



Svensk Djupstabilisering
Swedish Deep Stabilization Research Centre

Arbetsrapport I
1996-12-18

Arlandabanan, Norra böjen. Sättningar hos järnvägsbank på KC-pelare

Ulf Stjerngren

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 1
1996-12-18

Arlandabanan, Norra böjen.
Sättningar hos järnvägsbank på KC-pelare

Ulf Stjerngren, AB Jacobson & Widmark

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 ej 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 ej spridas utanför SD.

Föreliggande arbetsrapport är en redovisning som utgör ett kompletterande underlag för forskningsprojekt inom ”Sättning – utvidgning av beräkningsmodell”.

Linköping i juni 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

ARLANDABANAN, NORRA BÖJEN

SÄTTNINGAR HOS JÄRNVÄGSBANK PÅ KC-PELARE

INNEHÅLL

Text, 4 sidor

Bilaga 1-5, Sättningsdiagram

KC-pelare, plan

KC-pelare, sektion

Geoteknisk profil

ARLANDABANAN, NORRA BÖJEN

SÄTTNINGAR HOS JÄRNVÄGSBANK PÅ KC-PELARE

SAMMANFATTNING

Den nya järnvägen för Arlandabanan kommer inom ett 240 m långt avsnitt att utföras på en 3 - 3,5 m hög bank efter markförstärkning med kalkcementpelare. Pelarna, ϕ 0,8 m c 1,3-1,6 m, installerades under vintern 1996.

Vid kontroller av hållfastheten i pelarna med kalkpelarsond konstaterades zoner i pelarna där hållfastheten understeg dimensionerande skjuvhållfasthet, 100 kPa.

Med anledning härav utfördes en uppföljning av sättningarna genom slangställningsmätningar i 4 linjer. Syftet med mätningarna var, förutom att mäta sättningarnas storlek och tidsförlopp, att försöka klargöra eventuella samband mellan sättningarnas storlek och variationer i hållfastheten hos pelarna.

Uppmätta sättningar i de 6-10 m långa pelarna uppgick för banklasten 63-68 kPa till ca 20 - 40 cm. Ca 70% av sättningarna uppkom snabbt efter belastning och rester under en tid av 1-2 månader. Vid den senaste mätningen (96-11-22) var sättningarna praktiskt taget avslutade.

De uppmätta sättningarna i pelarna blev 2-4 ggr större än beräknade. Orsaken härtill bedöms främst bero på svaghetszonerna i pelarna.

De största sättningarna erhöles i en pelarrad med markanta svaghetszoner men detta samband var inte entydigt. Spridningen i hållfasthet mellan pelarraderna men även inom dessa försvårar tolkningen av mätningarna.

ALLMÄNNA FÖRUTSÄTTNINGAR

Inom ett 240 m långt avsnitt norr om Arlanda flygplats skall den nya järnvägen utföras på bank (bredd ca 15 m) efter markförstärkning med kalkcementpelare (KC-pelare). Pelarna (ϕ 0,8 m) installerades i lameller c 1,3-1,6 m från befintlig markyta. Pelarförstärkningar omfattade all lös jord med undantag av det översta 1-2 m tjocka lagret med torv, vilket urgrävdes efter utförd pelarinstallation.

Den förstärkta jorden under torven består av lergyttja eller gyttjig lera som mot djupet övergår i ren lera. Skjuvhållfastheten är låg, 7 à 8 kPa (oreducerad).

För dimensioneringen av KC-pelarna utfördes inblandningsförsök på laboratorium på två karakteristiska jordlager - ett övre (2-4,5 m) med innehåll av gyttja och ett undre (5-9 m) med enbart lös lera. Vid inblandning med kalk/cement i proportionerna 25/75 och med en total mängd av ca 110 kg/m³ stabiliserad jord erhöles efter 48 dygn en skjuvhållfasthet av ca

225 kPa i det övre lagret och ca 325 kPa i det undre lagret. Efter 21 dygn, dvs knappt halva tiden uppgick hållfastheten i det övre och i det undre lagret till 50% respektive 80% av hållfastheten efter 48 dygn.

Dimensionerande skjuvhållfasthet i pelarna valdes till 100 kPa.

Aktuell bankhöjd över pelarna varierar mellan 3,0 och 3,5 m. Pelarnas längd varierar mellan ca 6,0 och 10,0 m.

KONTROLL AV HÅLLFASTHET MED KALK-PELARSOND

Pelarna installerades under perioden 15 februari till 15 mars, periodvis med temperaturer ned mot ca -10°C. En första kontroll utfördes 27 och 28 mars på 22 pelare vars ålder varierade mellan 20 och 42 dygn. Förnyade kontroller har sedan utförts i två omgångar, 29 april - 2 maj och 9 maj, varvid pelarnas ålder i genomsnitt var ca 60 dygn.

Vid samtliga kontroller konstaterades att skjuvhållfastheter i flertalet pelare var lägre än 100 kPa dels inom en 1 à 1,5 m tjock övre zon med lerig gyttja närmast under torven och dels inom en 1-3 m tjock undre zon belägen ca 5 m under markytan. Inom den övre zonen varierade uppmätt skjuvhållfasthet mellan ca 25 och 100 kPa (medelvärde ca 60 kPa) och inom den undre mellan 40 och 150 kPa (medelvärde ca 80 kPa). I övrigt varierade uppmätt hållfasthet mellan ca 100 och 200 kPa.

Spridningen i uppmätta hållfastheter var stor både längs sträckningen, men också inom enskilda lameller där hållfastheten varierade kraftigt mellan närliggande pelare. Någon klar tendens till att hållfastheten ökade med tiden kunde inte spåras. Något särskilt mönster var således svårt att utläsa fränsett den allmänna tendensen till förekommande svaghetszoner.

Orsaken till problemet är svår att förklara, i synnerhet den djupare svaghetszonen där jorden består av lera och där hållfastheten på laboratoriet uppgick till ca 325 kPa. Möjligen har den kalla väderleken (låg temperatur hos bindemedlet) i kombination med att leran är sulfidhaltig ha reducerat hållfasthetstillväxten. Om så är fallet kan sannolikt viss tillväxt av hållfastheten förväntas på längre sikt.

STABILITET, SÄTTNINGAR

På basis av utvärderad hållfasthet i KC-pelarna från utförda pelarsonderingar utfördes en beräkning av totalstabiliteten. Vid beräkningen användes ett bedömt medelvärde med skjuvhållfastheter både lägre och högre än 100 kPa (vald dimensionerande skjuvhållfasthet). Beräkningarna har utförts med s k kombinerad analys enligt anvisningarna i SGF Rapport 4:95. Detta innebär att man för varje avsnitt av glidyten väljer det lägsta värdet av utvärderad odränerad respektive dränerad skjuvhållfasthet.

Den på så sätt framräknade stabilitetsfaktorn uppgår till ca 1,6, vilket bedöms vara tillfredsställande. Sannolikt ökar stabiliteten på sikt genom viss hållfasthetstillväxt i pelarna.

