



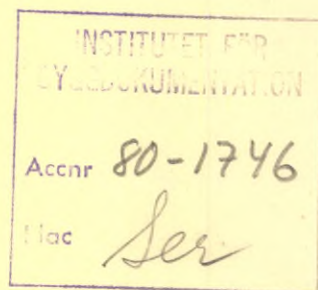
Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Grundförstärkning av Cadmus 1 och Marsyas 10 i Gamla Stan, Stockholm

Ulf Eriksson
Lars Hellman
Sven Hultsjö



R113:1980

GRUNDFÖRSTÄRKNING AV CADMUS 1 OCH
MARSYAS 10 I GAMLA STAN, STOCKHOLM

Ulf Eriksson
Lars Hellman
Sven Hultsjö

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
740056-7 från Statens råd för byggnadsforskning
till Stockholms Fastighetskontor, Stockholm.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R113:1980

ISBN 91-540-3334-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 056069

INNEHÅLL

FÖRORD	5
GRUNDFÖRSTÄRKNING AV <u>CADMUS 1</u> , GAMLA STAN	7
1 FÖRSTÄRKNINGSOBJEKTET	11
1.1 Byggnadsskador	12
1.2 Jordartsförhållanden	13
1.3 Bakgrund till val av förstärkningsmetod	14
2 PRINCIPIELL BESKRIVNING AV FÖRSTÄRKNINGSMETODEN .	15
3 PRAKTISK BESKRIVNING AV ARBETSUTFÖRANDE	17
3.1 Ingående arbetsmoment	17
3.2 Etablering m.m.	17
3.3 Schaktning för balkar	18
3.4 Lokal förstärkning av grundmurar	19
3.5 Förborrning för pålar	19
3.6 Pålning	22
3.7 Schaktning för balkändar i grundmurar	24
3.8 Armering och gjutning av balkar	24
3.9 Gjutning av nytt golv	25
4 PROVBELASTNINGAR AV PÄLAR	25
5 KONTROLLÅTGÄRDER	27
6 KOSTNADER	30
6.1 Projektering, byggadministration	30
6.2 Entreprenadarbeten	31
6.3 Totala kostnader	34
6.4 Kommentarer till kostnaderna	35
7 ERFARENHETER OCH SYNPUNKTER PÅ MÖJLIGA FÖRBÄTT- RINGAR	36
7.1 Förundersökningar	36
7.2 Schaktning	37
7.3 Produktionssamordning	38
7.4 Borrning	39
7.5 Pålning	39
7.6 Betongkonstruktioner	39
SAMMANFATTNING	39
BILAGA 1 Kv Cadmus, Gamla Stan. Korrosionssondering, J&W 1978-10-12	41
BILAGA 2 Typgodkännande bevis nr 3017/77. Stålplastpåle, Statens Planverk 79-05-02	45
BILAGA 3 Provbekastningar av pålar. AB Grundförstärkningar 1979-08-27, 1979-11-19	47
RITNINGAR	
9091154:1 Plan	51
9091154:2 Geoteknisk undersökning	52
9091154:3 Grundbalk	55

9091154:4	Genomborrat trävirke, balk 16	56
9091154:5	Sektion, pållängder	57
9091154:6	Sättningsmätningar	58
9091154:7	Sättningsmätningar	59
9091154:8	Sättningsmätningar	60
GRUNDFÖRSTÄRKNING AV <u>MARSYAS 10</u> , GAMLA STAN		61
0	SAMMANFATTNING	63
1	INLEDNING	65
2	BESKRIVNING AV BYGGNADEN OCH JORDEN	66
2.1	Historia	66
2.2	Byggnads- och grundläggningsbeskrivning	66
2.3	Jorden	71
3	FÖRSTÄRKNINGSMETODEN	75
3.1	Projekterad förstärkningsmetod	75
3.1.1	Pålning	76
3.1.2	Lastöverföring	76
3.2	Modifierad förstärkningsmetod 1	76
3.2.1	Pålning	76
3.2.2	Lastöverföring	77
3.3	Modifierad förstärkningsmetod 2	79
3.3.1	Pålning	79
3.3.2	Lastöverföring	79
3.4	Arbetsmoment	80
3.4.1	Injektering och betongsprutning	81
3.4.2	Schaktning för ny bottenplatta	81
3.4.3	Förborrning genom fyllning	81
3.4.4	Håltagning i grundmurar	83
3.4.5	Formsättning, armering och gjutning av ny betong- bottenplatta	83
3.4.6	Pålning	86
3.4.7	Tillkommande arbeten	88
3.5	Uppföljning	90
3.5.1	Kontrollåtgärder	90
3.5.2	Pålning	100
3.5.3	Tidsåtgång	101
4	KOSTNADER	101
4.1	Upphandling	101
4.2	Kostnadernas fördelning	102
5	ANALYS	104

FÖRORD

Rapporten behandlar grundförstärkning av de båda byggnaderna Cadmus 1 och Marsyas 10 belägna inom fyllningsområdet på Gamla Stans östra sida. Byggnadernas dåliga skick före grundförstärkningen till följd av stora och ojämna sättningar har delvis medfört speciella tekniska lösningar och därigenom förhållandevis höga kostnader.

Trånga källarutrymmen, känsliga förhållanden mot grannfastigheter jämte heterogena, delvis svårforcerade fyllnadsmassor är komponenter som normalt måste påräknas vid grundförstärkningsarbeten i Gamla stan och som därför ställer extra stora krav såväl vid projektering som vid genomförande av sådana entreprenader. Improvisationer blir ofta nödvändiga när antagna förutsättningar ej överensstämmer med verkliga förhållanden. I de aktuella projekten fick förstärkningsmetodiken i kv Marsyas 10 ändras ett par gånger under arbetets gång och i kv Cadmus 1 måste speciell borrhutrustning utvecklas för forcering av rikligt med trähinder till stora djup i fyllningen.

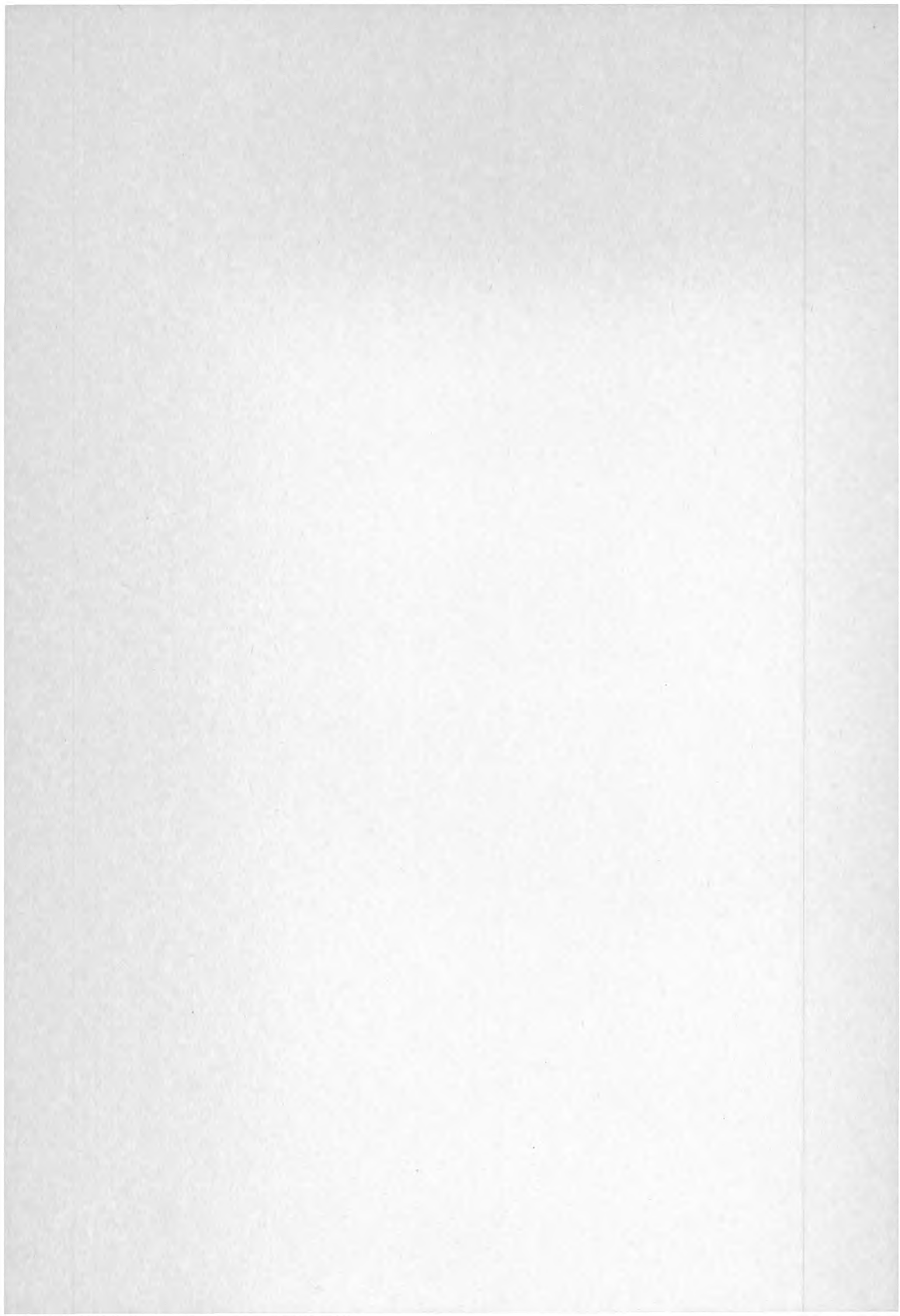
Uppföljningen av de båda grundförstärkningsarbetena är tillkommen på initiativ från Stockholms fastighetskontor i dess ambition att på bästa sätt lösa grundförstärkningsproblemen i Gamla Stan, och ingår i Byggforskningsrådets anslag 740056-7 till fastighetskontoret. Syftet med föreliggande uppföljningar - liksom i ett tidigare BFR-projekt (R96:1979) - är att vunna erfarenheter skall kunna tjäna som vägledning vid fortsatta förstärkningsarbeten i Gamla Stan. Det bör förhoppningsvis också kunna initiera fortsatt utveckling och förbättring av använda förstärkningsmetoder.

För uppföljningens praktiska genomförande vill jag tacka medhjälpare av alla kategorier från författarna till byggherre, berörda konsulter och entreprenörer.

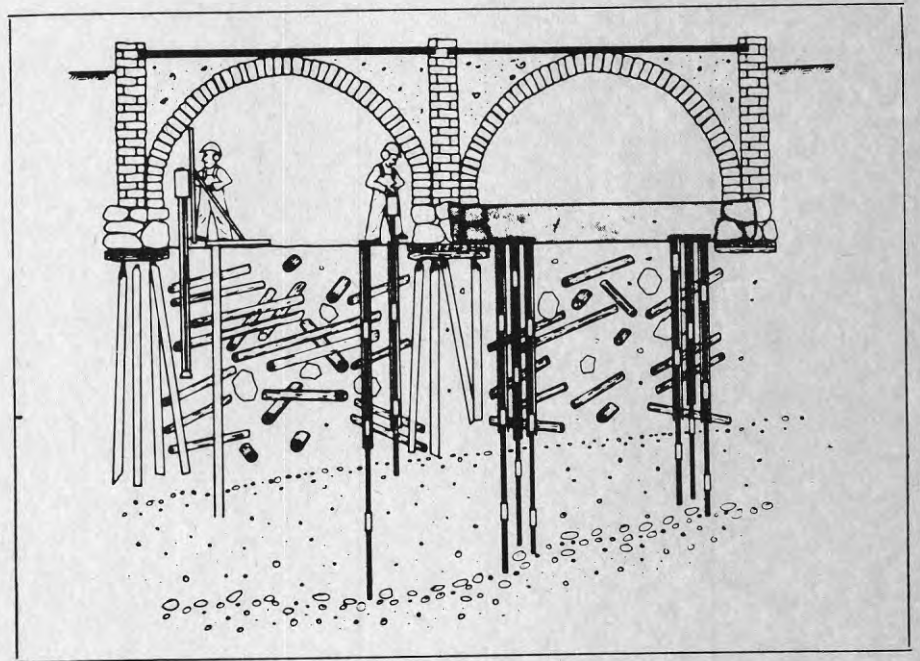
Stockholm i juni 1980.

Stockholms fastighetskontors grundläggningssektion

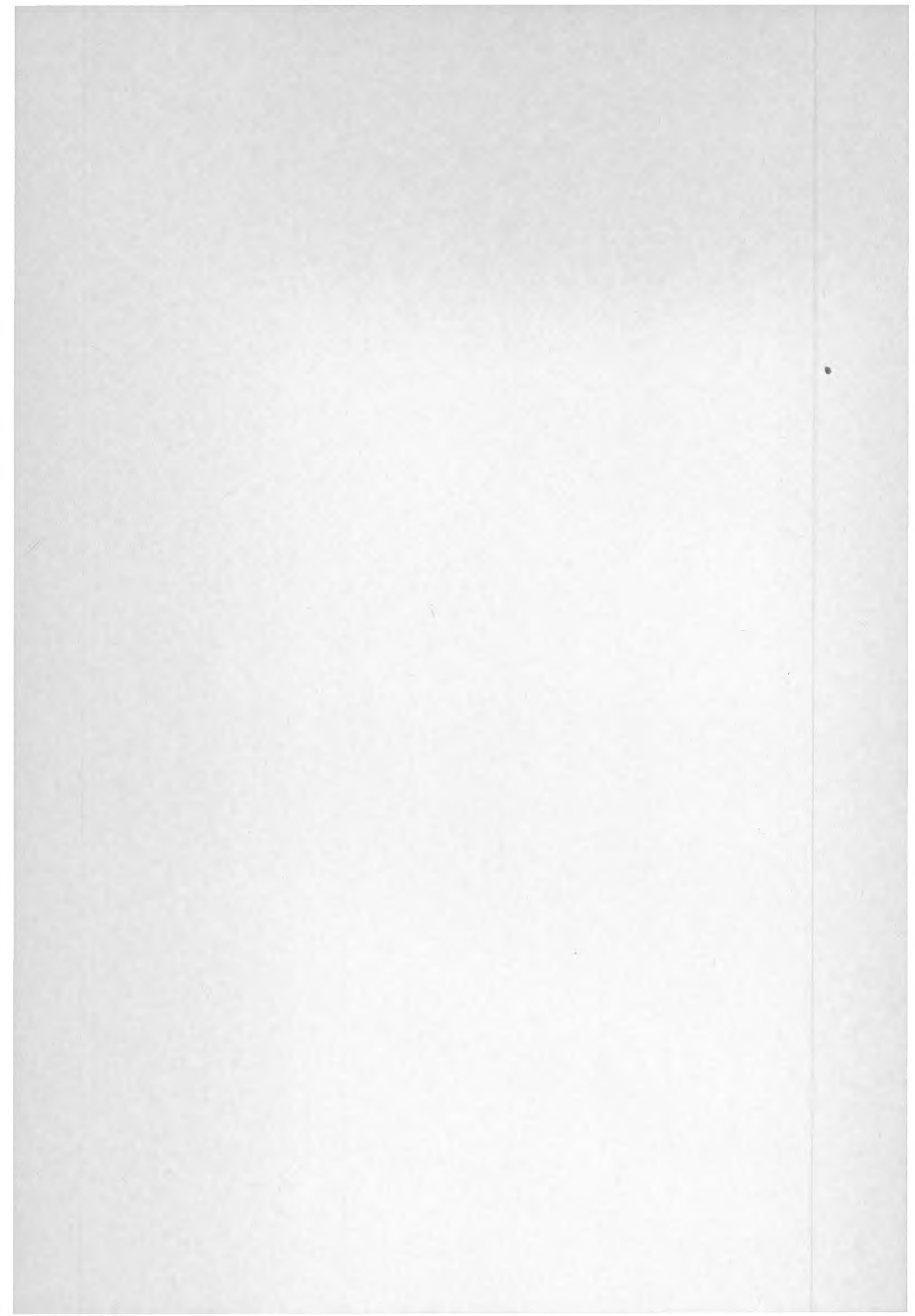
Håkan Bohm



GRUNDFÖRSTÄRKNING AV CADMUS NR 1, GAMLA STAN



Grundförstärkning med en ny teknik. Foderrör borrar genom stock och sten, varefter stålplaspålar slås ned i åsen. Byggnaden bärs upp på nya kraftiga betongbalkar över pålgrupper.



GRUNDFÖRSTÄRKNINGEN AV CADMUS NR 1, GAMLA STAN

På uppdrag av Stockholms Fastighetskontor, Grundläggningssektionen har Hagconsult analyserat det nyligen slutförda grundförstärkningsarbetet inom Cadmus nr 1 och gjort följande sammanställning och utvärdering.

Utgångspunkten för utredningen är dels våra egna erfarenheter - Hagconsult har gjort de geotekniska bedömningarna och övervakat hela arbetet - dels ekonomiskt och tekniskt material som vänligt ställts till vårt förfogande av AB Familjebostäder (byggherre), Stockholms Fastighetskontor, Byggavdelningen (konstruktör), AB Skånska Cementgjuteriet (generalentreprenör för grundförstärkningen och totalentreprenör för ombyggnads- och upprustningsarbetena i byggnaden) och AB Grundförstärkningar (underentreprenör för pålning/förborrning). Stockholms Fastighetskontor, Grundläggningssektionen har därtill bidragit med sitt omfattande arkivmaterial, egna uppföljningar av entreprenadarbetet samt inte minst med värdefulla råd under utredningens gång.

Utredningens syfte är att redovisa den nya grundförstärkningsteknik som använts för Cadmus nr 1, samt att analysera tekniska och ekonomiska erfarenheter av ett av de svåraste grundförstärkningsprojekten i Gamla Stan. Utredningen redovisas enligt samma principer som använts i BFR-rapport R96:1979, vilken behandlar tre grundförstärkningsprojekt från 1978 i Gamla Stan.

1. Förstärkningsobjektet, ritning 9091154:1



Kvarteret Cadmus lutar sig trött på en ojämnt ruten trägrund. (Foto: Anders Engman.)

Fastigheten Cadmus nr 1 ligger vid Skeppsbrons södra ände mellan Södra och Norra Dryckesgränd. Dess planmått är ca 16 x 23 m, vilket ger en byggnadsarea av 367 m². Den är bebyggd med ett gatuhus mot Skeppsbron med fyra våningar, inredd vind och källare. Byggnaden ovan mark uppfördes 1648 medan grunden och delar av källaren sannolikt är äldre. Huset har byggts om vid flera tillfällen, senast år 1929. Den inre delen av tomten upptas av ett lika högt magasinshus från 1786. Standarden är omodern.

Byggnaderna har normal konstruktiv utformning med tjocka tegelmurar, enkla tegelvalv över källaren och träbjälklag för övrigt. Källargolvet var delvis jordgolv och delvis en tunn betongbeläggning på mark. Dess nivå var +0,8 å +1,0 mot Skeppsbron och +0,3 å +0,5 längre in. Golvnivån gav dels låg takhöjd under valven i källaren och dels översvämningssproblem, vilket samverkat till att göra källarvåningen svårutnyttjad, med undantag av rummen mot Skeppsbron.

Arkivuppgifter saknas angående byggnadens grundläggningssätt. Ett antal provgropar utförda av Fastighetskontoret (1936) och Kjessler & Mannerstråle AB (1970) gav vid handen att vissa byggnadsdelar är grundlagda på träpålar med rustbädd av plank och andra på rustbädd av rundvirke. Överkantsnivån för trägrunden varierar kraftigt (mellan -0,7 och +1,0). Sammantaget med information från schaktningen under entreprenadtiden kan byggnaden sägas ha varit grundlagd på träpålar med plankbädd under skeppsbrofasaden och ett kort stycke under de båda andra gatufasaderna

intill Skeppsbron. En stor del av byggnaden för övrigt, framför allt gatufasaderna, var grundlagd på rustbädd av timmer. Övriga murar låg direkt eller via en tunn plankbädd i fyllningen. Det kan också konstateras att rustbäddar och träpålar endast delvis förefaller tillhöra den nuvarande byggnaden.

Träet var genomgående kraftigt rötangripet ned till nivå ca -0,3 och lokalt djupare.

Samtliga grundmurar bestod av en låg kallmur under och några decimeter över den gamla källargolvsnivån. Högre upp bestod de av tegelmurverk.

1.1 Byggnadsskador

Sättningar har fortgått i byggnaden under lång tid. De har varit ojämna och i första hand drabbat den inre delen, vilket medfört att hela byggnaden lutar kraftigt inåt från Skeppsbron. Skeppsbrofasadens lutning är ca 70 cm mellan taklist och sockel.

Sättningsrörelserna har följts genom mätningar under senare år. Resultaten visar att sättningen i genomsnitt var 5 å 6 mm per år i byggnadens västra del och 1 å 2 mm vid Skeppsbron. