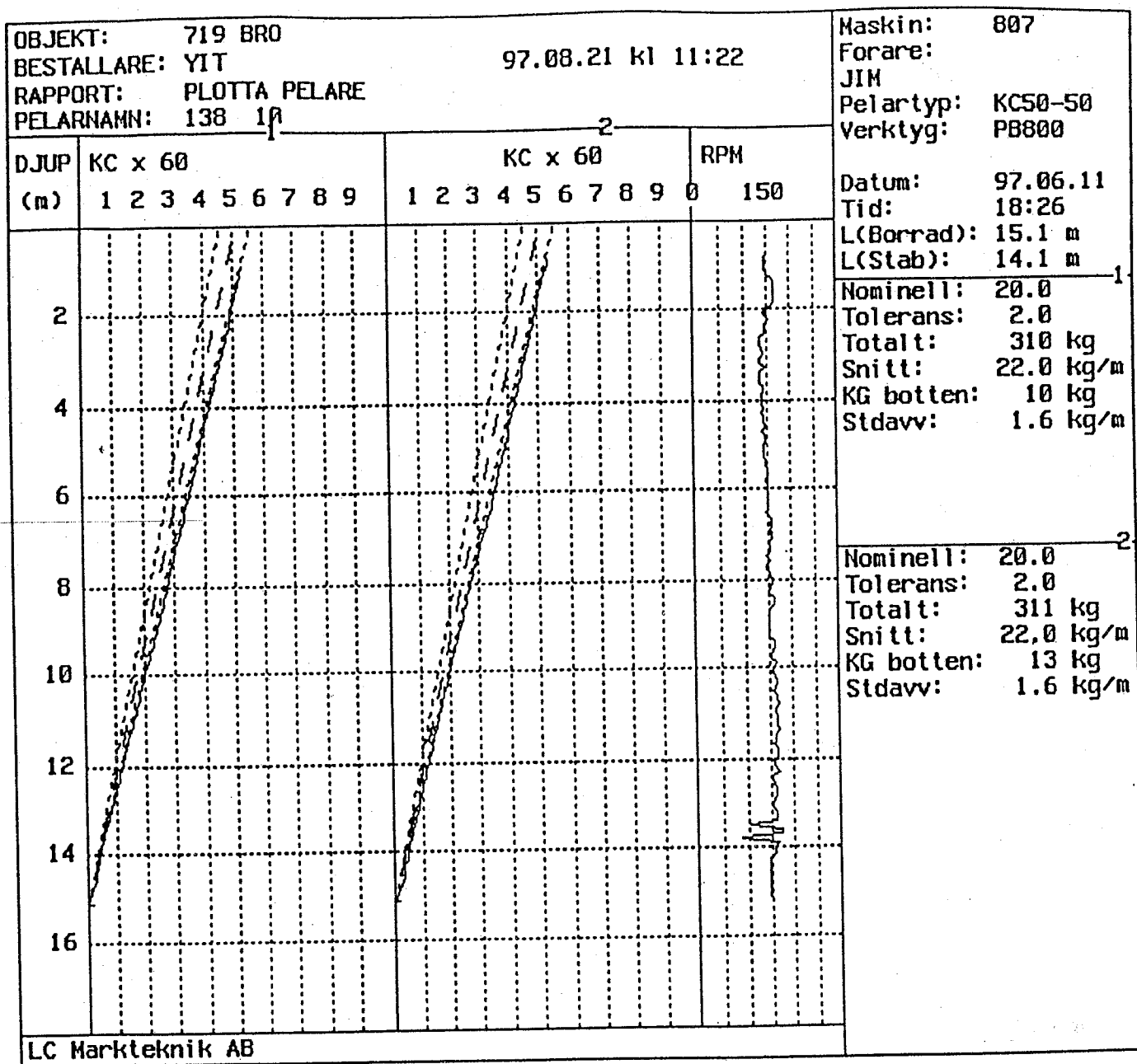
Framräknade värden skall jämföras med 44,0 kg/m pelare enligt utmatningsdiagrammet, se bilaga 8:5.

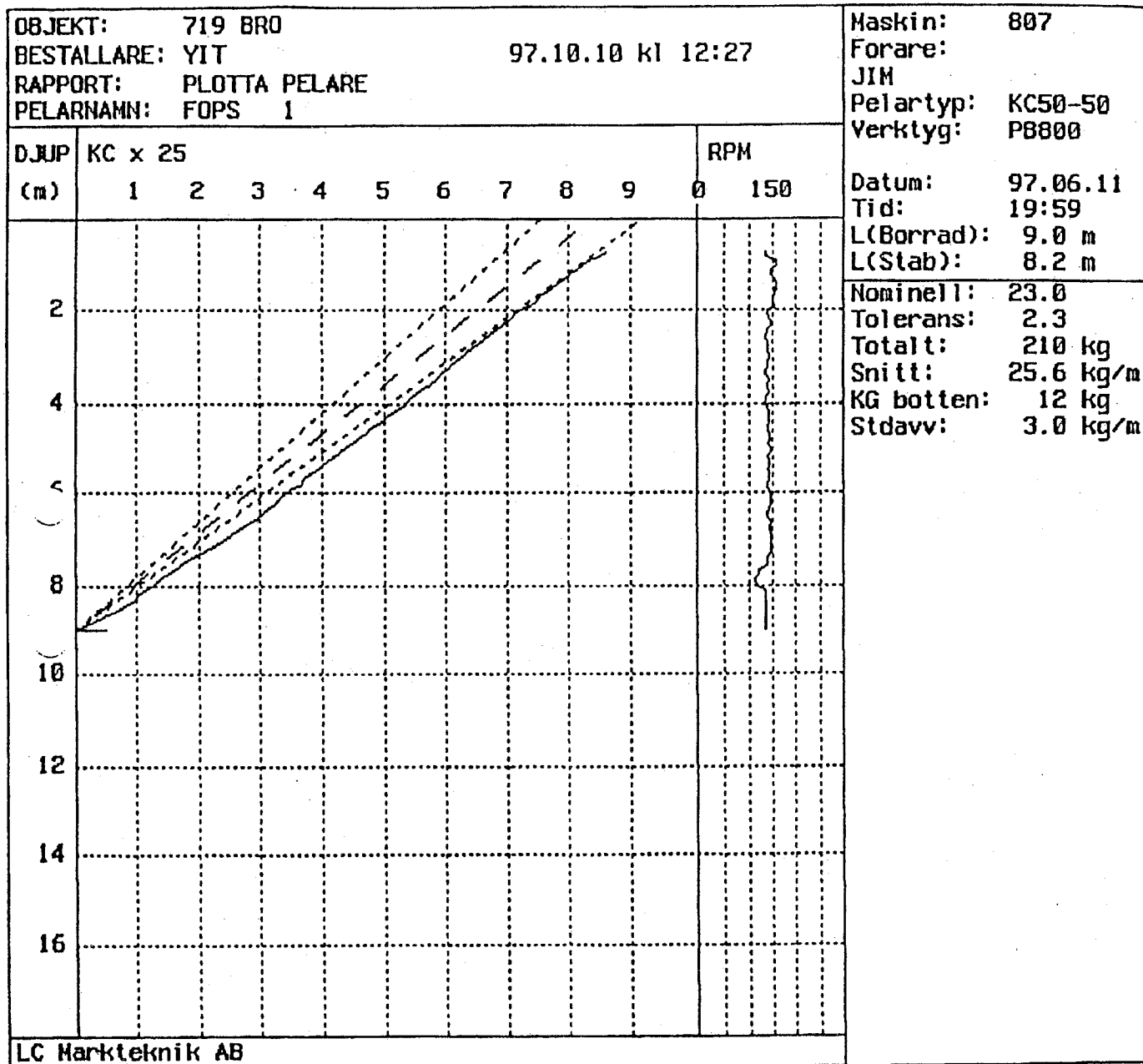
Av framräknade värden framgår att stabiliseringsmedlets koncentration är högst i pelarens inre zon och en klar avtagande tendens mot periferin.

Pelarens fasthet har bedömts i samband med framschaktning av pelaren i en skala 1-5, där

- 1=mycket lös (ostabiliserad lera),
- 2=ganska lös,
- 3=varken lös eller fast,
- 4=ganska fast
- 5=mycket fast, i övrigt se fältrapporten.

Pelarens medelfasthetsvärde m h t respektive cirkelringars ytor har beräknats till 2,92 för 800-pelaren och ca 4,5 i 600-pelaren .





Projektnamn:		Mälarbanan MB 219-1												
Projektnummer:		2-9706-303			Datum:			971009		Signatur:		Roland Tränk		
I N D A T A	Prov	[nr]	2:1	3:1	4:1	5:1	6:1	7:1	2:2	3:2	4:2	5:2	6:2	7:2
	D _{Pelare}	[mm]	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
	Konc _{CaOik}	[%]	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
	Konc _{CaOic}	[%]	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
	Konc _{CaOiler}	[%]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	m _{sCaO}	[g]	77,3	57,8	65,4	74,6	104	47	104	53,8	108	193	168	118
	m _{stot}	[g]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	w ₀	[%]	85	65	60	60	85	85	85	65	60	60	85	85
	w _e	[%]	66,9	55,6	49	70,7	57,5	83,5	63,9	56,5	48	58,5	49,5	76
	α _C	[%]	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
	β _{KC}	[%]	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	ρ _L	[g/cm ³]	1,5	1,6	1,65	1,65	1,5	1,5	1,5	1,6	1,65	1,65	1,5	1,5
	ρ _{sL}	[g/cm ³]	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65
	ρ _w	[g/cm ³]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Projektnamn:		Mälarbanan MB 219-1													
Projektnummer:		2-9706-303		Datum:		971010		Signatur:		Roland Tränk					
U T D A T A	Prov	[nr]	2:1	3:1	4:1	5:1	6:1	7:1	2:2	3:2	4:2	5:2	6:2	7:2	
	m _{sKC}	[g]	85	61	70	82	119	47	119	55	124	232	200	137	
	m _{sKC} /m _{sLera}	[%]	9	0,07	0,09	0,08	0,14	0,04	0,13	0,06	0,17	0,33	0,31	0,14	
	V _{Lera} (1)	[cm ³]	1128	969	902	890	1087	1176	1087	974	849	745	987	1065	
	m _{sKC} /V _{Lera} (1)	[kg/m ³]	76	62	78	92	110	40	110	57	146	311	203	128	
	m _{sKC} /L _{Pelare} (1)	[kg/m]	38	31	39	46	55	20	55	29	73	156	102	65	
	V _{Lera} (2)	[cm ³]	1037	927	860	1076	940	1207	1004	937	844	938	851	1123	
	m _{sKC} /V _{Lera} (2)	[kg/m ³]	82	65	82	76	127	39	119	59	147	247	235	122	
	m _{sKC} /L _{Pelare} (2)	[kg/m]	41	33	41	38	64	19	60	30	74	124	118	61	

	OBS!!! Det går enbart att skriva i de celler som har röd kantlinje!!!
D_{Pelare}	pelarens diameter,
$Konc_{CaOiK}$	CaO-koncentrationen i kalken (normalt 95-100 %),
$Konc_{CaOiC}$	CaO-koncentrationen i cementen (normalt 60-80 %),
$Konc_{CaOiLera}$	CaO-koncentrationen i leran, innan stabiliseringen (normalt 1-6 %),
m_{sCaO}	massan CaO enligt "CaO-bestämningen",
m_{stot}	total torkad massa vid "CaO-bestämningen",
w_0	den ostabiliserade lerans naturliga vattenkvot,
w_e	den stabiliserade lerans vattenkvot vid "CaO-bestämningen",
α_C	andelen cement som reagerat vid aktuell provålder (normalt 50, 60 respektive 90 % vid 3, 7 respektive 90 dygn),
β_{KC}	massandelen kalk i stabiliseringsmedlet,
ρ_L	den ostabiliserade lerans skrymdensitet,
ρ_{sL}	den ostabiliserade lerans kompaktdensitet (normalt 2,65),
ρ_w	vattnets densitet (normalt 1,0).

OBS!!! Det går inte att skriva in något i "utdataformuläret"!!

- m_{sKC} massan KC i provet som användes vid "CaO-bestämningen",
 m_{sKC}/m_{sLera} massan KC per massenhet torr lera i provet som användes vid "CaO-bestämningen",
 V_{Lera} volymen hos lera ingående i provet som användes vid "CaO-bestämningen",
 ms_{KC}/V_{Lera} massan stabiliseringsmedel per volymenhet ostabiliserad jord,
 ms_{KC}/L_{Pelare} massan stabiliseringsmedel per löpmeter pelare,
(1) beräkningen baseras på resultat från både standardundersökning av ostabiliserad lera och resultat från "CaO-bestämning",
(2) beräkningen baseras enbart på resultat från "CaO-bestämningen".

Projektnamn:		Mälarbanan MB219-2												
Projektnummer:		-			Datum:			971009		Signatur:		-		
I N D A T A	Prov	[nr]	2:3	3:3	4:3	5:3	6:3	7:3	2:4	3:4	4:4	5:4	6:4	7:4
	D _{Pelare}	[mm]	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
	Konc _{CaOIK}	[%]	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
	Konc _{CaOIC}	[%]	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
	Konc _{CaOILera}	[%]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	m _{sCaO}	[g]	153	30	83,3	242	266	229	198	140	139	170	231	179
	m _{stot}	[g]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	w ₀	[%]	85	65	60	60	85	85	85	65	60	60	85	85
	w _e	[%]	61,1	36,6	51,7	60,8	53,2	62,5	62,4	61,7	51,8	61,2	52,2	69
	α _C	[%]	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
	β _{KC}	[%]	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	ρ _L	[g/cm ³]	1,5	1,6	1,65	1,65	1,5	1,5	1,5	1,6	1,65	1,65	1,5	1,5
	ρ _{sL}	[g/cm ³]	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65
	ρ _w	[g/cm ³]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Projektnamn:		Mälarbanan MB219-2												
Projektnummer:		-		Datum:		971010		Signatur:		-				
U T D A T A	Prov	[nr]	2:3	3:3	4:3	5:3	6:3	7:3	2:4	3:4	4:4	5:4	6:4	7:4
	m _{sKC}	[g]	181	25	93	294	324	277	238	165	163	203	280	214
	m _{sKC} /m _{sLera}	[%]	23	0,04	0,12	0,44	0,59	0,4	0,32	0,2	0,23	0,26	0,47	0,26
	V _{Lera} (1)	[cm ³]	1010	1005	880	685	834	891	940	862	811	773	888	969
	m _{sKC} /V _{Lera} (1)	[kg/m ³]	179	25	105	429	389	311	253	191	201	262	315	221
	m _{sKC} /L _{Pelare} (1)	[kg/m]	90	13	53	216	195	156	127	96	101	132	158	111
	V _{Lera} (2)	[cm ³]	969	741	885	955	875	973	976	977	878	968	870	1045
	m _{sKC} /V _{Lera} (2)	[kg/m ³]	187	34	105	308	370	285	244	168	186	209	322	205
	m _{sKC} /L _{Pelare} (2)	[kg/m]	94	17	53	155	186	143	123	85	93	105	162	103

Projektnamn:		Mälarbanan MB-3												
Projektnummer:		2-9706-303			Datum:			971009		Signatur:		-		
I N D A T A	Prov	[nr]	2:5	3:5	4:5	5:5	6:5	7:5	2:6	3:6	4:6	5:6	6:6	7:6
	D _{Pelare}	[mm]	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
	KonC _{CaOiK}	[%]	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
	KonC _{CaOiC}	[%]	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
	KonC _{CaOiLera}	[%]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	m _{sCaO}	[g]	154	120	75,2	85,1	132	147	23,5	39	75,7	30,2	103	75
	m _{stot}	[g]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	w ₀	[%]	85	65	60	60	85	85	85	65	60	60	85	85
	w _e	[%]	62,9	61,8	50,5	71,3	55,8	70,6	62,5	65,4	49,1	68,9	56,3	81,9
	α _C	[%]	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
	β _{KC}	[%]	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	ρ _L	[g/cm ³]	1,5	1,6	1,65	1,65	1,5	1,5	1,5	1,6	1,65	1,65	1,5	1,5
	ρ _{sL}	[g/cm ³]	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65
	ρ _w	[g/cm ³]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Projektnamn:		Mälarbanan MB-3												
Projektnummer:		2-9706-303		Datum:		971010		Signatur:		-				
U T D A T A	Prov	[nr]	2:5	3:5	4:5	5:5	6:5	7:5	2:6	3:6	4:6	5:6	6:6	7:6
	m _{sKC}	[g]	182	139	83	95	154	173	17	37	83	26	118	82
	m _{sKC} /m _{sLera}	[%]	23	0,17	0,1	0,1	0,2	0,19	0,02	0,04	0,11	0,02	0,15	0,07
	V _{Lera} (1)	[cm ³]	1009	888	890	878	1043	1019	1212	993	889	945	1088	1132
	m _{sKC} /V _{Lera} (1)	[kg/m ³]	181	157	93	108	148	170	14	37	94	27	108	73
	m _{sKC} /L _{Pelare} (1)	[kg/m]	91	79	47	54	74	86	7	19	47	14	54	37
	V _{Lera} (2)	[cm ³]	987	981	874	1080	919	1065	1001	1028	860	1064	928	1188
	m _{sKC} /V _{Lera} (2)	[kg/m ³]	185	142	94	88	168	163	17	36	97	24	127	69

Projektnamn:		Mälarbanan MB-219-4												
Projektnummer:		3-9709-446		Datum:		971009		Signatur:		-				
I N D A T A	Prov	[nr]	2:2	4:2	5:2	6:2	7:2	2:3	4:3	5:3	6:3	7:3	-	-
	D _{Pelare}	[mm]	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	-	-
	Konc _{CaOiK}	[%]	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	-	-
	Konc _{CaOiC}	[%]	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	-	-
	Konc _{CaOiLera}	[%]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-
	m _{sCaO}	[g]	23,2	86,6	69	68,2	110	126	157	213	207	143	-	-
	m _{stot}	[g]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	-	-
	w ₀	[%]	85	60	60	85	85	85	60	60	85	85	-	-
	w _e	[%]	52,7	41,4	64,2	66,4	55,6	47,2	41,4	59,2	54,2	51,4	-	-
	α _C	[%]	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	-	-
	β _{KC}	[%]	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	-	-
	ρ _L	[g/cm ³]	1,5	1,65	1,65	1,5	1,5	1,5	1,65	1,65	1,5	1,5	-	-
	ρ _{sL}	[g/cm ³]	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	-	-
ρ _w	[g/cm ³]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-

Projektnamn:		Mälarbanan MB-219-4												
Projektnummer:		3-9709-446		Datum:		971010		Signatur:		-				
U T D A T A	Prov	[nr]	2:2	4:2	5:2	6:2	7:2	2:3	4:3	5:3	6:3	7:3	-	-
	m _{sKC}	[g]	17	97	75	74	127	147	186	257	249	168	####	####
	m _{sKC} /m _{sLera}	[%]	2	0,14	0,08	0,08	0,16	0,21	0,32	0,37	0,39	0,24	####	####
	V _{Lera} (1)	[cm ³]	1213	876	897	1142	1077	1052	789	721	926	1026	####	####
	m _{sKC} /V _{Lera} (1)	[kg/m ³]	14	111	83	64	118	140	236	357	269	164	####	####
	m _{sKC} /L _{Pelare} (1)	[kg/m]	4	31	24	18	33	39	67	101	76	46	####	####
	V _{Lera} (2)	[cm ³]	903	781	1012	1034	920	834	772	942	893	874	####	####
	m _{sKC} /V _{Lera} (2)	[kg/m ³]	19	124	74	71	138	176	241	273	279	193	####	####
	m _{sKC} /L _{Pelare} (2)	[kg/m]	5	35	21	20	39	50	68	77	79	54	####	####

Projektnamn:		Mälarbanan MB-219-5												
Projektnummer:		3-9709-446		Datum:		971009		Signatur:		-				
I N D A T A	Prov	[nr]	2:4	4:4	5:4	6:4	7:4	2:5	4:5	6:5	7:5	2:9	6:9	6:9
	D _{Pelare}	[mm]	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
	KonC _{CaOik}	[%]	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	100
	KonC _{CaOiC}	[%]	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	0
	KonC _{CaOiLera}	[%]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	m _{sCaO}	[g]	123	182	178	158	187	35	74,6	157	135	14,8	12,5	12,5
	m _{stot}	[g]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	w ₀	[%]	85	60	60	85	85	85	60	60	85	85	85	85
	w _e	[%]	46,3	49,8	63,6	56,5	49,9	48,3	42	57,2	53,7	55,2	91,8	91,8
	α _C	[%]	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	100
	β _{KC}	[%]	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	100
	ρ _L	[g/cm ³]	1,5	1,65	1,65	1,5	1,5	1,5	1,65	1,65	1,5	1,5	1,5	1,5
	ρ _{sL}	[g/cm ³]	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65
	ρ _w	[g/cm ³]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Projektnamn:		Mälarbanan MB-219-5												
Projektnummer:		3-9709-446		Datum:		971010		Signatur:		-				
U T D A T A	Prov	[nr]	2:4	4:4	5:4	6:4	7:4	2:5	4:5	6:5	7:5	2:9	6:9	6:9
	m _{sKC}	[g]	143	218	213	187	224	32	82	186	158	6	3	3
	m _{sKC} /m _{sLera}	[%]	21	0,34	0,27	0,25	0,36	0,04	0,12	0,25	0,21	0,01	0	0
	V _{Lera} (1)	[cm ³]	1057	759	763	1002	957	1194	890	789	1038	1226	1229	1230
	m _{sKC} /V _{Lera} (1)	[kg/m ³]	135	287	279	187	234	26	92	236	152	5	3	2
	m _{sKC} /L _{Pelare} (1)	[kg/m]	38	81	79	53	66	7	26	67	43	1	1	1
	V _{Lera} (2)	[cm ³]	825	853	991	923	853	857	789	930	898	929	1295	1295
	m _{sKC} /V _{Lera} (2)	[kg/m ³]	173	255	215	203	263	37	104	200	176	7	2	2
	m _{sKC} /L _{Pelare} (2)	[kg/m]	49	72	61	57	74	10	29	57	50	2	1	1

BESTÄMNING AV MASSAN STABILISERINGSMEDEL PER VOLYSMENHET OSTABILISERAD JORD DÅ ENBART RESULTAT FRÅN "CaO-BESTÄMNING" FINNS TILLGÄNGLIGA

131L 9:2
1(8)

Sökt är massan kalk o cement, m_{sKC} , per volysmenhet lera, V_L , eller löpmeter pelare, L_P . Om endast egenskaperna hos det stabiliserade materialet är känt kan det sökta förhållandet uppskattas genom nedanstående ekvationer:

$$\frac{m_{sKC}}{V_L} = \frac{1000}{\left[\frac{0.25 \cdot \frac{\alpha}{100} \cdot \frac{100 - \beta_{KC}}{100} + 0.32 \cdot \frac{\beta_{KC}}{100}}{\rho_w} - \frac{1}{\rho_{sL}} \right] + \frac{m_{stot}}{\left[\frac{(10000 \cdot m_{CaO} - 100 \cdot \text{Konc}_{CaOiLera} \cdot m_{stot})}{[(\text{Konc}_{CaOiK} - \text{Konc}_{CaOiC}) \cdot \beta_{KC} + 100 \cdot \text{Konc}_{CaOiC} - 100 \cdot \text{Konc}_{CaOiLera}]} \right]} \cdot \left(\frac{1}{\rho_{sL}} + \frac{w_e}{100 \rho_w} \right)} \quad [\text{kg/m}^3]$$

$$\frac{m_{sKC}}{L_P} = \frac{1000 \cdot \left(\frac{\pi D_P^2}{4} \right)}{\left[\frac{0.25 \cdot \frac{\alpha}{100} \cdot \frac{100 - \beta_{KC}}{100} + 0.32 \cdot \frac{\beta_{KC}}{100}}{\rho_w} - \frac{1}{\rho_{sL}} \right] + \frac{m_{stot}}{\left[\frac{(10000 \cdot m_{CaO} - 100 \cdot \text{Konc}_{CaOiLera} \cdot m_{stot})}{[(\text{Konc}_{CaOiK} - \text{Konc}_{CaOiC}) \cdot \beta_{KC} + 100 \cdot \text{Konc}_{CaOiC} - 100 \cdot \text{Konc}_{CaOiLera}]} \right]} \cdot \left(\frac{1}{\rho_{sL}} + \frac{w_e}{100 \rho_w} \right)} \quad [\text{kg/m}]$$

D_P = pelarens diameter [m]

Konc_{CaOiC} = koncentrationen av CaO i cement [vikts-%; torrt mtrl]; (tumregel 60-80)

Konc_{CaOiK} = koncentrationen av CaO i kalk [vikts-%; torrt material]; (tumregel 95-100)

$\text{Konc}_{CaOiLera}$ = koncentrationen av CaO i lera [vikts-%; torrt material]; (0-1)

m_{CaO} = massan CaO enligt "CaO-bestämningen" [gram]

m_{stot} = total torkad massa vid "CaO-bestämningen" [gram]

w_e = det stabiliserade provets vattenkvot innan uttrorkning [vikts-%]

α_C = andelen cement som reagerat med vatten vid aktuell provålder [%]

(tumregel: 50 vid 3 dygn; 60 vid 7 dygn; 90 vid 90 dygn)

β_{KC} = andelen kalk i stabiliseringsmedlet [vikts-%]

ρ_{sL} = lérans kompktdensitet [gram/cm^3]; (tumregel ?)

ρ_w = vattnets densitet [gram/cm^3]; (tumregel 1,0)

Härledningen av ovanstående ekvationer framgår av Bilagorna 1 och 2.

BESTÄMNING AV MASSAN STABILISERINGSMEDEL PER VOLYSMENHET OSTABILISERAD JORD DÅ RESULTAT FRÅN STANDARDUNDERSÖKNING PÅ OSTABILISERAD LERA OCH CaO-KONCENTRATIONEN FINNS

Sökt är massan kalk o cement, m_{sKC} , per volymsenhet lera, V_{Lera} , eller löpmeter pelare, L_{pelare} . Om egenskaperna hos både den ostabiliserade och stabiliserade leran har bestämts kan det sökta förhållandet uppskattas genom nedanstående ekvationer:

$$\frac{m_{KC}}{V_L} = \left[\frac{1000}{1 - \frac{m_{stot} \left[(K_{onc} CaO_iK - K_{onc} CaO_iC) \cdot \beta_{KC} + 100 \cdot K_{onc} CaO_iC - 100 \cdot K_{onc} CaO_iLera \right]}{10000 \cdot m_{CaO} - 100 \cdot K_{onc} CaO_iLera \cdot m_{stot}}} \right] \cdot \frac{\rho_L}{(1 + w_0)} \quad [kg/m^3]$$

$$\frac{m_{sKC}}{L_P} = \left[\frac{1000 \cdot \left(\frac{\pi D_p^2}{4} \right)}{1 - \frac{m_{stot} \left[(K_{onc} CaO_iK - K_{onc} CaO_iC) \cdot \beta_{KC} + 100 \cdot K_{onc} CaO_iC - 100 \cdot K_{onc} CaO_iLera \right]}{10000 \cdot m_{CaO} - 100 \cdot K_{onc} CaO_iLera \cdot m_{stot}}} \right] \cdot \frac{\rho_L}{(1 + w_0)} \quad [kg/m]$$

D_p = pelarens diameter [m]

$K_{onc}CaO_iC$ = koncentrationen av CaO i cement [vikts-%; torrt mtrl]; (tumregel 60-80)

$K_{onc}CaO_iK$ = koncentrationen av CaO i kalk [vikts-%; torrt material]; (tumregel 95-100)

$K_{onc}CaO_iLera$ = koncentrationen av CaO i lera [vikts-%; torrt material]; (0-1)

m_{CaO} = massan CaO enligt "CaO-bestämningen" [gram]

m_{stot} = total torkad massa vid "CaO-bestämningen" [gram]

w_0 = den ostabiliserade lerans naturliga vattenkvot [vikts-%]

β_{KC} = andelen kalk i stabiliseringsmedlet [vikts-%]

ρ_L = den ostabiliserade lerans skrymdensitet [gram/cm³]

Härledningen av ovanstående ekvationer framgår av Bilagorna 1 och 3.

Bilaga 1: Härledning av stabiliseringsmedlets massa, m_{sKC} :

Antag att parametern β_{KC} betecknar den procentuella andelen kalk i stabiliseringsmedlet. Den totala massan tillsatt stabiliseringsmedel m_{sKC} kan då skrivas:

$$m_{sKC} = m_{sK} + m_{sC} = m_{sKC} \frac{\beta_{KC}}{100} + m_{sKC} \left(\frac{100 - \beta_{KC}}{100} \right) \quad (1a,b)$$

Massan KC, m_{sKC} , i provet är kopplad till mängden uppmätt mängd CaO vid "CaO-bestämningen", men beror även av CaO-koncentrationen i kalk, $Konc_{CaOiK}$, och cement, $Konc_{CaOiC}$. Förekommer CaO naturligt i leran måste även detta beaktas (se nedan) vid bestämningen av m_{sKC} . Allmänt kan dock sambandet mellan massan KC, m_{sKC} , och massan CaO i KC, m_{CaOiKC} , skrivas:

$$m_{CaOiKC} = m_{sK} \frac{Konc_{CaOiK}}{100} + m_{sC} \frac{Konc_{CaOiC}}{100} = m_{sKC} \frac{\beta_{KC}}{100} \frac{Konc_{CaOiK}}{100} + m_{sKC} \left(\frac{100 - \beta_{KC}}{100} \right) \frac{Konc_{CaOiC}}{100} \quad (2a,b)$$

dvs:

$$m_{sKC} = 10000 \cdot \frac{m_{CaOiKC}}{[(Konc_{CaOiK} - Conc_{CaOiC}) \cdot \beta_{KC} + 100 \cdot Conc_{CaOiC}]} \quad (3)$$

För att kunna bestämma m_{CaOiKC} i (3) utnyttjas att det torra materialets massa, m_{stot} , och massan CaO, m_{CaO} , bestäms vid CaO-bestämningen". m_{stot} kan delas upp i lerans torra massa, m_{sL} , och stabiliseringsmedlets torra massa, m_{sKC} . Om den naturliga koncentrationen CaO i leran, $Konc_{CaOiLera}$, är skild från noll måste detta beaktas vid uppdelningen av m_{CaO} . Sammantaget kan uppdelningen göras enligt följande:

$$m_{stot} = m_{sKC} + m_{sL} \quad (4)$$

$$m_{CaO} = m_{CaOiKC} + m_{CaOiLera} = m_{CaOiKC} + m_{sL} \frac{Konc_{CaOiLera}}{100} \quad (5a,b)$$

BIL 9:2

4(8)

Kombineras (4) och (5b) erhålls:

$$m_{\text{CaO}|\text{KC}} = m_{\text{CaO}} - (m_{\text{stot}} - m_{\text{sKC}}) \cdot \frac{\text{Konc CaO}|\text{Lera}}{100} \quad (6)$$

Införs (6) i (3) kan slutligen massan stabiliseringsmedel, m_{sKC} , beräknas enligt:

$$m_{\text{sKC}} = \frac{10000 \cdot m_{\text{CaO}} - 100 \cdot \text{Konc CaO}|\text{Lera} \cdot m_{\text{stot}}}{(\text{Konc CaO}|\text{K} - \text{Konc CaO}|\text{C}) \cdot \beta_{\text{KC}} + 100 \cdot \text{Konc CaO}|\text{C} - 100 \cdot \text{Konc CaO}|\text{Lera}} \quad (7)$$

Q.E.D.

Bilaga 2: Härledning av lerans ursprungliga volym, V_L , då endast resultat från "CaO-bestämning" finns:

Om lera antas var helt vattenmättad innan stabiliseringen kan lerans ursprungliga volym (innan stabiliseringsmedlet tillsats), V_L , beräknas på basis av lerans kompaktetsitet, ρ_{sL} (antas vara känd), vattnets densitet, ρ_w (antas vara känd), lerans torra massa, m_{sL} , samt vattnets massa innan stabiliseringen, m_{w0} , enligt följande:

$$V_L = V_{sL} + V_{w0} = \frac{m_{sL}}{\rho_{sL}} + \frac{m_{w0}}{\rho_w} \quad (8a, b)$$

Lerans torra massa, m_{sL} , kan beräknas genom att kombinera (4) och (7). Då erhålls:

$$m_{sL} = m_{stot} - \frac{10000 \cdot m_{CaO} - 100 \cdot \text{Konc } CaO_{iLera} \cdot m_{stot}}{(\text{Konc } CaO_{iK} - \text{Konc } CaO_{iC}) \cdot \beta_{KC} + 100 \cdot \text{Konc } CaO_{iC} - 100 \cdot \text{Konc } CaO_{iLera}} \quad (9)$$

För att kunna bestämma det ursprungliga vattnets massa, m_{w0} , krävs kännedom om massan vatten efter stabiliseringen, m_{we} , vilka kemiska reaktioner som sker då KC tillsätts samt hur stor mängd vatten som förbrukas vid dessa reaktioner. En redogörelse av de kemiska reaktionerna presenteras i SGI Rapport 48 och där framgår att en detaljerad kännedom om de ingående komponenterna i cement och kalk erfordras. Tyvärr är sådana data sällan tillgängliga. Som en tumregel kan dock antas att det förbrukas 25 gram vatten per 100 gram cement vid de kemiska reaktionerna. Motsvarande siffra i kalk är 32 gram vatten per 100 gram kalk. För att den angivna vattenförbrukningen skall erhållas vid cementets reaktion krävs dock flera månader. En tumregel är att 50 % av cementet reagerat med vattnet efter 3 dygn, 60 % efter 7 dygn och 90 % efter 90 dygn. Då kalk används förbrukas däremot vattnet inom något/några dygn.

Om vattenförbrukningen pga andra skeenden (t.ex. ettringitbildning, avdunstning och ökad vattenmättnad med tiden i fält) försummas kan ovanstående tumregler

utnyttjas för att uppskatta mängden vatten innan stabiliseringen, m_{w0} . Antag att parametern α_c anger hur stor procentuell andel av cementet som reagerat (dvs förbrukat vatten) vid tidpunkten t. Antag dessutom att vatten endast förbrukas vid den kemiska reaktionen då kalk och cement "brinner", dvs inget vatten avgår pga temperaturhöjning, avdunstning, etc. Sambandet mellan massan vatten före och efter tillsättningen av stabiliseringsmedlet, m_{w0} respektive m_{we} , kan då tecknas:

$$m_{w0} = m_{we} + 0.25 \cdot \frac{\alpha_c}{100} \cdot m_{sC} + 0.32 \cdot m_{sK} \quad (10)$$

BIL 9:2
6(8)

Utnyttjas definitionen för β_{KC} och (1b) kan (10) istället skrivas:

$$m_{w0} = m_{we} + m_{sKC} \left(0.25 \frac{\alpha_C}{100} \frac{100 - \beta_{KC}}{100} + 0.32 \frac{\beta_{KC}}{100} \right) \quad (11)$$

Införs (7) i (11) kan m_{w0} bestämmas enligt:

$$m_{w0} = m_{we} + \left[\frac{10000 \cdot m_{CaO} - 100 \cdot \text{Konc } CaOiLera \cdot m_{stot}}{(\text{Konc } CaOiK - \text{Konc } CaOiC) \cdot \beta_{KC} + 100 \cdot \text{Konc } CaOiC - 100 \cdot \text{Konc } CaOiLera} \right] \cdot \left(0.25 \frac{\alpha_C}{100} \frac{100 - \beta_{KC}}{100} + 0.32 \frac{\beta_{KC}}{100} \right) \quad (12)$$

Vid "CaO-bestämningen" erhålls det stabiliserade provets (procentuella) vattenkvot, w_e . Provets vattenmassa (innan torkning), m_{we} , kan då skrivas:

$$m_{we} = \frac{w_e \cdot m_{stot}}{100} \quad (13)$$

Lerans volym innan stabiliseringsmedlet tillsats, V_L , erhålls slutligen genom att införa (9), (12) och (13) i (8b):

$$V_L = \frac{m_{stot} - \frac{10000 \cdot m_{CaO} - 100 \cdot \text{Konc } CaOiLera \cdot m_{stot}}{(\text{Konc } CaOiK - \text{Konc } CaOiC) \cdot \beta_{KC} + 100 \cdot \text{Konc } CaOiC - 100 \cdot \text{Konc } CaOiLera}}{\rho_{sL}} + \frac{\frac{w_e \cdot m_{stot}}{100} + \left[\frac{10000 \cdot m_{CaO} - 100 \cdot \text{Konc } CaOiLera \cdot m_{stot}}{(\text{Konc } CaOiK - \text{Konc } CaOiC) \cdot \beta_{KC} + 100 \cdot \text{Konc } CaOiC - 100 \cdot \text{Konc } CaOiLera} \right] \cdot \left(0.25 \frac{\alpha_C}{100} \frac{100 - \beta_{KC}}{100} + 0.32 \frac{\beta_{KC}}{100} \right)}{\rho_w} \quad (14)$$

Q.E.D.

BIL 9:2
7(8)

Minskningen i vattenkvot pga stabiliseringen erhålls från (9), (12) och (13) enligt:

$$w_o - w_e = 100 \cdot \frac{m_{w0}}{m_{sL}} - w_e = 100 \cdot \left[\frac{\frac{w_e \cdot m_{stot}}{100} + \left[\frac{10000 \cdot m_{CaO} - 100 \cdot \text{Konc } CaOiLera \cdot m_{stot}}{(\text{Konc } CaOiK - \text{Konc } CaOiC) \cdot \beta_{KC} + 100 \cdot \text{Konc } CaOiC - 100 \cdot \text{Konc } CaOiLera} \right] \cdot \left(0.25 \frac{\alpha_C}{100} \cdot \frac{100 - \beta_{KC}}{100} + 0.32 \cdot \frac{\beta_{KC}}{100} \right)}{m_{stot} - \frac{10000 \cdot m_{CaO} - 100 \cdot \text{Konc } CaOiLera \cdot m_{stot}}{(\text{Konc } CaOiK - \text{Konc } CaOiC) \cdot \beta_{KC} + 100 \cdot \text{Konc } CaOiC - 100 \cdot \text{Konc } CaOiLera}} \right] - w_e \quad (15)$$

Bilaga 3: Härledning av lerans ursprungliga volym, V_L , då resultat från standardundersökning på ostabiliserad lera och "CaO-bestämning" finns:

Den ostabiliserade lerans densitet, ρ_L , och vattenkvot, w_0 , erhålls från rutinundersökningar. Den ursprungliga jordens volym, V_L kan då, utgående från ekvation (16) och (17), skrivas som (18):

$$m_w = w_0 \cdot m_{sL} \quad (16)$$

$$\rho_L = \frac{m_{sL} + m_w}{V_L} \quad (17)$$

$$V_L = \frac{(1 + w_0)}{\rho_L} \cdot m_{sL} \quad (18)$$

Införs (9) i (18) erhålls slutligen:

$$V_L = \frac{(1 + w_0)}{\rho_L} \cdot \left[m_{stot} - \frac{10000 \cdot m_{CaO} - 100 \cdot \text{Konc } CaOiLera \cdot m_{stot}}{(\text{Konc } CaOiK - \text{Konc } CaOiC) \cdot \beta_{KC} + 100 \cdot \text{Konc } CaOiC - 100 \cdot \text{Konc } CaOiLera} \right] \quad (19)$$

Q.E.D.

Bo Orre Markråd & Co AB

Praktisk geoteknik för
ekonomiskt markbygge



KC-PELARE I BRO

FRAMSCHAKTNING INOM FODERRÖR

Fältarbete utfört av: LC Markteknik AB

Fältrapport upprättad av: Ulf Johnson, Bo Orre Markråd & Co AB
1997-09-24

Uppdragsgivare: Svensk Djupstabilisering

Kalkcementpelare i Bro - framschaktning inom foderrör

Fältrapport

Objekt: Mälarbanan, delen Kungsängen - Bålsta (MB 219)
Vägbro över järnväg, km 35+530 (Banverket)
Beställare: Svensk Djupstabilisering
Fältundersökning: LC Markteknik AB (97-09-09 - 97-09-11)
Lab.undersökning: SGI

Bilagor: 1:1-9 Fotografier
2:1-14 Fältprotokoll
3 Laboratorieundersökningar (SGI)
4

Omfattning av undersökningar

Undersökningarna omfattade framschaktning av två st kalkcementpelare enligt förslag från SGI (97-09-07) och LC Markteknik AB (97-09-03). De två utvalda pelarna var "K138" med diametern $\phi 800$ och "FOPS 1" med diametern $\phi 600$.

Metod

Framschaktningen utfördes med grävmaskin inom foderrör i princip på samma sätt som vid utförande av grävpålar. Foderröret var av stål, hade diametern 1.0 m och skarvades med bultförband varje meter.

Schaktning utfördes med gripskopa i 1-metersintervaller så djupt det var möjligt. För varje 1-metersintervall framschaktades en jämn yta i botten för att

- dokumentera eventuell förekomst av spår från tidigare pelarsondering, KPS och FOPS
- dokumentera eventuell förekomst av spår från tidigare provtagning med skruv- och kolvprovtagare
- dokumentera pelarens form, diameter, eventuella synliga eller kännbara svaghetszoner m m
- fotografera tvärsnittet
- kontrollera pelarens fasthet genom enkel sticksondering
- ta prover på materialet i samma punkter som sticksonderingen

Kommentarer

Foderrörsdrivningen runt pelare K138 började gå trögt fr o m 6 meters djup. Foderröret hade fått kontakt med KC-pelarens vägg. På 7 meters djup hade delar av pelaren hamnat utanför foderröret och på 8 meters djup hade troligen foderröret kommit in i intilliggande 600-pelare. Botten luckrades upp (stort vattentryck underifrån!) och mätningar blev meningslösa.

Vid pelare FOPS1 lyckades foderrörsdrivningen bättre med pelaren i centrum hela vägen. För att spara tid och koncentrera insatserna på de större djupen utfördes inga undersökningar på 1 och 3 meters djup. Mätningarna avbröts på 8.5 meters djup p g a bottenuppträckningstendenser.

Protokoll upprättades för varje pelare och nivå med pelarens orientering i längdmätningsriktningen.

Förekomst av spår från tidigare sondering

KC-pelaren har ofta en svaghetszon i mitten av de båda undersökta pelarna som i fält bedömdes som det troliga läget för tidigare pelarsondering. Det går inte säkert att urskilja om det är från sonderingen eller från pelarmaskinens "kelly-stång". Pelarsondens vinge är endast synlig i de översta skikten.

Förekomst av spår från tidigare provtagning

Provtagningshålet är synligt ner till 7 m djup i pelare K138. Hålets avstånd från pelarcentrum ökar något mot djupet. I pelare FOPS1 har ingen provtagning skett.

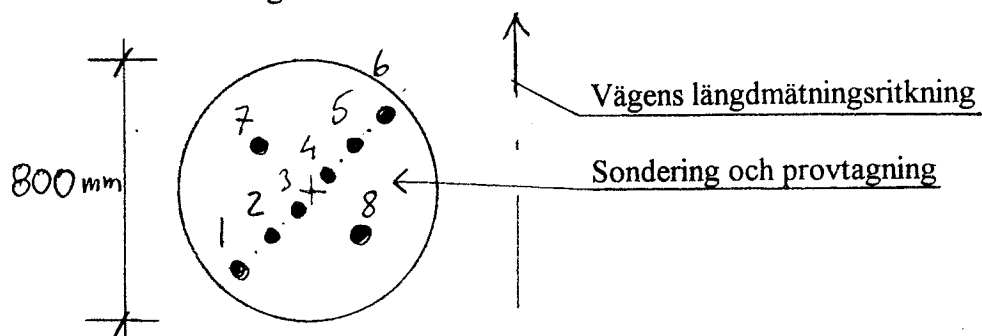
Pelarens form, diameter, svaghetszoner m m

Båda pelarna har ett någorlunda cirkulärt tvärsnitt. Pelare K138 och FOPS1 har en uppmätt diameter som varierar mellan 650 och 800 mm respektive 600 och 605 mm. Det allmänna intrycket var att pelare FOPS1 var fastare och mer homogen jämfört med pelare K138. Pelare K138 hade vissa svaghetszoner (områden med lägre fasthet) på 4 och 5 meters djup. Det gick inte att med blotta ögat se om detta var resultatet av mindre bindemedel, sämre inblandning eller hade någon annan orsak.

Kontroll av pelarens fasthet

Pelarens fasthet kontrollerades genom att med enkel sticksondering "känna efter" och betygsätta enligt en i förväg uppgjord skala där 1=mycket lös, 2=ganska lös, 3=varken lös eller fast, 4=ganska fast, 5=mycket fast. Betyg 1 kännetecknar fastheten hos ostabiliserad lös lera och 5 är betyget för en fast

och jämn stabiliserad yta. Sticksonden användes även för att ta fram pelarens yttre begränsning. Sonderingarnas lägen i pelartvärsnittet framgår av nedanstående figur.



Provtagning

Provtagningen utfördes med vanlig planteringsspade med provvolymen ca 2 dl och i samma lägen som sonderingarna. Provtagningspunkterna 1 och 6 slopades för 600-pelaren eftersom lägen hamnade i pelarens periferi. Proverna skickades till SGI:s laboratorium för analys av CaO-halten.

Bo Orre Markråd & Co AB

Ulf Johnson
Ulf Johnson



Foderröret slås ned med en jordfylld vikt.



Schaktning inuti foderröret med gripskopa.
För att jämna till botten utfördes sedan hand-
schaktning.



⁴
Övre bilden

Nedstigning.

Undre bilden

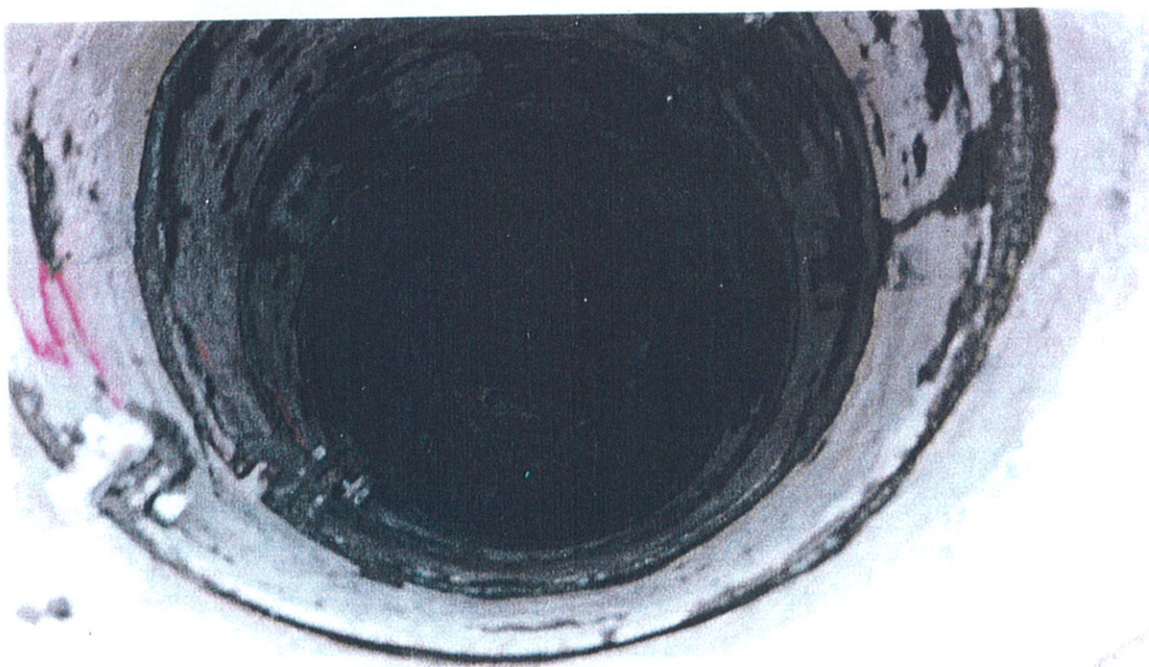
Provtagning på varje
meter enligt ett i
förväg uppgjort program.
Proverna skickades
till SGI för analys.



"Övre & nedre bilderna"

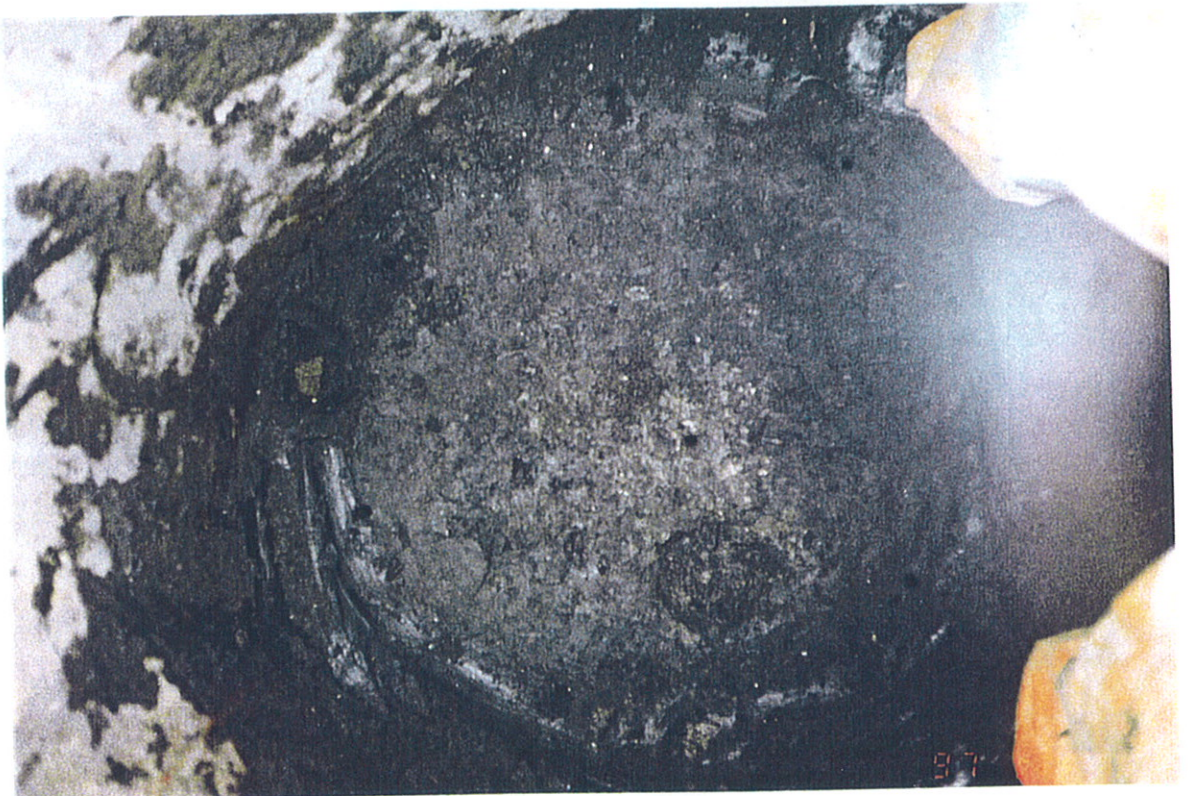


Foderröret började avvika från lodlinjen de sista två metrarna. På undre bilden syns det att delar av KL-pelaren hamnat utanför foderröret (KL-pelaren är den torrare överdelen i botten som omges av en "glansighet" i periferin). Undre bilden är från 7m djup.





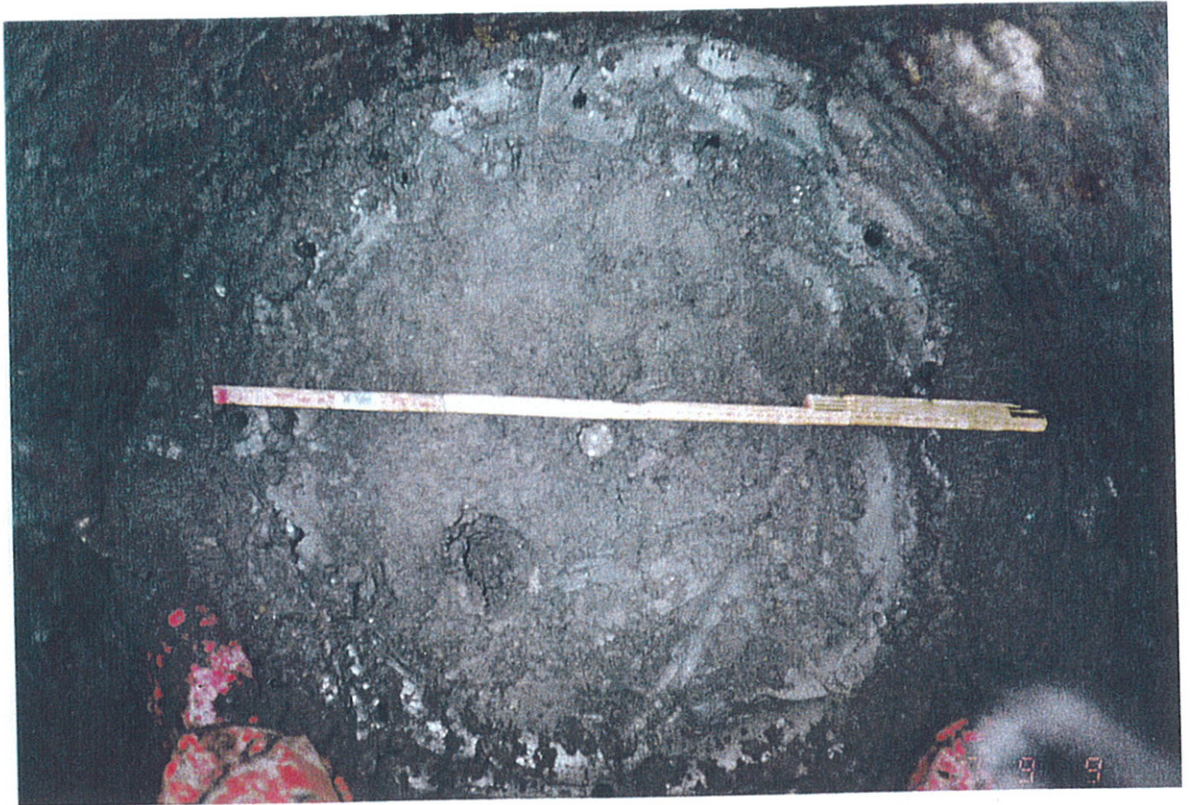
2 m Det tydligt synliga hålet härstammar från tidigare provtagning.



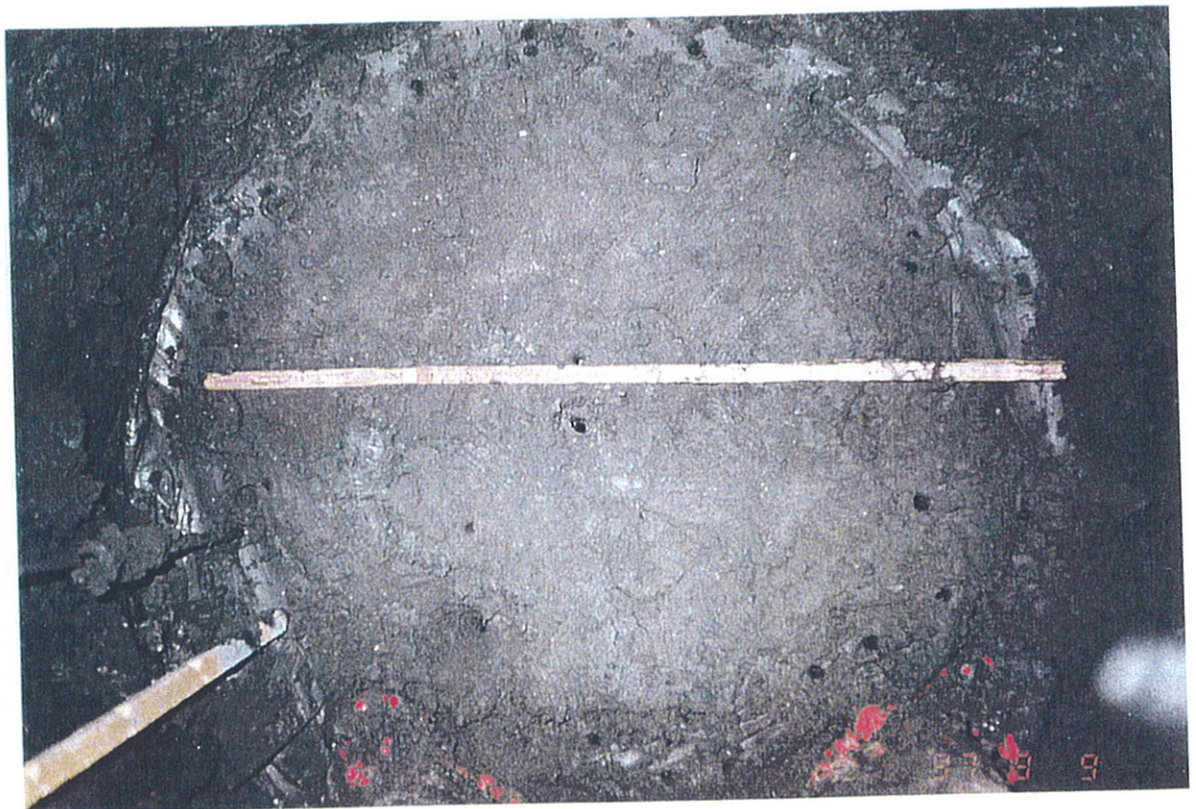
3 m

K138

Bilaga 1:5



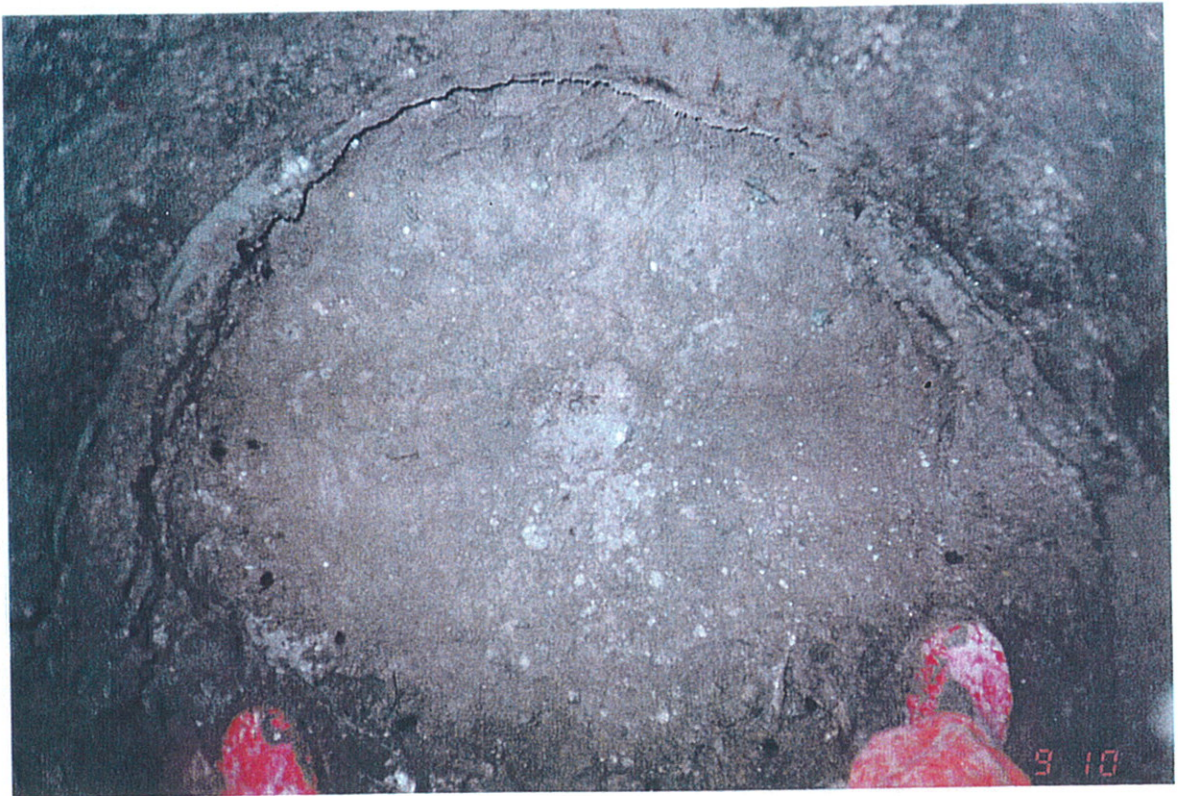
4m



5m

K138

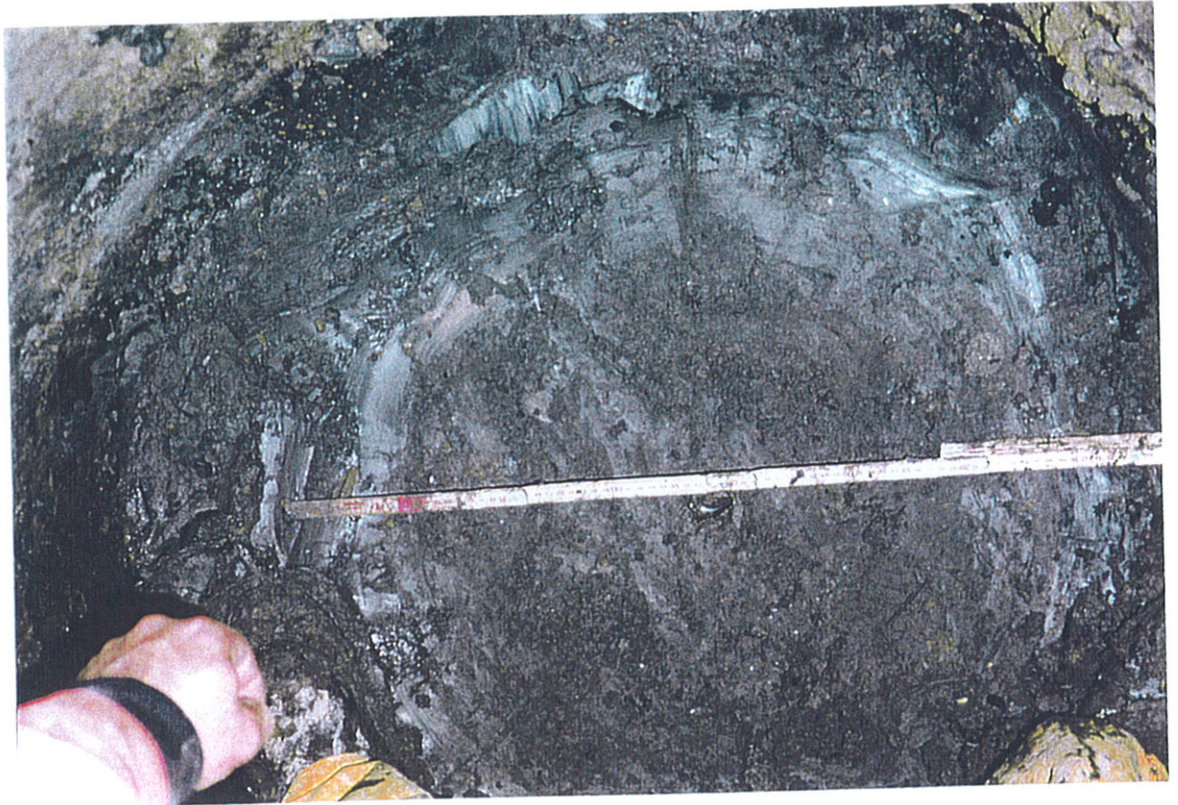
Bilaga 1:6



6m



7m



2 m



4 m



5m



6,2 m

FOPS 1

Bilaga 1:9

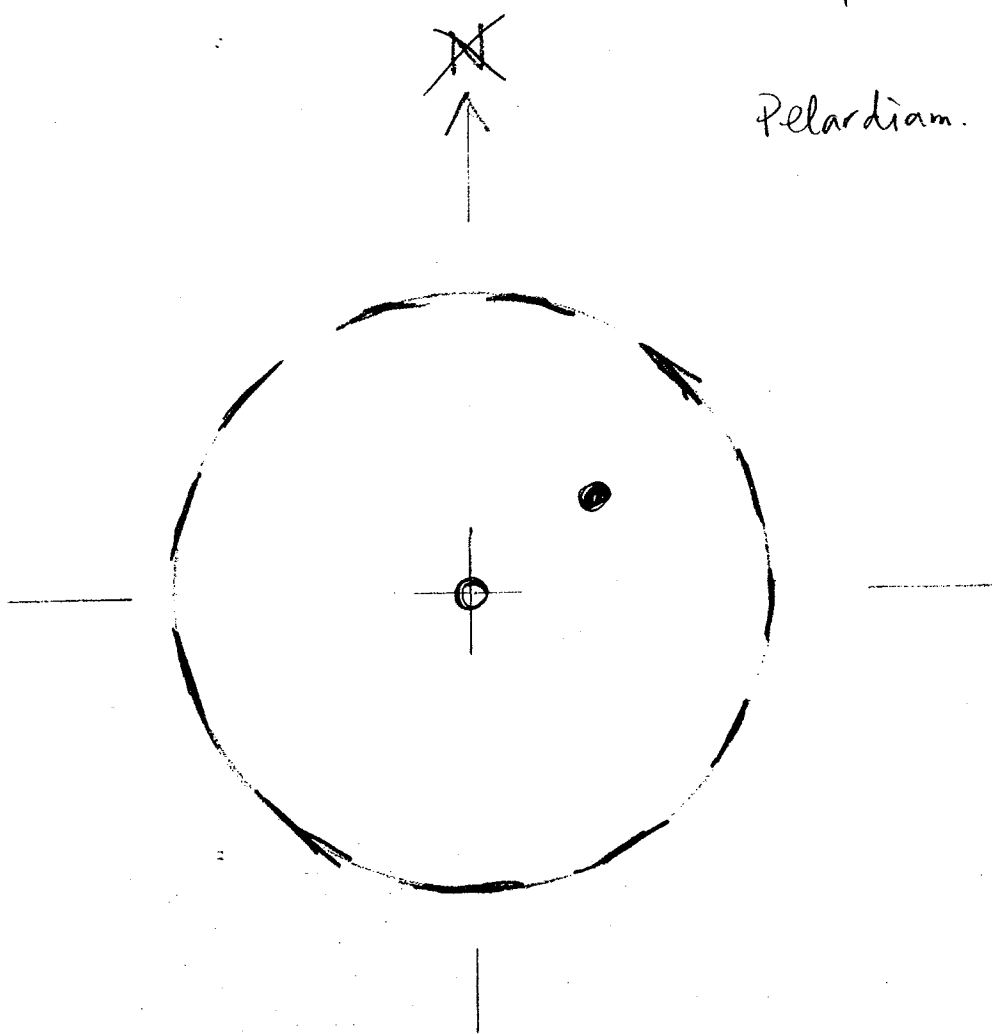


7.5 m

Bo Orre Markråd AB Praktisk geoteknik för ekonomiskt markbygge 08-622 61 01	KE-pelare vid Bro	VJ 97-09-09
	Pelare nr: K138	
	Djup u my: 1,0 m	

Marknivå ca +8,2
Ök pelare ca +7,5

Pelardiam. 800 mm



- Tidigare sondering
- — " — provtagning
- - - - Verklig pelares form

Kommentar: Jämn pelare

	Sondering	Provtagning
1	5	—
2	5	—
3	5	—
4	5	—
5	5	—
6	5	—
7	5	—
8	5	—

Bo Orre Markråd AB
Praktisk geoteknik för
ekonomiskt markbygge
08-622 61 01

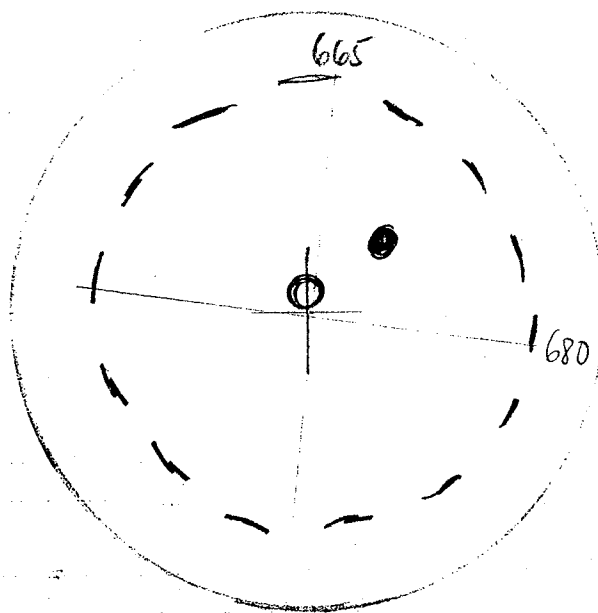
KC-pelare vid Bro

U 97-09-09

Pelare nr: K138

Djup u my: 2,0 m

Pelardiam. 665-680 mm

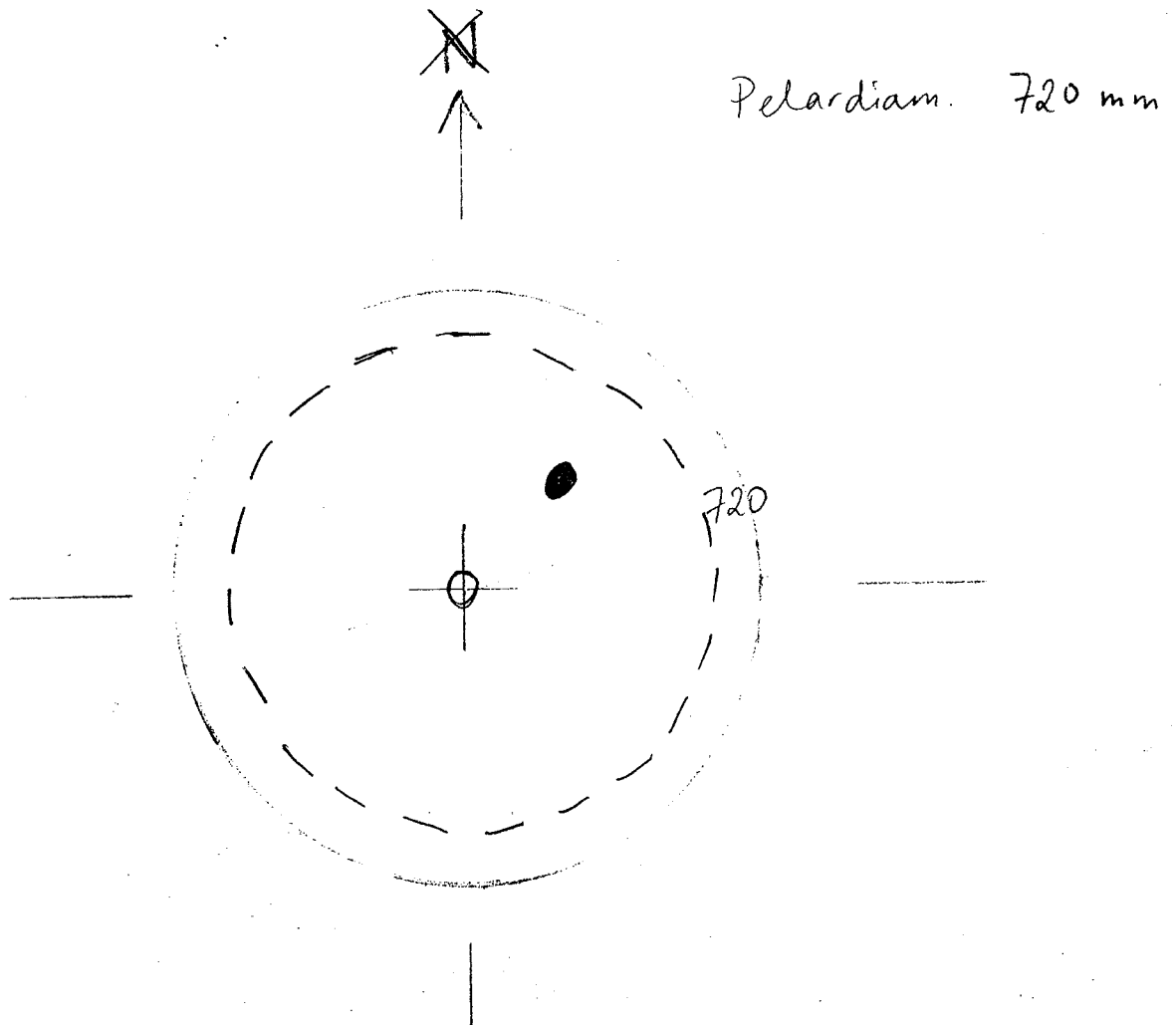


- Tidigare sondering
- — " — provtagning
- Verklig pelares form

Kommentar: Jämn pelare

	Sondering	Provtagning
1	4	2:1
2	4	2:2
3	4	2:3
4	4	2:4
5	4	2:5
6	4	2:6
7	4	2:7
8	4	2:8

Bo Orre Markråd AB Praktisk geoteknik för ekonomiskt markbygge 08-622 61 01	KE-pelare vid Bro	UJ 97-09-09
	Pelare nr: K138	
	Djup u my: 3,0 m	



	Sondering	Provtagning
○ Tidigare sondering	1 3	3:1
● " provtagning	2 3	3:2
---- Verklig pelares form	3 3	3:3
	4 3	3:4
Kommentar: Ojämn pelare	5 4	3:5
	6 1	3:6
	7 4	3:7
	8 3	3:8

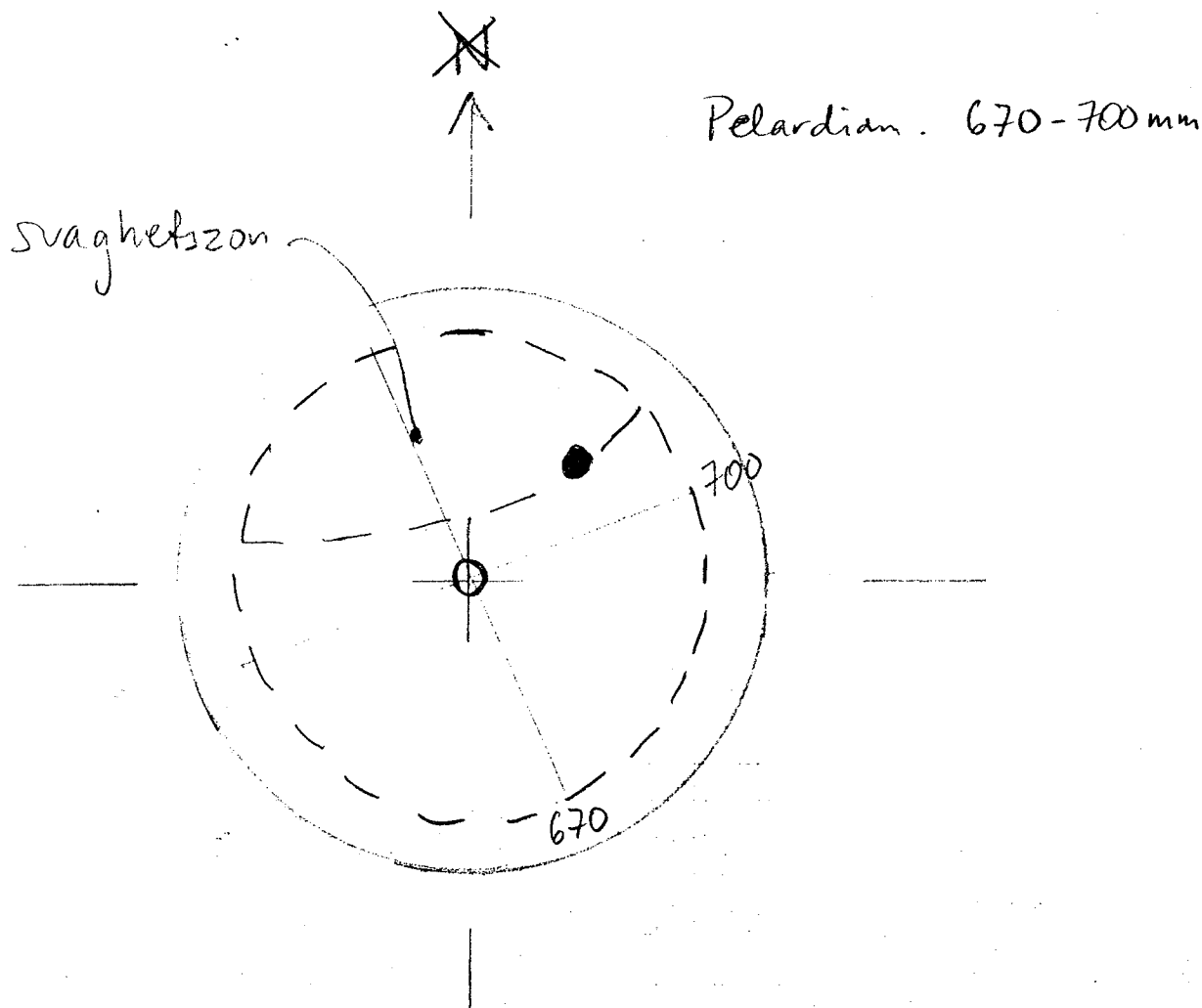
Bo Orre Markråd AB
Praktisk geoteknik för
ekonomiskt markbygge
08-622 61 01

KC-pelare vid Bro

UJ 97-09-09

Pelare nr: K138

Djup u my: 4,0 m



- Tidigare sondering
- " " provtagning
- Verklig pelares form

	Sondering	Provtagning
1	2	4:1
2	4	4:2
3	3	4:3
4	3	4:4
5	4	4:5
6	2	4:6
7	3	4:7
8	4	4:8

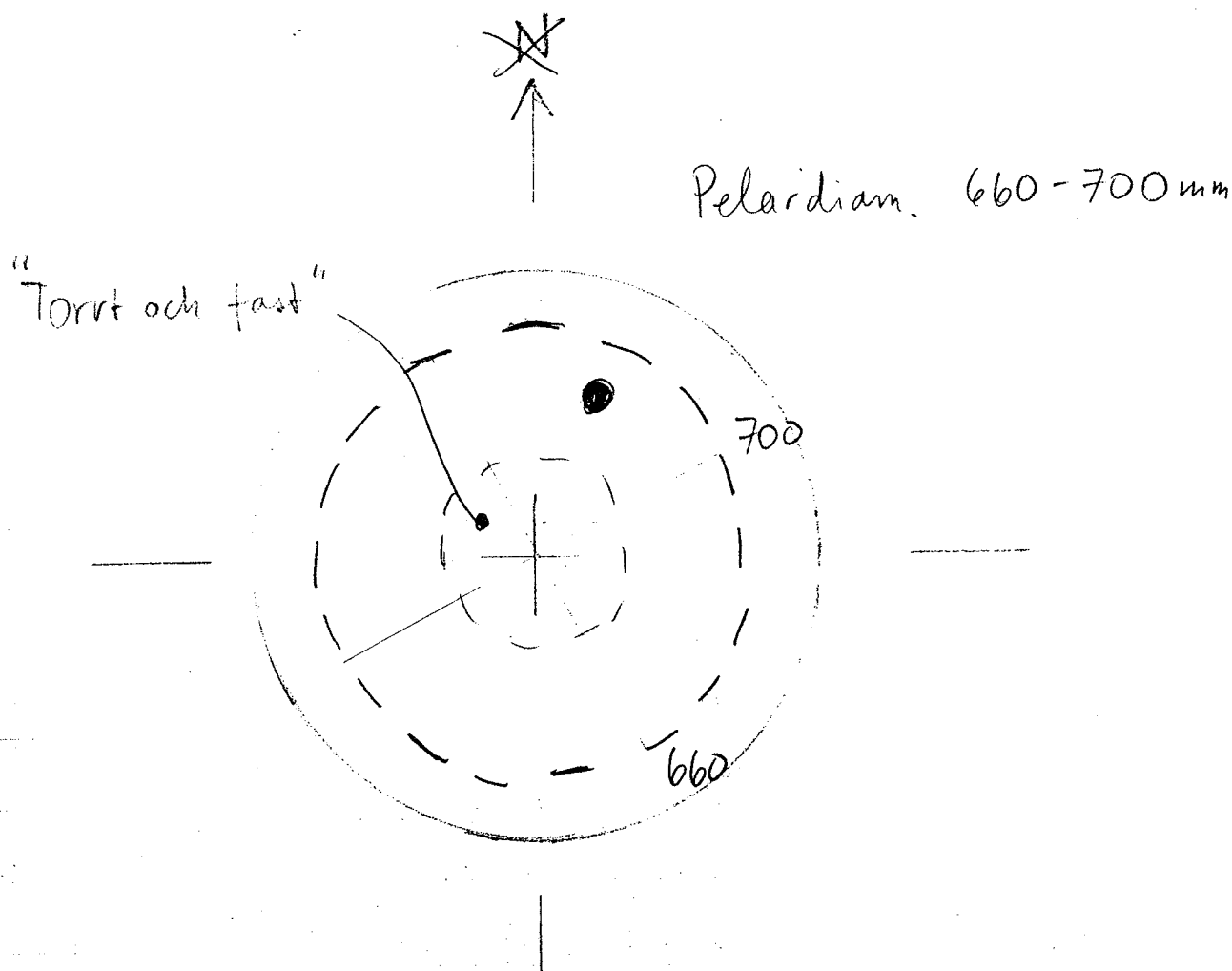
Bo Orre Markråd AB
Praktisk geoteknik för
ekonomiskt markbygge
08-622 61 01

KC-pelare vid Bro

Pelare nr: K138

Djup u my: 5,0 m

UJ 97-09-10

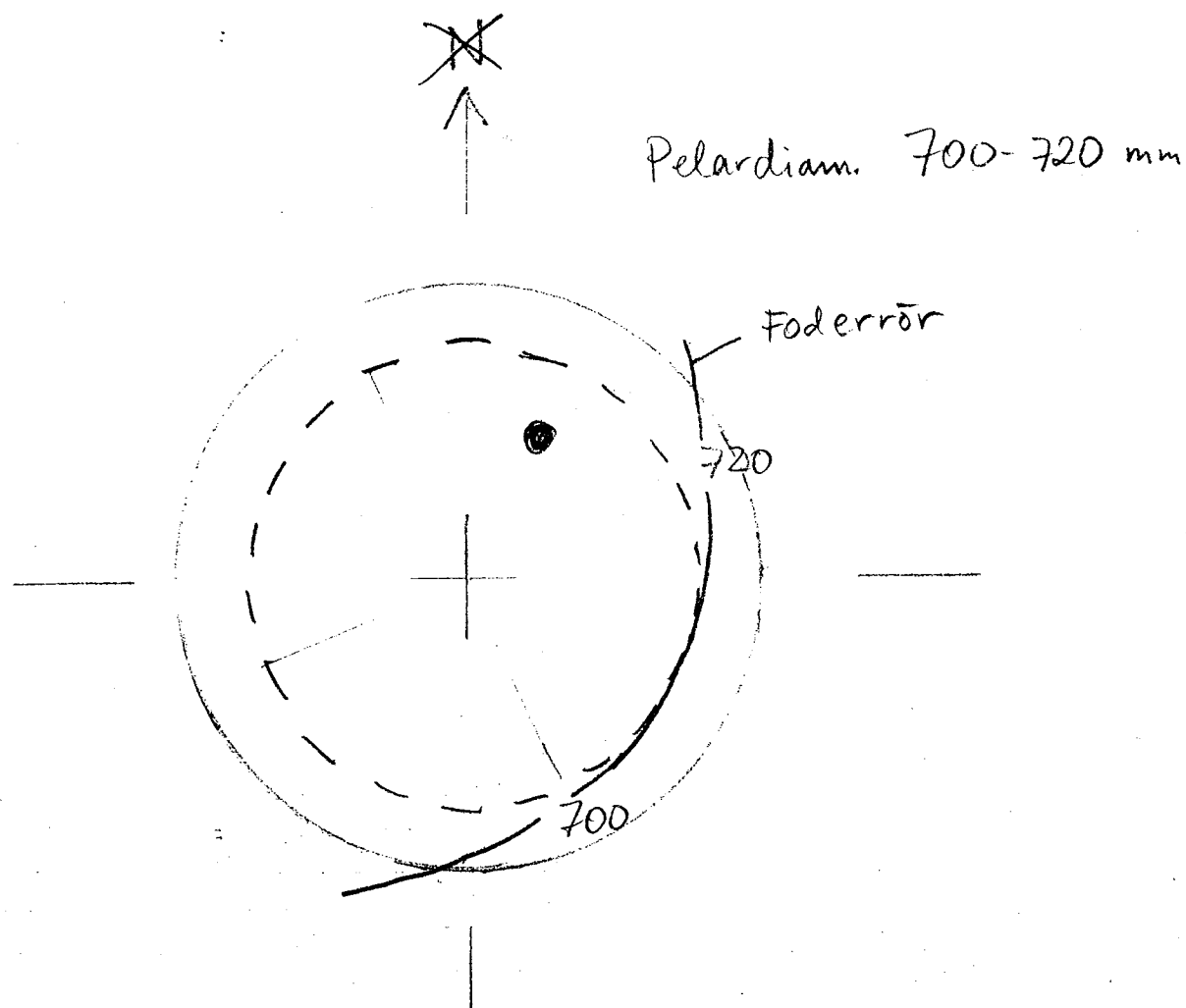


- Tidigare sondering
- — " — provtagning
- Verklig pelares form

Kommentar: Pelaren förefaller
vara "torr och fast" i mitten
(5) och lösare (3) i periferin

	Sondering	Provtagning
1	3	5:1
2	5	5:2
3	5	5:3
4	5	5:4
5	5	5:5
6	4	5:6
7	5	5:7
8	5	5:8

Bo Orre Markråd AB Praktisk geoteknik för ekonomiskt markbygge 08-622 61 01	KE-pelare vid Bro	UJ 270910
	Pelare nr: K138	
	Djup u my: 6,0 m	



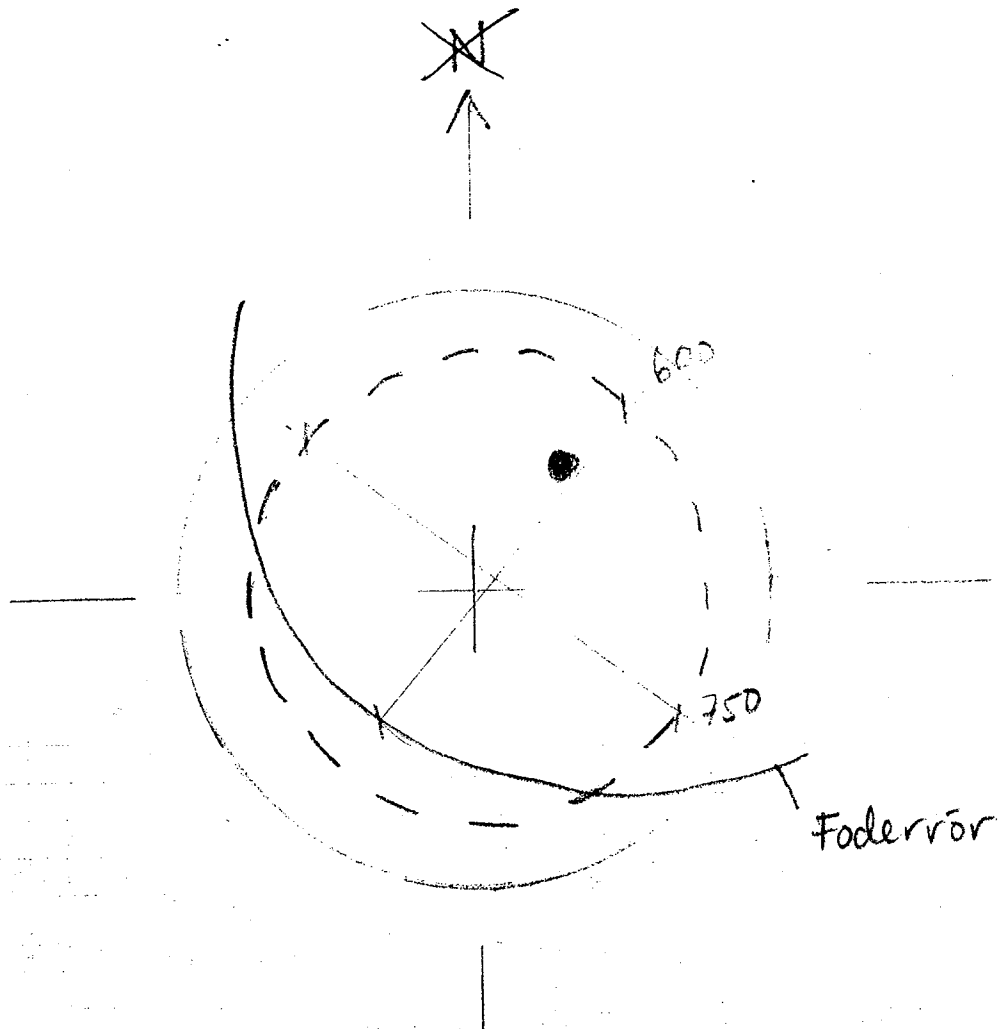
- Tidigare sondering
- — " — provtagning
- Verklig pelares form

	Sondering	Provtagning
1	4	6:1
2	5	6:2
3	4	6:3
4	4	6:4
5	4	6:5
6	3	6:6
7	5	6:7
8	5	6:8

Kommentar: Ulf Johnson och Stig Andrén (KPS-utförare) har inspekterat denna nivå. Inga spår efter KPS-sondering

Prov i ostab. lera 6:9

Bo Orre Markråd AB Praktisk geoteknik för ekonomiskt markbygge 08-622 61 01	KC-pelare vid Bro	US 970910
	Pelare nr: K138	
	Djup u my: 7.0 m	

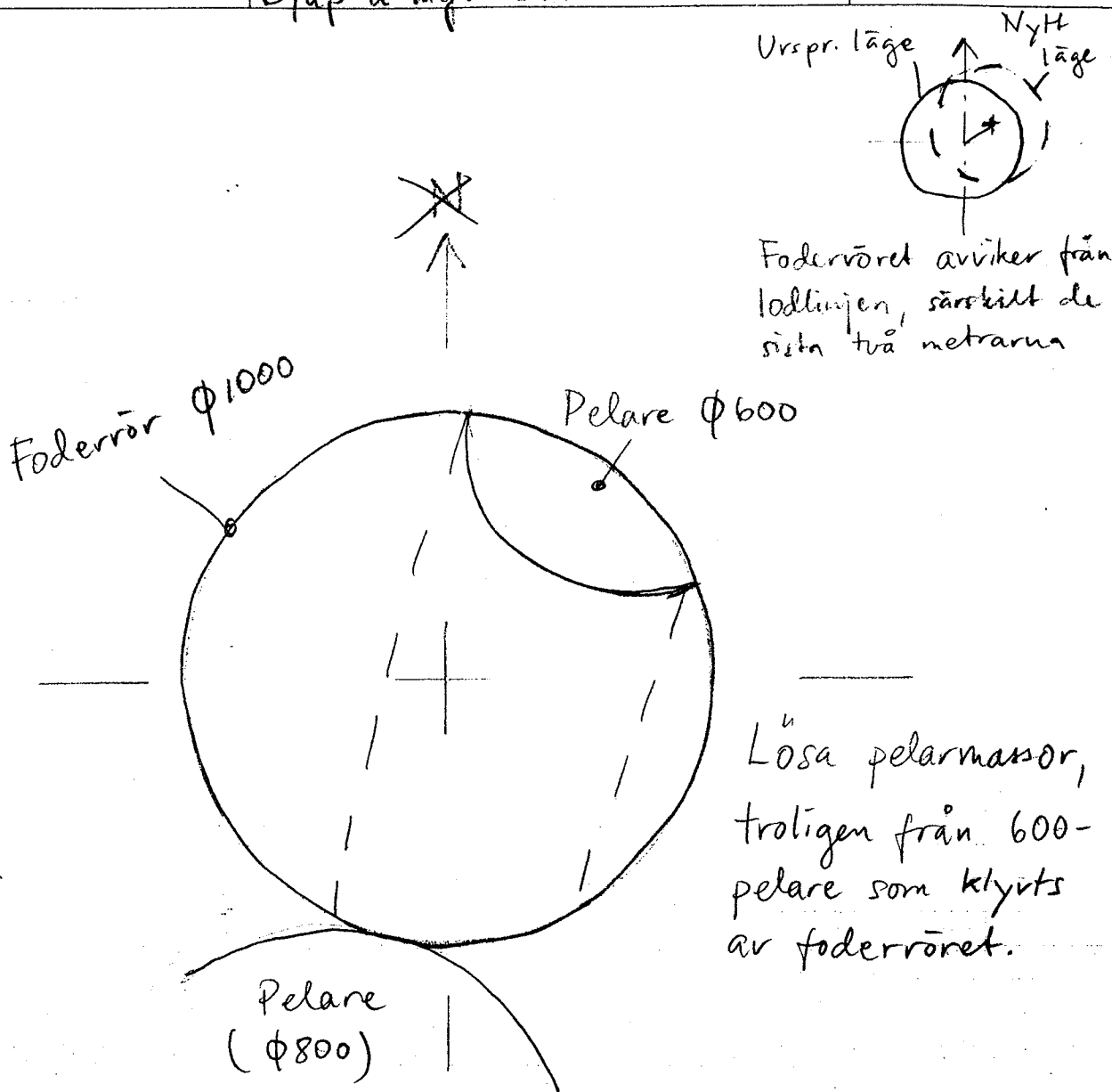


- Tidigare sondering
- — " — provtagning
- Verklig pelares form

	Sondering	Provtagning
1	3	7:1
2	3	7:2
3	4	7:3
4	5	7:4
5	5	7:5
6	2 (pelar-kant)	7:6
7	3	7:7
8	4	7:8

Prov i ostab. lera 7:9

Bo Orre Markråd AB Praktisk geoteknik för ekonomiskt markbygge 08-622 61 01	KE-pelare vid Bro	VJ 970910
	Pelare nr: K138	
	Djup u my: 8.0	



Lösa pelarmassor, troligen från 600-pelare som klyvts av foderröret.

- Tidigare sondering
- — " — provtagning
- Verklig pelares form

	Sondering	Provtagning
1	—	—
2	—	—
3	—	—
4	—	—
5	—	—
6	—	—
7	—	—
8	—	—

Kommentar: Ej meningsfullt med fortsatta undersökningar. Pelare Ø800 kan kännas under foderröret. ?

Bo Orre Markråd AB
Praktisk geoteknik för
ekonomiskt markbygge
08-622 61 01

KC-pelare vid Bro

UJ 970911

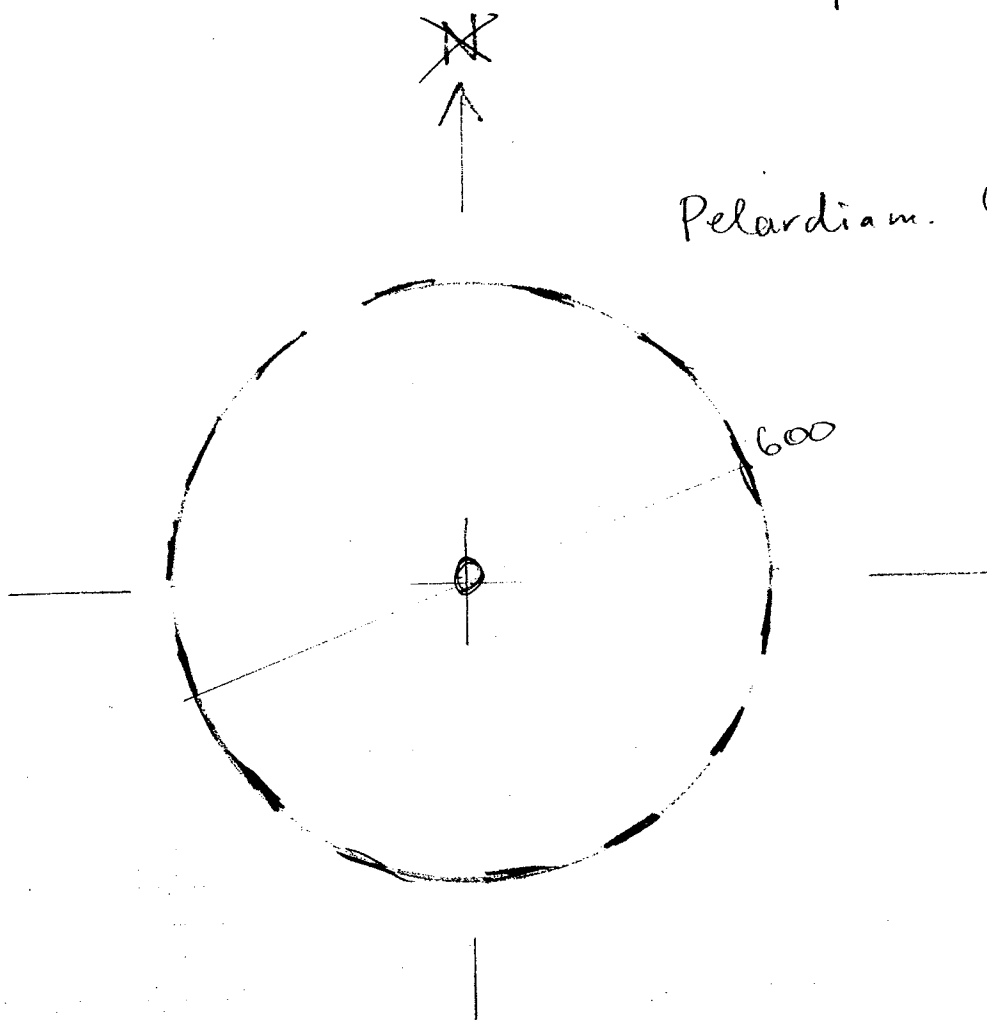
Pelare nr: FOPS1 ($\phi 600$)

Djup u my: 2,0 m

Marknivå ca + 8,2

Ök pelare ca + 7,5

Pelardiam. 600 mm



- Tidigare sondering
- — " — provtagning
- Verklig pelares form

	Sondering	Provtagning
1	4	—
2	5	F:2:2
3	5	F:2:3
4	5	F:2:4
5	5	F:2:5
6	3	F:2:6
7	5	F:2:7
8	5	F:2:8

Prov i ostab. lera F:2:9

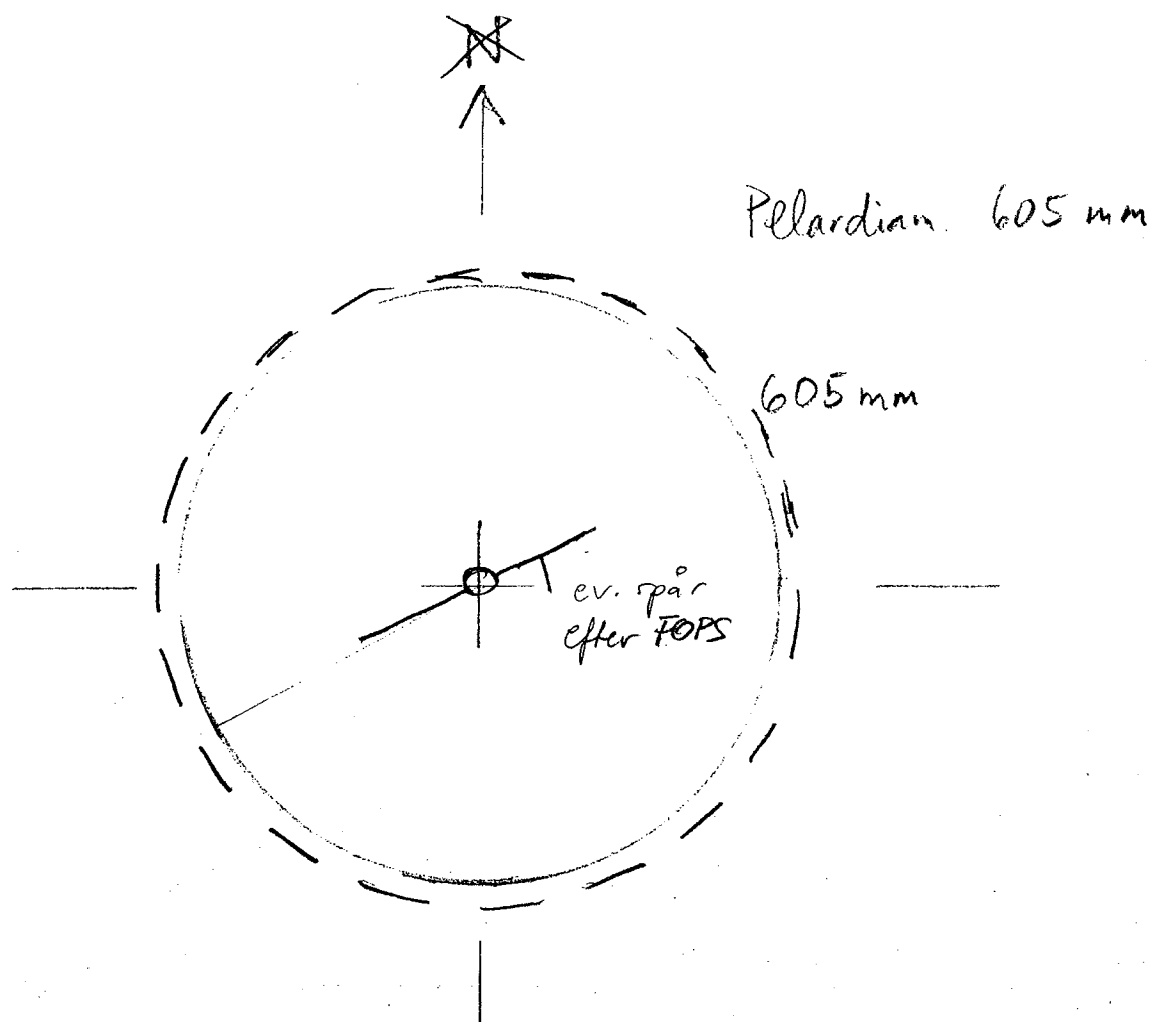
Bo Orre Markråd AB
Praktisk geoteknik för
ekonomiskt markbygge
08-622 61 01

KE-pelare vid Bro

UJ 970911

Pelare nr: FOPS 1

Djup u my: 4,0 m



- Tidigare sondering
- — " — provtagning
- Verkl. pelares form

	Sondering	Provtagning
1	3	—
2	5	F:4:2
3	5	F:4:3
4	5	F:4:4
5	5	F:4:5
6	2 (kant)	—
7	5	F:4:7
8	5	F:4:8

Prov på ostab. lera

F:4:9

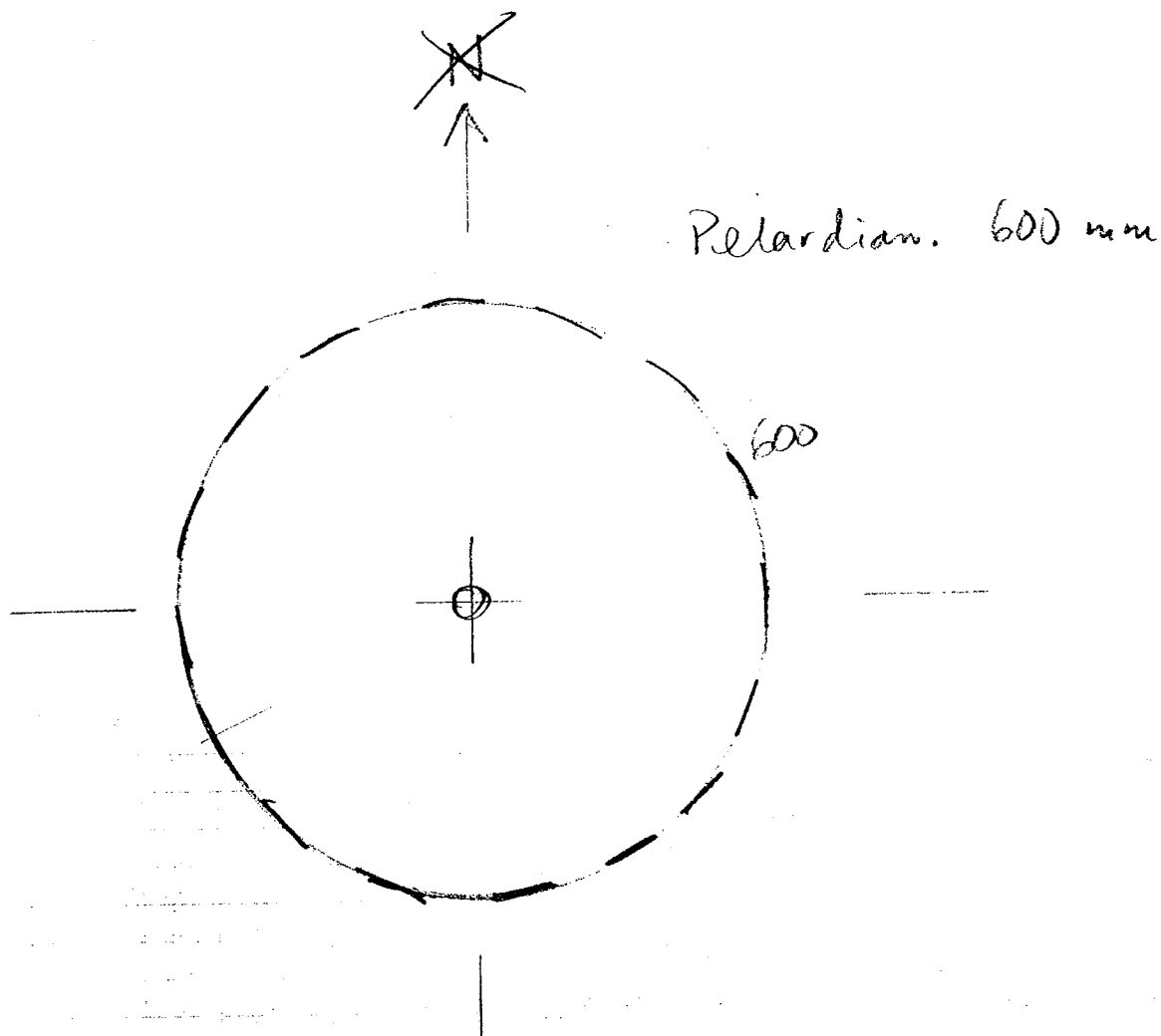
Bo Orre Markråd AB
Praktisk geoteknik för
ekonomiskt markbygge
08-622 61 01

KC-pelare vid Bro

U 970911

Pelare nr: FOPS 1

Djup u my: 5,0 m

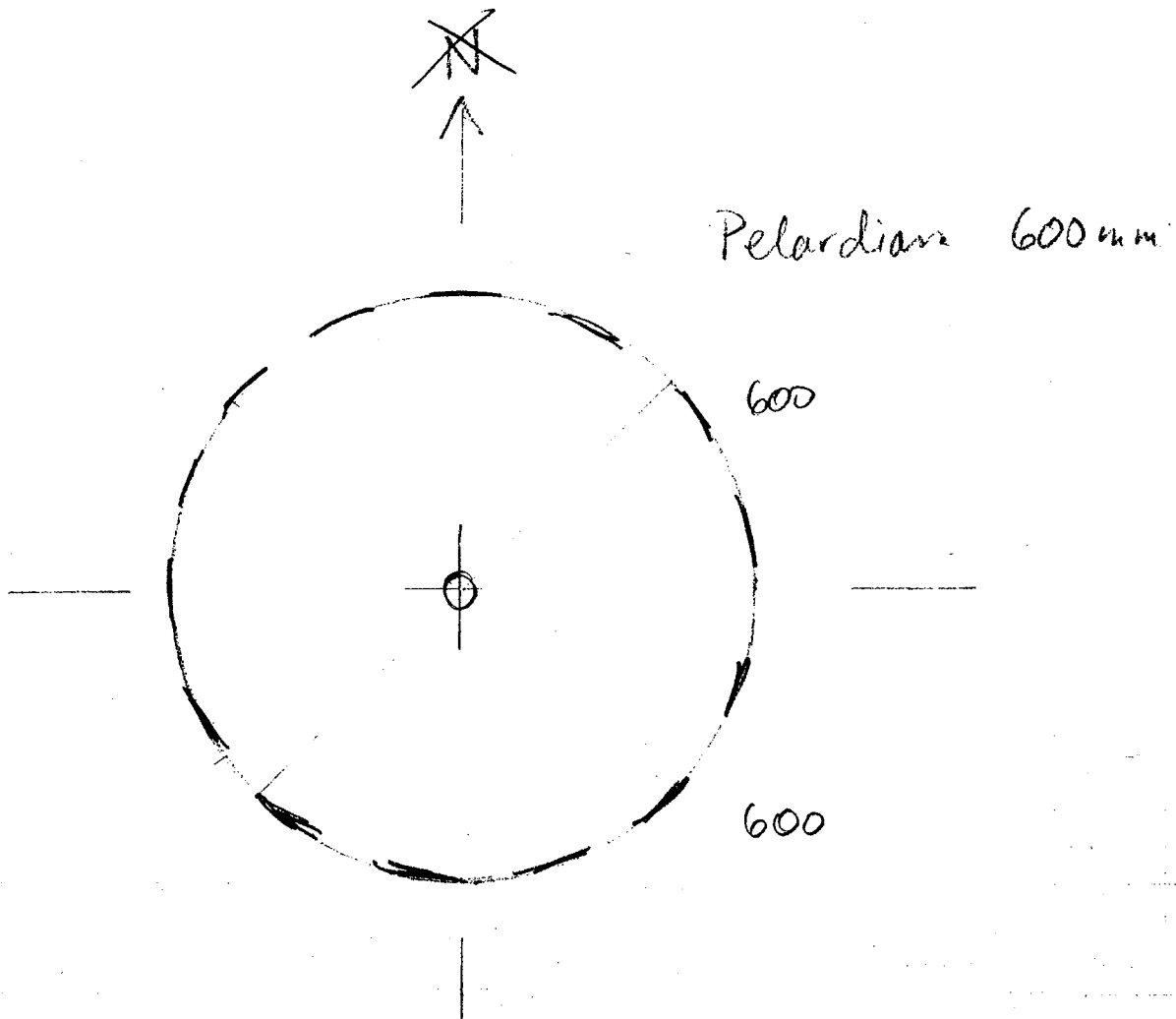


- Tidigare sondering
- — " — provtagning
- Verkl. pelares form

	Sondering	Provtagning
1	3 (kant)	—
2	4	F: S: 2
3	5	F: S: 3
4	5	F: S: 4
5	3	F: S: 5
6	3 (kant)	F: S: 6
7	4-5	F: S: 7
8	5	F: S: 8

Prov på orfab. lera F: S: 9

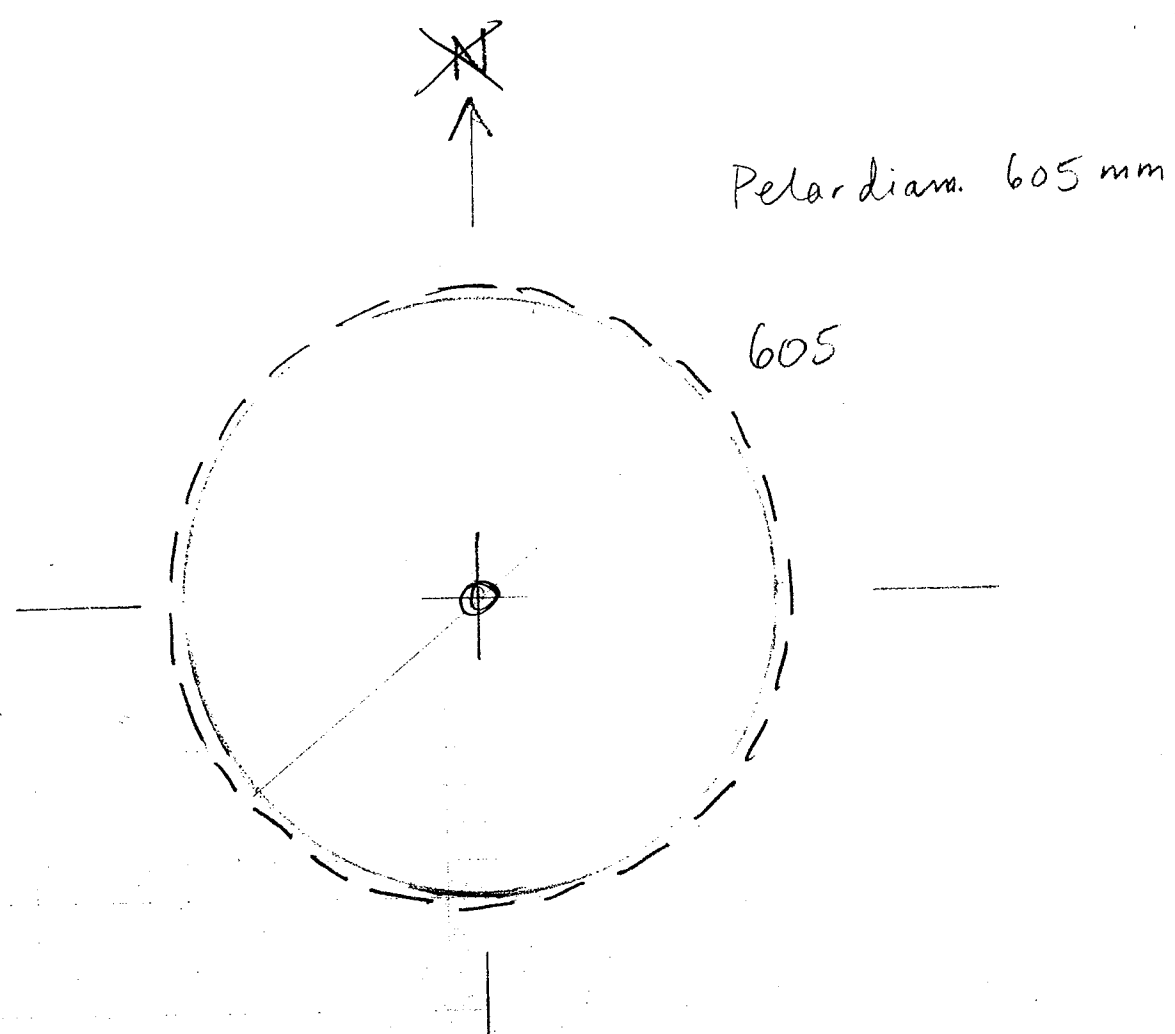
Bo Orre Markråd AB Praktisk geoteknik för ekonomiskt markbygge 08-622 61 01	KE-pelare vid Bro	KS 970911
	Pelare nr: FOPS 1	Stig Andrén
	Djup u my: 6,2 m	Vägverket



	Sondering	Provtagning
○ Tidigare sondering	1 3	—
● —"— provtagning	2 3	F:6:2
---- Verkl. pelares form	3 5	F:6:3
	4 5	F:6:4
	5 3	F:6:5
	6 3	—
	7 5	F:6:7
	8 5	F:6:8
		F:6:9

Prov på ostab. lera

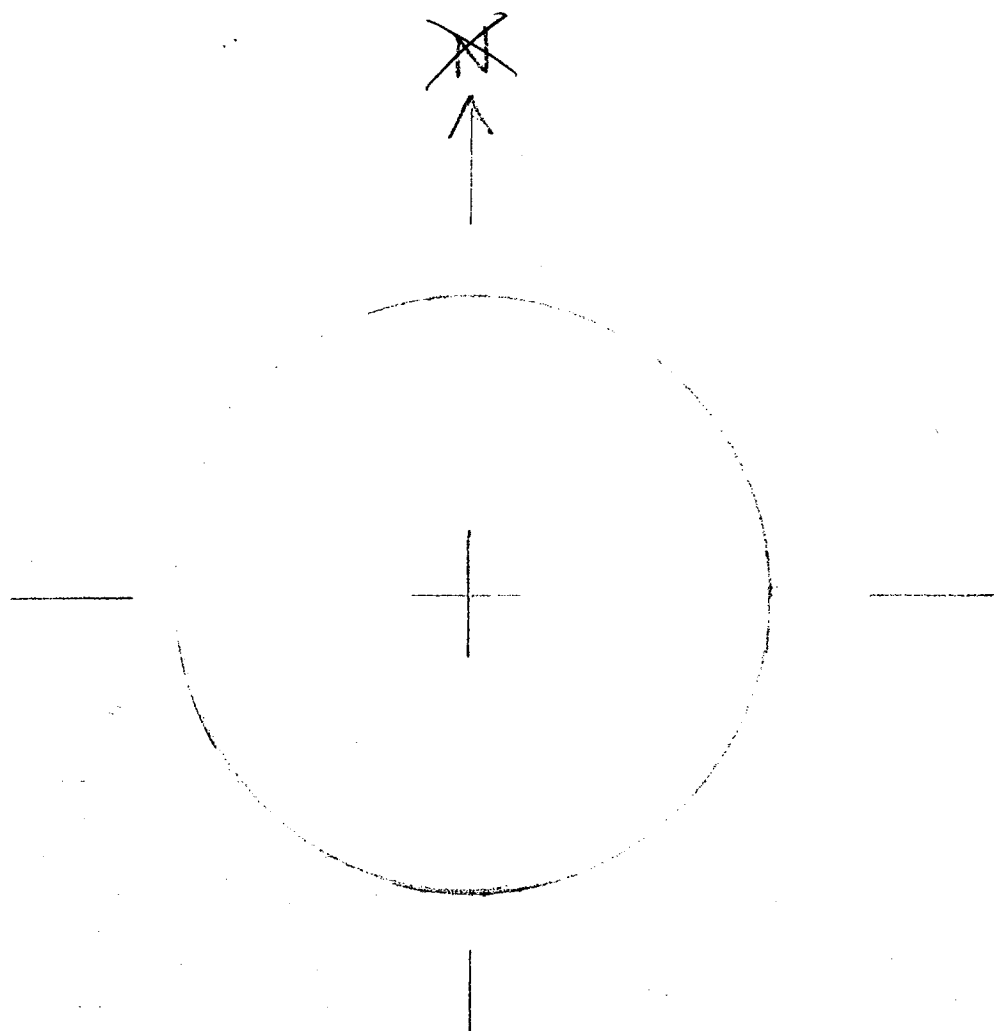
Bo Orre Markråd AB Praktisk geoteknik för ekonomiskt markbygge 08-622 61 01	KC-pelare vid Bro	US 970911
	Pelare nr: FOPS1	Stig Andréén
	Djup u my: 7.5 m	Vägrerket



- Tidigare sondering
- — " — provtagning
- Verklig pelares form

	Sondering	Provtagning
1	4	—
2	5	F: 7: 2
3	5	F: 7: 3
4	5	F: 7: 4
5	5	F: 7: 5
6	4	—
7	5	F: 7: 7
8	5	F: 7: 8
Prov på ostab. lera		F: 7: 9

Bo Orre Markråd AB Praktisk geoteknik för ekonomiskt markbygge 08-622 61 01	KE-pelare vid Bro	KS 970911
	Pelare nr: FOPS1	Stig Andrén
	Djup u my: 8,5 m	Vägverket



- Tidigare sondering
- — " — provtagning
- Verklig pelares form

Kommentar: Gick ej att testa.
Lermaterial trycker
upp i röret.

	Sondering	Provtagning
1	—	—
2	—	—
3	—	—
4	—	—
5	—	—
6	—	—
7	—	—
8	—	—

BILAGA 3:1

sid 1 (4)

SGI

581 93 Linköping

SAMMANSTÄLLNING AV LABORATORIEUNDERSÖKNINGAR

Projekt : Kalkbestämning. Mälarbanan . MB 219			Dnr	2-9706-303
			Miljönr.	7077
Beställare	Registrerad Datum	Lab.undersökning utförd Datum	Av	Utfärdad Datum
Roland Tränk	970911	970920	Bau	97/002 Teknisk ledare <i>Bett Axel</i>

Utförande : Kalkhalten är bestämd som kalcium med AAS-flamma enl. SS 028161
efter upplösning av prov enl. BS 1924 : Part 2 : 1990, 5.1.
SGI- lab. är ackrediterat för att bestämma kalcium enl. SS 028161.

Ackrediterat laboratorium utses av Styrelsen för teknisk ackreditering (SWEDAC) enligt lag.
Verksamheten vid de svenska ackrediterade laboratorierna uppfyller kraven enligt SS-EN 45 001.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte SWEDAC och
utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.

RAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium
REPORT is issued by an Accredited Laboratory

BILAGA 3:1

sid 2 (4)

SGI

581 93 Linköping

SAMMANSTÄLLNING AV LABORATORIEUNDERSÖKNINGAR

Projekt :Kalkbestämning. Mälarbanan MB 219			Dnr	2-9706-303
			Miljönr.	7077
Beställare	Registrerad Datum	Lab.undersökning utförd Datum	Av	Utfärdad Datum
Roland Tränk	970911	970920-	Bau	971002
			Teknisk ledare	Bert Axel

Provbeteckning	Vattenkvot %	g CaO / kg torrt material	% CaO av torrt material	Anm.
K138 2:1	66,9	77,3	7,7	
3:1	55,6	57,8	5,8	
4:1	49,0	65,4	6,5	
5:1	70,7	74,6	7,5	
6:1	57,5	104	10,4	
7:1	83,5	47,0	4,7	
K138 2:2	63,9	104	10,4	
3:2	56,5	53,8	5,4	
4:2	48,0	108	10,8	
5:2	58,5	193	19,3	
6:2	49,5	168	16,8	
7:2	76,0	118	11,8	
K138 2:3	61,1	153	15,3	
3:3	36,6	30,0	3,0	
4:3	51,7	83,3	8,3	
5:3	60,8	242	24,2	
6:3	53,2	266	26,6	
7:3	62,5	229	22,9	
K138 2:4	62,4	198	19,8	
3:4	61,7	140	14,0	
4:4	51,8	139	13,9	
5:4	61,2	170	17,0	
6:4	52,2	231	23,1	
7:4	69,0	179	17,9	

Ackrediterat laboratorium utses av Styrelsen för teknisk ackreditering (SWEDAC) enligt lag.
Verksamheten vid de svenska ackrediterade laboratorier uppfyller kraven enligt SS-EN 45 001.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte SWEDAC och
utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.

SAMMANSTÄLLNING AV LABORATORIEUNDERSÖKNINGAR

Projekt :Kalkbestämning. Mälarbanan MB 219			Dnr	2-9706-303
			Miljönr.	7077
Beställare	Registrerad Datum	Lab.undersökning utförd Datum	Av	Utfärdad Datum
Roland Tränk	970911	970920-	Bau	971002
			Teknisk ledare	Brett Ansell

Provbeteckning	Vattenkvot %	g CaO / kg torrt material	% CaO av torrt material	Anm.
K138 2:5	62,9	154	15,4	
3:5	61,8	120	12,0	
4:5	50,5	75,2	7,5	
5:5	71,3	85,1	8,5	
6:5	55,8	132	13,2	
7:5	70,6	147	14,7	
K138 2:6	62,5	23,54	2,4	
3:6	65,4	39,0	3,9	
4:6	49,1	75,7	7,6	
5:6	68,9	30,2	3,0	
6:6	56,3	103	10,3	
7:6	81,9	75,0	7,5	
K138 3:7	65,1	76,9	7,7	
4:7	49,8	77,7	7,8	
5:7	68,5	31,0	3,1	
6:7	62,5	133	13,3	
7:7	74,0	140	14,0	

Ackrediterat laboratorium utses av Styrelsen för teknisk ackreditering (SWEDAC) enligt lag.
Verksamheten vid de svenska ackrediterade laboratorierna uppfyller kraven enligt SS-EN 45 001.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte SWEDAC och utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.

RAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium
REPORT is issued by an Accredited Laboratory

BILAGA 3:1

sid 4 (4)

SGI

581 93 Linköping

SAMMANSTÄLLNING AV LABORATORIEUNDERSÖKNINGAR

Projekt :Kalkbestämning. Mälarbanan MB 219			Dnr	2-9706-303
			Miljönr.	7077
Beställare	Registrerad Datum	Lab.undersökning utförd Datum	Av	Utfärdad Datum
Roland Tränk	970911	970920-	Bau	97/1002
			Teknisk ledare	Brett Ansell

Provbeteckning	Vattenkvot %	g CaO / kg torrt material	% CaO av torrt material	Anm.
FOPS 4 2:2	52,7	23,2	2,3	
4:2	41,4	86,6	8,7	
5:2	64,2	69,0	6,9	
6:2	66,4	68,2	6,8	
7:2	55,6	110	11,0	
FOPS 2:3	47,2	126	12,6	
4:3	41,4	157	15,7	
5:3	59,2	213	21,3	
6:3	54,2	207	20,7	
7:3	51,4	143	14,3	
FOPS 2:4	46,3	123	12,3	
4:4	49,8	182	18,2	
5:4	63,6	178	17,8	
6:4	56,5	158	15,8	
7:4	49,9	187	18,7	
FOPS 2:5	48,3	35,0	3,5	
4:5	42,0	74,6	7,5	
6:5	57,2	157	15,7	
7:5	53,7	135	13,5	
FOPS 2:9	55,2	14,8	1,48	
6:9	91,8	12,5	1,25	

Ackrediterat laboratorium utses av Styrelsen för teknisk ackreditering (SWEDAC) enligt lag.
Verksamheten vid de svenska ackrediterade laboratorierna uppfyller kraven enligt SS-EN 45 001.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte SWEDAC och
utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.

Publikationer utgivna av Svensk Djupstabilisering

Arbetsrapport

- | | | |
|----------|---|-------------|
| 1 | Arlandabanan, Norra Böjen. Sättningar hos järnvägsbank på kc-pelare
Ulf Stjerngren, Jacobson & Widmark | 1996 |
| 2 | KC-förstärkning för schakt inom spont, Filipstad Brygge, Oslo
Phung Doc Long & Håkan Bredenberg, Stabilator AB | 1997 |
| 3 | Inblandningsmekanismer vid djupstabilisering med kalk-, kalk/cementpelare och cementpelare
Stefan Larsson, Tyréns | 1997 |

Rapport

- | | | |
|----------|---|-------------|
| 1 | Erfarenhetsbank för kalk-cementpelare
Torbjörn Edstam | 1997 |
| 2 | Kalktypens inverkan på stabiliseringsresultatet. En förstudie
Helen Åhnberg & Håkan Pihl | 1997 |
| 3 | Stabilisering av organisk jord med cement- och puzzolanreaktioner
Karin Axelsson, Sven-Erik Johansson & Ronny Andersson | 1998 |



Svensk Djupstabilisering

**c/o SGI, 581 93 Linköping
Tel: 013-20 18 61, Fax: 013- 20 19 13
<http://www.sgi.geotek.se/sd.htm>**