När pelarna belastas finns viss risk för att kryphållfastheten i enskilda pelare överskrider i dessa svaghetspartier, vilket medför risk för plastiska deformationer. Detta leder i sin tur till ökade sättningar av kortvarig karaktär. Risken för omfattande plastiska deformationer bedöms dock vara liten. Eftersom hållfastheten mellan och inom pelarraderna varierar kommer lasterna vid sättningar i svaga pelare att föras över till angränsande starkare pelare vilket leder till sättningsreducering.

SLANGSÄTTNINGSMÄTNINGAR

Med hänsyn till ovan beskrivna svaghetszoner i pelarna har en uppföljning av sättningarna utförts med hjälp av slangställningsmätningar i 4 linjer (nr 20, 31, 50 och 65, läge enligt bif. planer) under den utlagda järnvägsbanken. I varje linje placerades två slangar - en över KC-pelarna och en på den lösa jorden mellan pelarna.

Avsikten med valet av mätlinjer var att försöka spåra eventuella samband mellan sättningarnas storlek och variationer i hållfasthet hos pelarna. En sådan analys försvåras dock av den stora spridningen i mätresultat som erhöles vid kalkpelarsonderingen (jfr ovan). I grova drag gäller dock att hållfastheten var störst i linjerna 20 och 65 (ytterlinjerna) men lägre i linjerna 31 och 50, speciellt i den förstnämnda. Skillnaden i hållfasthet mellan linjerna 50 och 65 är dock liten.

Bankfyllningen påfördes i två etapper, den första ($q \approx 22$ kPa) ca 2 à 3 dagar före initialmätningen och den senare ($q_{\text{tot}} = 63-68$ kPa, 0,5 m över r ö k) ca 5 dagar efter mätningen 1996-09-24.

Mätningar utfördes vid totalt 7 tillfällen under perioden 12 juni - 22 november.

Resultaten redovisas på bilagor 1-5.

RESULTAT OCH KOMMENTARER

Som framgår av bil. 1-5 uppgår de uppmätta sättningarna i pelarlamellerna nr 20, 50 och 65 till maximalt ca 20 cm och i linje 31 till ca 40 cm. Eftersom mätningarna påbörjades föst 2 à 3 dygn efter den första uppfyllningen ($q \sim 22$ kPa) är sättningarna i verkligheten något större, uppskattningsvis ca 10%.

I linje 65 erhöles ett stopp i mätslangen ungefär mitt under banken vid mätningen 24 september. Orsaken härtill är sannolikt en skada på slangen från en vass sten.

Uppmätt sättning utanför KC-pelarförstärkt område på norra sidan om banken bedöms bero på att släntfoten här ligger något längre utanför förstärkt område än på den motsatta sidan.

Merparten av sättningarna uppkom snabbt efter påförd banklast. Detta framgår bäst av mätningen den 24 september som utfördes ca 5 dygn efter uppfyllningen till full höjd. Eftersom

sättningarna från den första uppfyllningen sannolikt var praktiskt taget avslutade blev den totala sättningen under ca 5 dygn 10-25 cm motsvarande ca 70% av total sättning för lastökningen 40 à 45 kPa.

Den återstående sättningen, 5-10 cm, uppkom inom en tidsperiod av 1-2 månader. Vid den senast utförda mätningen (22 november) var sättningarna praktiskt taget avslutade.

Sättningarna i mätslangarna lagda på jord mellan pelarraderna var praktiskt taget lika stora som sättningarna i pelarna, dvs det vanliga antagandet att plana tvärsnitt förblir plana stämmer väl.

Med hänsyn till att jorden mellan pelarraderna är mycket lös och till att avståndet mellan lamellerna är litet (ca 0,7 m) bedöms praktiskt taget all last bäras av pelarna. Detta ger en last på enskilda pelare under mätperioden av ca 70 kN motsvarande en skjuvspänning av ca 70 kPa.


En generell slutsats från mätningarna är att sättningarna i pelarna blev 2-4 ggr större än de i förväg beräknade utgående från en kompressionsmodul av ca 15 MPa i enskilda pelare (baserad på tryckförsök på laboratorieprover). De största sättningarna bedöms ha inträffat i pelarnas konstaterade svaghetszoner i pelartopparna och på ca 5 m djup - där kryphållfastheten lokalt bedöms ha överskridits med åtföljande plasticering av pelarna.

Vad beträffar sättningarnas tidsförlopp uppskattades vid projekteringen att dessa skulle vara avslutade inom en tidsperiod av 2-3 månader. Härvid antogs att förhållandet mellan permeabiliteten i pelarna och permeabiliteten i ostabiliserad jord är 200. Totalt sett överensstämmer tidsåtgången mellan beräknade och verkliga sättningar tämligen väl men det verkliga tidsförloppet bedöms primärt ha styrts av pelarnas deformationsegenskaper.

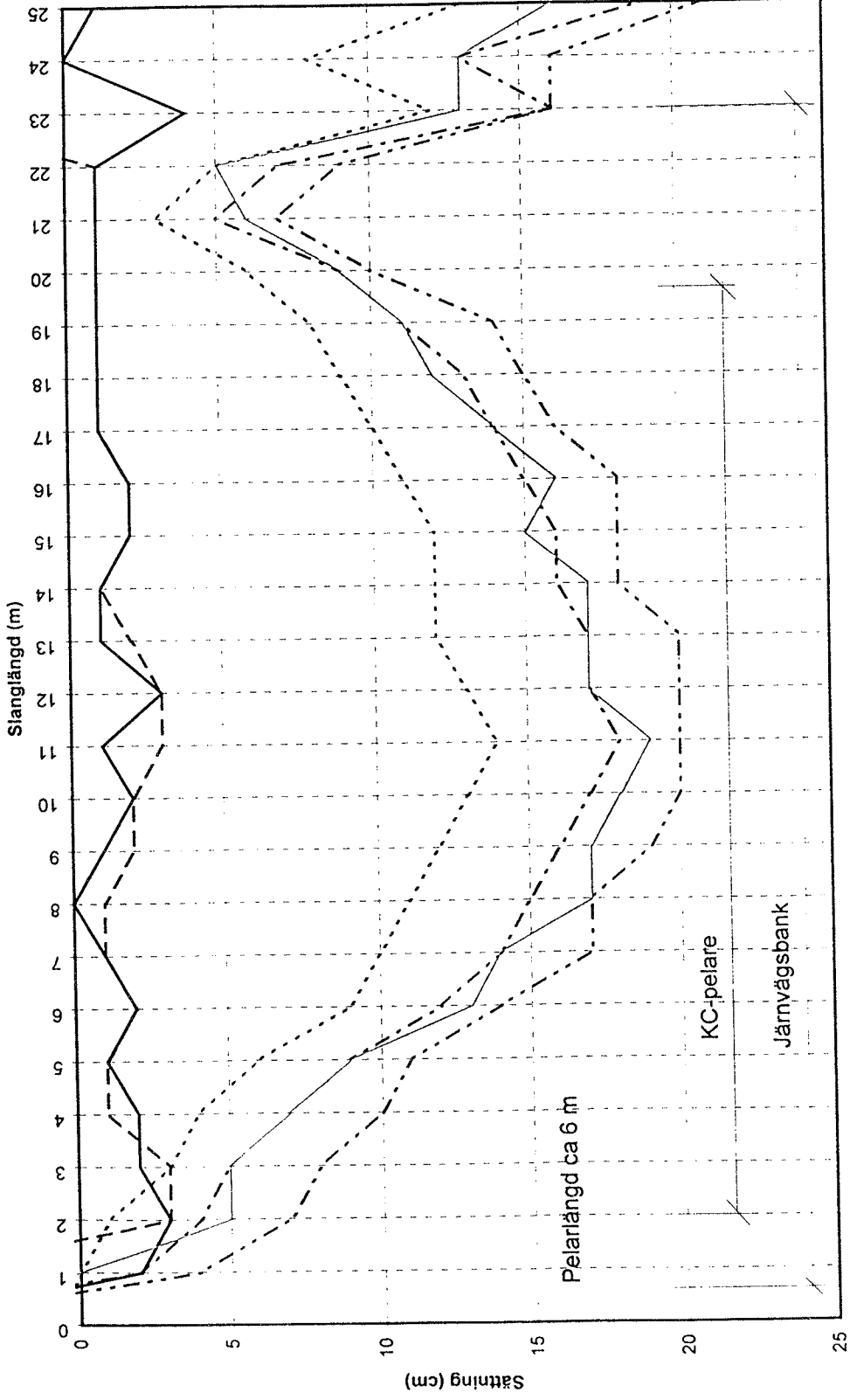
En intressant fråga är om något klart samband mellan variationerna i pelarkvalitet, pelarlängder och uppmätta sättningar kan spåras. För linje 31 med en markant lägre hållfasthet i ovan nämnda svaghetszoner finns ett klart samband med stora sättningar. Detta samband gäller dock inte generellt, vilket framgår av en jämförelse mellan de närliggande linjerna 50 och 65 med i stort sett lika stora sättningar trots att pelarna i linje 50 dels har svaghetszoner och dels är ca 2 m längre än pelarna i linje 65. Uppenbarligen har lägre hållfasthet och större pelarlängd inte haft någon avgörande betydelse för sättningarna i detta fall. Sannolikt har svaghetszonerna i linje 50 uppvägs av lokala variationer i hållfasthet hos pelarna.

Variationerna i pelarlängder (6-10 m) syns inte haft någon nämnvärd betydelse för sättningarnas storlek, vilket skulle kunna tolkas så att sättningarna primärt uppkom i de sämre partierna.

AB JACOBSON & WIDMARK
Geoteknik & Grundläggning


Ulf Stjerngren

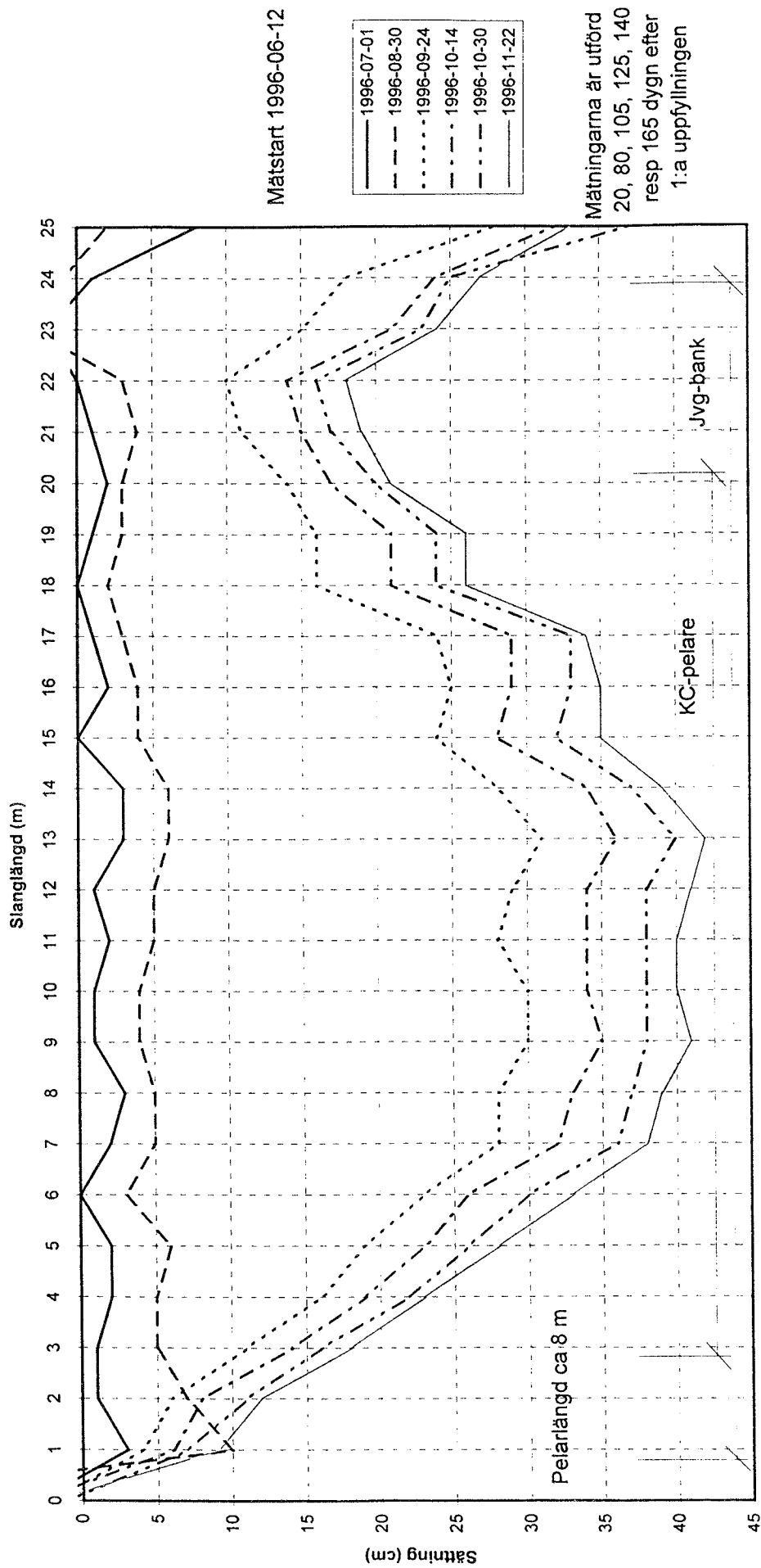
SLANGSÄTTNINGSMÄTNING ARLANDABANAN, NORRA BÖJEN



Mätningarna är utförda
20, 80, 105, 125, 140
resp 165 dygn efter
1:a uppfyllningen

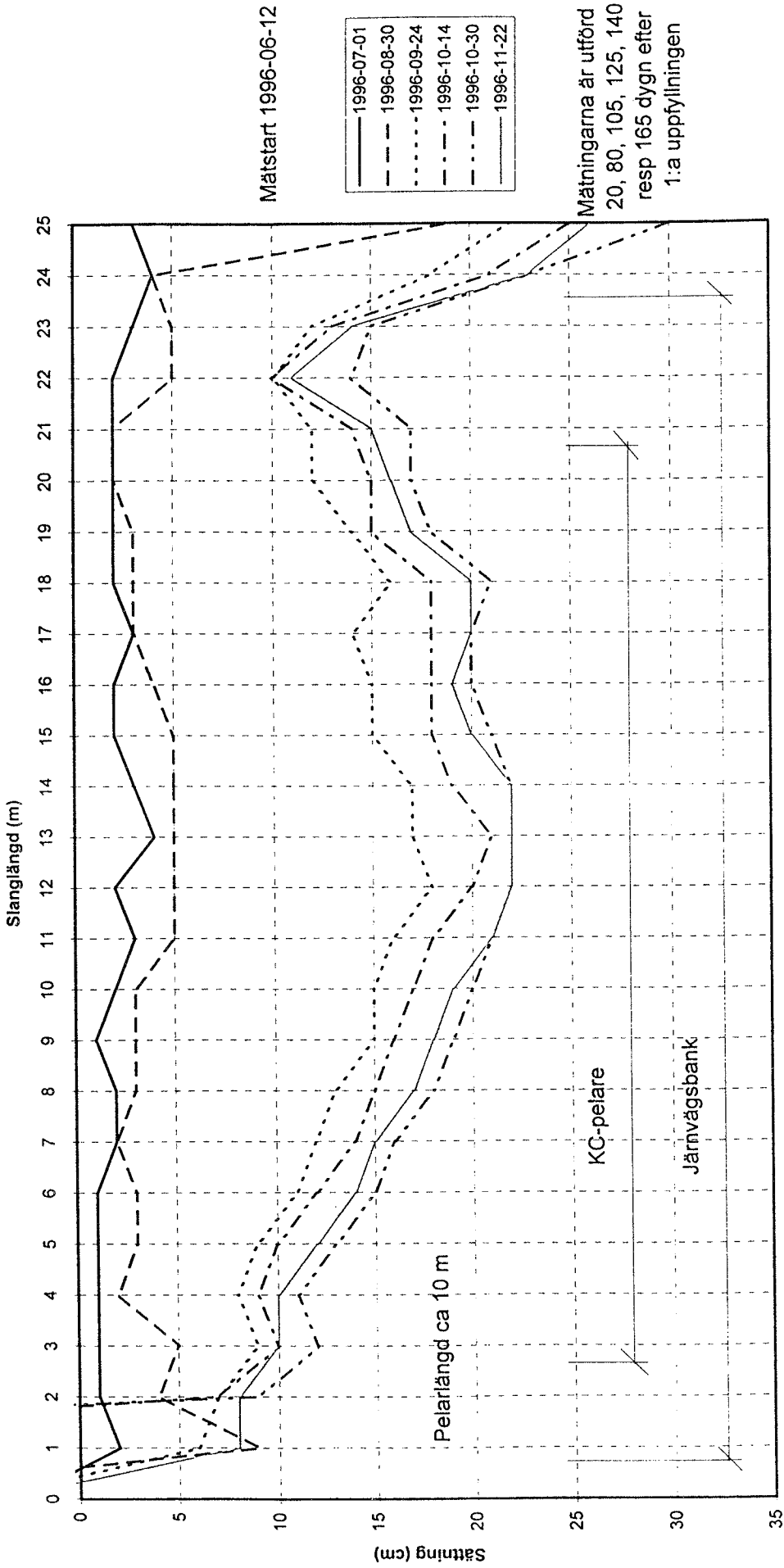
Anm.
1:a uppfyllning ($q = 22 \text{ kPa}$) 2 å 3 dygn före mätstart 1996-06-12
2:a uppfyllning ($q = 63\text{-}68 \text{ kPa}$) ca 5 dygn före mätning 1996-09-24
ca 100 dygn mellan 1:a och 2:a uppfyllning

SLANGSÄTTNINGSMÄTNING ARLANDA, NORRA BÖJEN



Anm.
 1:a uppfillning (q= 22 kPa) 2 å 3 dygn före mätstart 1996-06-12,
 2:a uppfillning (q= 63-68 kPa) ca 5 dygn före mätning 1996-09-24
 ca 100 dygn mellan 1:a och 2:a uppfillning

SLANGSÄTTNINGSMÄTNING ARLANDA, NORRA BÖJEN



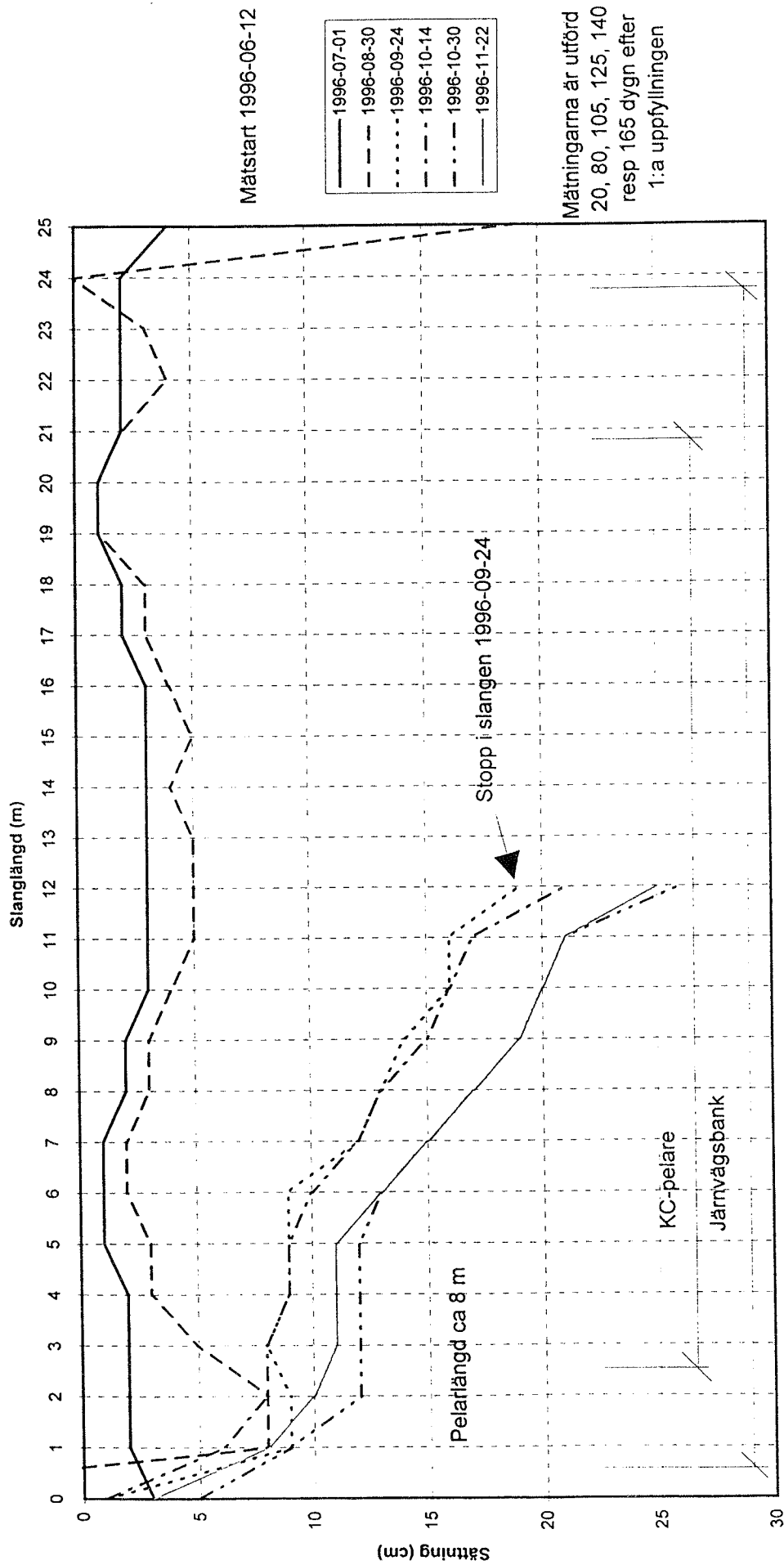
Anm.

1:a uppfyllning ($q = 22 \text{ kPa}$) 2 å 3 dygn före mätstart 1996-06-12

2:a uppfyllning ($q = 63-68 \text{ kPa}$) ca 5 dygn före mätning 1996-09-24

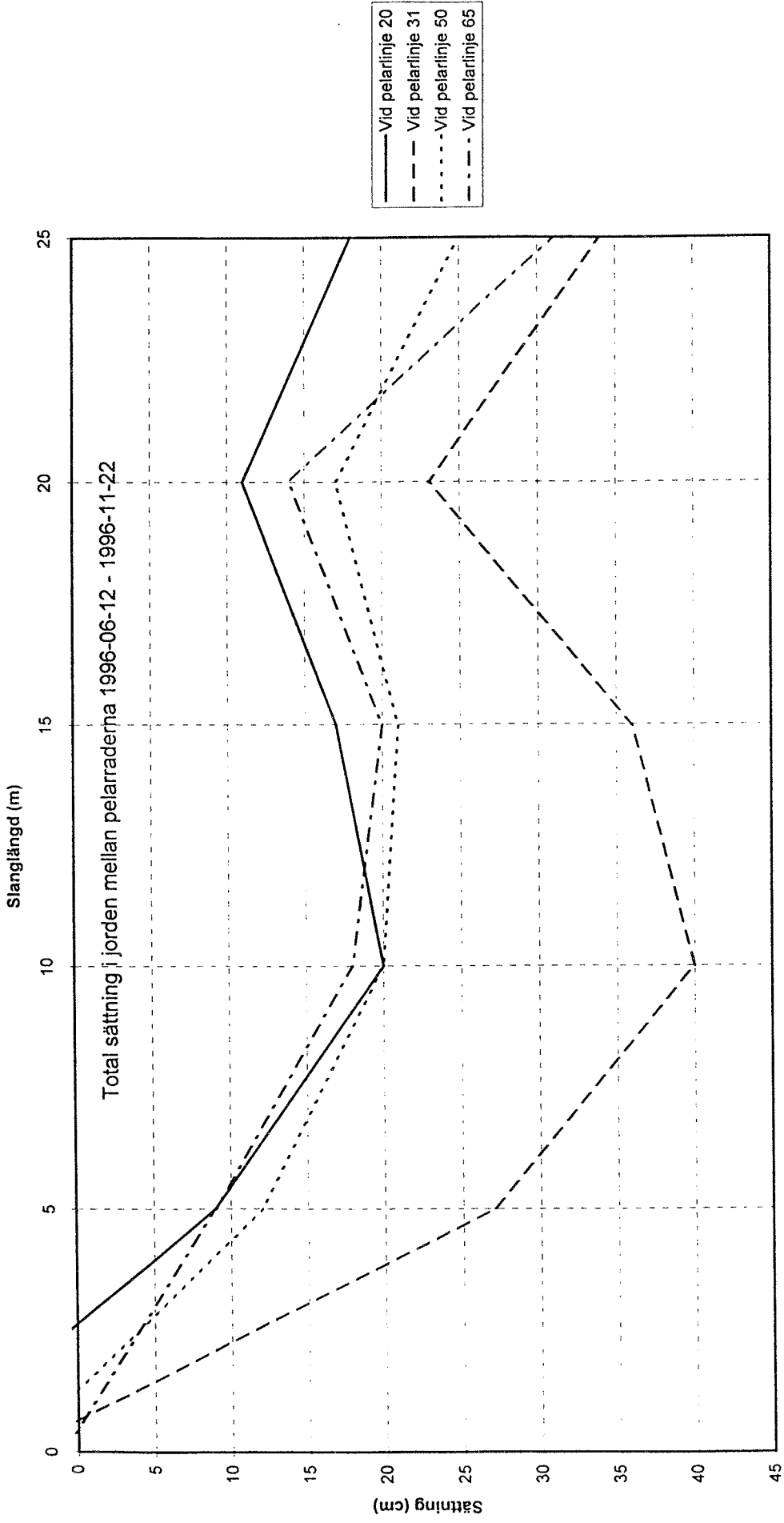
ca 100 dygn mellan 1:a och 2:a uppfyllning

SLANGSÄTTNINGSMÄTNING ARLANDA, NORRA BÖJEN



Anm.
 1:a uppfyllning (q= 22 kPa) 2 å 3 dygn före mätstart 1996-06-12
 2:a uppfyllning (q= 63-68 kPa) ca 5 dygn före mätning 1996-09-24
 ca 100 dygn mellan 1:a och 2:a uppfyllning

SLANGSÄTTNINGSMÄTNING ARLANDA, NORRA BÖJEN



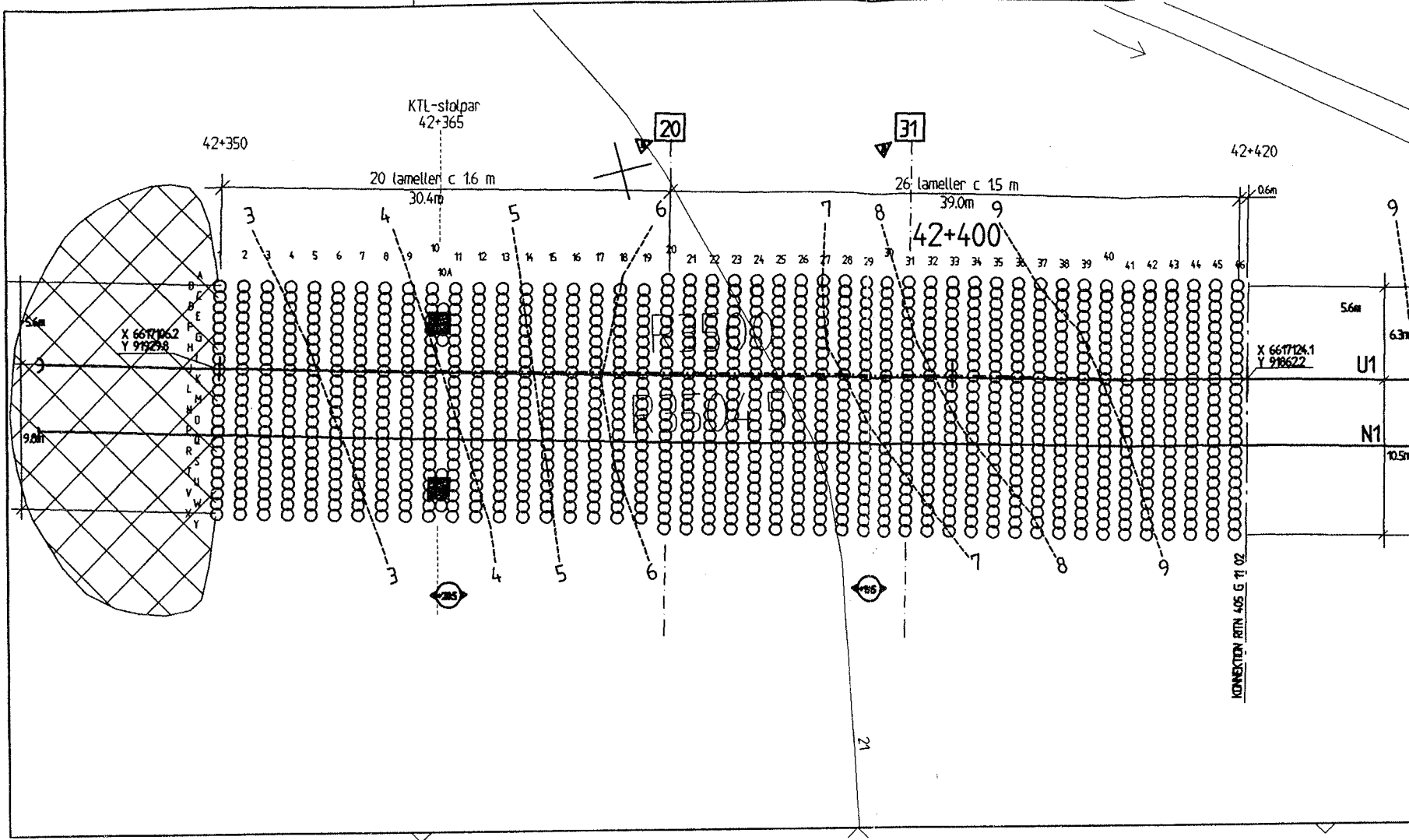
Anm.

1:a uppfyllning (q= 22 kPa) 2 à 3 dygn före mätstart 1996-06-12,

2:a uppfyllning (q= 63-68 kPa) ca 5 dygn före mätning 1996-09-24

GRÄNSNINGNING 1996-10-03

BÄCKEN
PELARE
KONTAKT
SIFVARTS



FÖRESKRIFTER

- Utsättning** Koordinatsystem RT 90
Längdriktning Stakad linje är utsett spårmit i U1-spår
0+000 är sektion i spårmit i U1-spår
- Installation av pelare**
Dimension Diameter 0.6m
Plantage Utsättning enligt plan, relativt de koordinatbestämda punkterna. Max avvikelse 0,1m.
Lutning Vertikala Max avvikelse 0,01%/m
- Pelarlängd Till lerans underyta (fast botten) där inte annat anges på plan.
Stabiliseringsmedel Kalk och cement, 25/75 viktorcent.
- Inblandningsmängd Diameter 0.6m 55kg/m (medelvärde). Max avvikelse +/- 10%
- Förtarande - Slutning hos inblandningsverktyg max 10 mm/varv
- Utspårning av stabiliseringsmedel avtrycks på det djup under markytan som anges på planen.
- Upphängande kalkcementdam samt rentilningsdam ska välterbegävas.
- Hinder Vid behövliga ledningar eller dylikt inom försämringsområdet ska pelarlagen och antal anpassas till möjliga pelarlagen.

Öppningsmärkning av pelare

- För varje pelare skall kontinuerlig registrering (grafisk) göras av inblandad mängd stabiliseringsmedel. Angivna toleranser skall vara avläsbara. På registreringsremsan skall anges datum, pelarbetäckning enligt ritningen, ordningsstift samt eventuella avvikelser från specifikationerna.

- Protokoll skall föras över påfyllning av stabiliseringsmedel (mängd, tidpunkt och mängd) på ett sådant sätt att den förbrukade mängden kan kontrolleras och jämföras med utförd pelarlängd mellan två på varandra följande påfyllningar.

DIMENSIONERANDE SKUMHÅLLFASTHET

100 kPa i pelare

INSTALLATIONSORDNING MM

Pelarna installeras lamellvis. Varje lamell skall avslutas före arbetadagens slut och före inläggande lamell påbörjas.

Pelarna installeras från befintlig markyta till fast botten och avslutas på angivna nivåer.

KONTROLL RESTRIKTIONER

Hållfastheten i KC-pelarna skall kontrolleras med kalkpelarsonderingar i minst 0.5 % av pelarna jämt fördelade över området. Före uppfyllning till full höjd skall erforderlig hållfasthet i pelarna uppnått.

TECKENFÖRKLARING

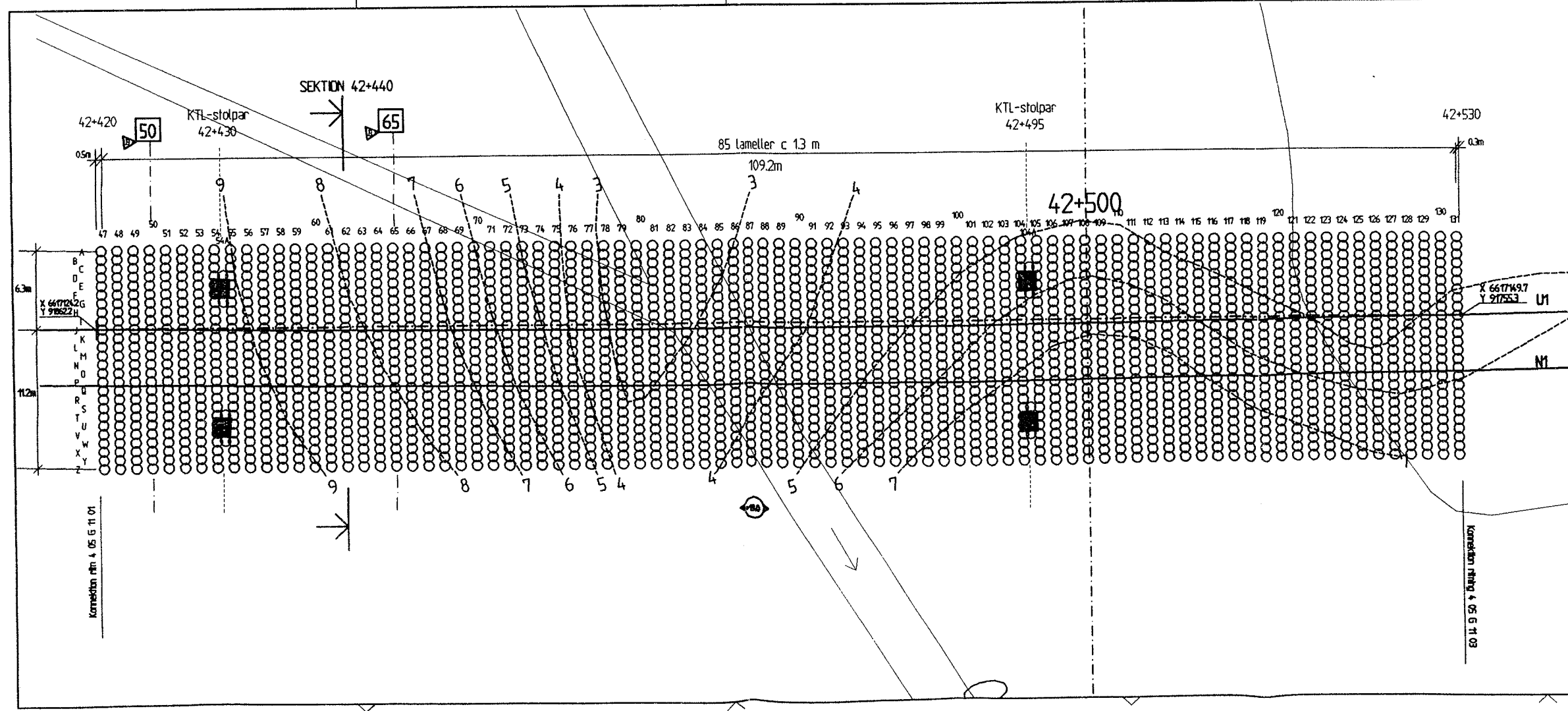
- Utsättningslinje för KC-pelare
- Kalkcementpelare (vertikal)
- Bednad lerfjocklek. Djup i meter från pelar-topp till lerans underyta / fast botten av friktionaljord = Bednad pelarlängd
- Pelarens tvärsnitt (1-2 meter under markytan)
- Utspårning av lera (Göteborgsart) som ersätts med packad fyllning av sprängsten. Utlös tidigast 14 dagar efter installation av KC-pelare
- Kontaktledningsstolpe
- Linje för stängningsanordning

Laga för stängningsanordning		1996-12-05
A	Ändra pelare (fast linje 50A och 50A)	1996-02-19
REV	NO	DESCRIPTION
BYGGHANDLING		
Arlanda Link Consortium		
Kraftbyggarna NCC SIAB GECA Mowlem		
ARLANDABANAN		
AB Jacobson & Widmark TELEFON 06-7312000 81 83 Lidings TELEFAX 06-7671866		
PROJECT	DRAWN BY	QA CHECKED
MHG		ULF STJERNEN
DATE	APPROVED	
1996-01-09	<i>Ulf Stern</i>	
NORRA BÖJEN KM 42+350 - 146+800		
GEOTEKNIK		
KC-PELARE, PLAN		
KM 42+350 - 42+420		
SCALE	DRAWINGNUMBER	REV
1:200	4 05 G 11 01	B

AutoGRAF

GRÄNSNINGNING 1996-10-03

BÄCKEN
PELARE
KONTAKT
SIFVARTS

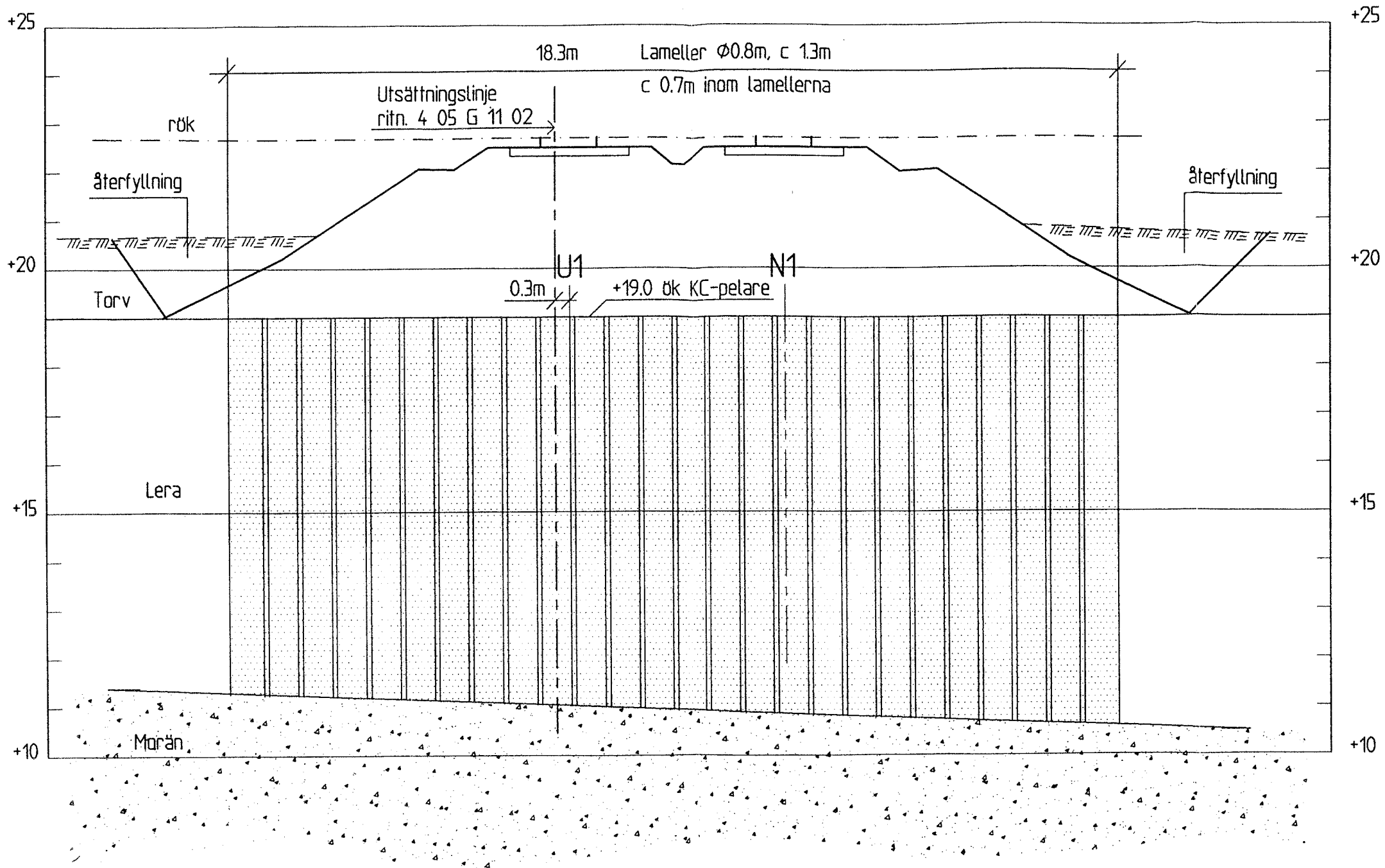


FÖRESKRIFTER, TECKENFÖRKLARING MM

Se ritning 4 05 G 11 01

Laga för stängningsanordning		1996-12-05
A	Ändra pelare (fast linje 50A och 50A)	1996-02-19
REV	NO	DESCRIPTION
BYGGHANDLING		
Arlanda Link Consortium		
Kraftbyggarna NCC SIAB GECA Mowlem		
ARLANDABANAN		
AB Jacobson & Widmark TELEFON 06-7312000 81 83 Lidings TELEFAX 06-7671866		
PROJECT	DRAWN BY	QA CHECKED
MHG		ULF STJERNEN
DATE	APPROVED	
1996-01-09	<i>Ulf Stern</i>	
NORRA BÖJEN KM 42+350 - 146+800		
GEOTEKNIK		
KC-PELARE, PLAN		
KM 42+420 - 42+530		
SCALE	DRAWINGNUMBER	REV
1:200	4 05 G 11 02	B

405G1104
96-02-22
ARLANDABANAN-NORRA BÖJEN
FÖRHANDSKOPIA 96-X-XX




TVÄRSEKTION KM 42+440

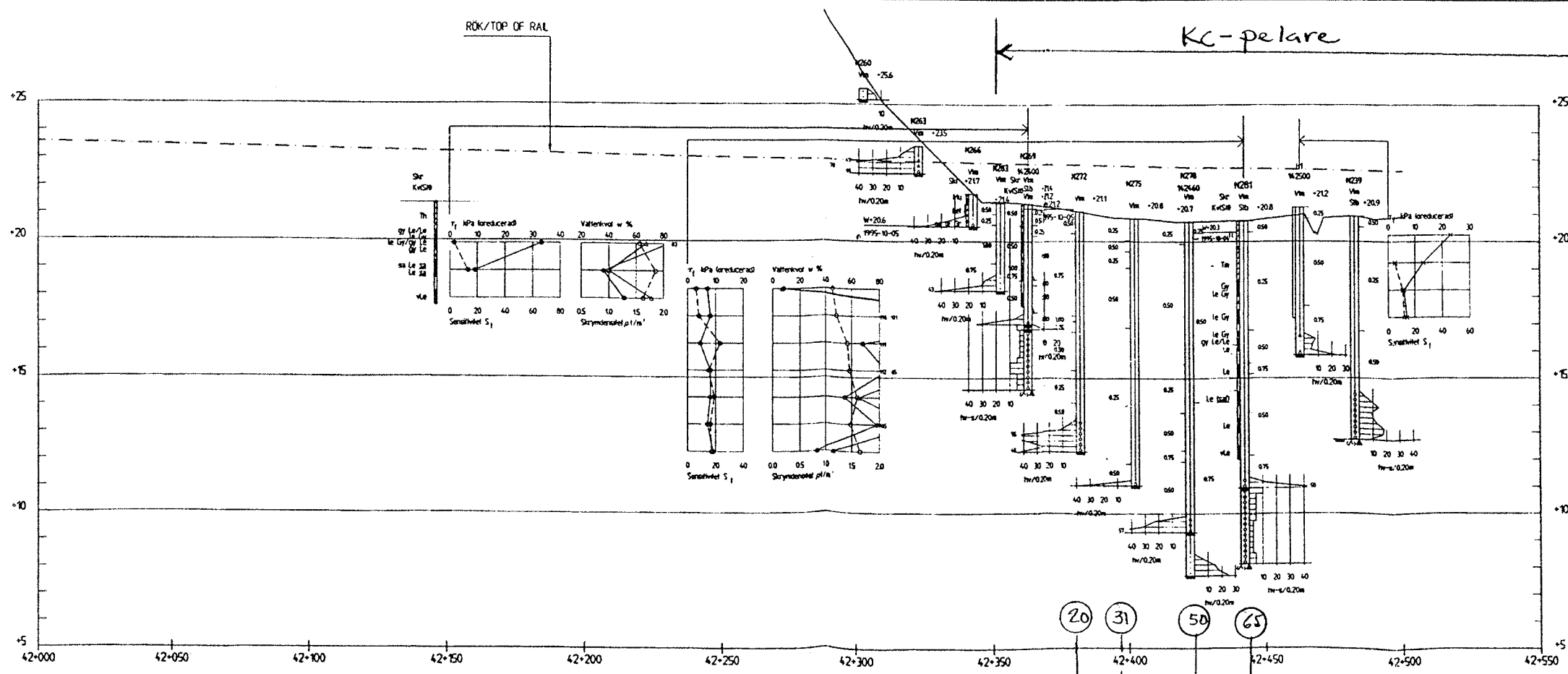
1:100

PELARINSTALLATION

- Pelarna sätts från befintlig markyta och avslutas på nivån +19.0
- Avschaktning till befintlig markyta får utföras tidigast 14 dagar efter installation av pelarna
- Övriga förutsättningar enl. planritning 4 05 G 11 01

GRANSKNINGSRITNING
1996-05-03

REV	NC	DISCRIPTION	SIGN	DATE
BYGGHANDLING				
Arlanda Link Consortium				
Kraftbyggarna NCC SIAB GECA Mowlem				
				
ARLANDABANAN				
J&W		AB Jacobson & Widmark		TELEFON 08-7312000
		181 83 Lidingö		TELEFAX 08-7671866
PROJECT	DRAWN BY	QA CHECKED	AUTHORISED	
	MHG		ULF STJERNGREN	
DATE	APPROVED			
1996-01-09				
NORRA BÖJEN				
GEOTEKNIK				
KC-PELARE, TVÄRSEKTION				
KM 42+440				
SCALE	DRAWINGNUMBER			REV
1:100	4 05 G 11 04			



BETECKNINGAR
 Geotekniska symboler, se
 SGF:s beteckningsblad 1-4

1995-11-13

1/2 - Skala

Sekt. sättningmätning

REV	NO	DESCRIPTION	SKO	DATE
Arlanda Link Consortium Kraftbyggarna NCC SIAB GECA Mowlem				
ARLANDABANAN				
J&W Bygg & Anläggning AB		TELEFON 08-7112000 TELEFAX 08-7671866		
PROJECT ML/MLG	DRAWN BY G. STENFREN	CHECKED U. STENFREN	AUTHORIZED U. STENFREN	
DATE: _____				
NORRA BÖJEN GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGSRESULTAT KM 42+000 - 42+500 PROFIL SPÅR U				
SCALE 1:1000	1:100	4 00 G 11 60	I REV	

Publikationer utgivna av Svensk Djupstabilisering

Arbetsrapport

- 1 Arlandabanan, Norra Böjen. Sättningar hos järnvägsbank på kc-pelare** **1998**
Ulf Stjerngren, Jacobson & Widmark

Rapport

- 1 Erfarenhetsbank för kalk-cementpelare** **1997**
Torbjörn Edstam
- 2 Kalktypens inverkan på stabiliseringsresultatet. En förstudie** **1997**
Helen Åhnberg & Håkan Pihl



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>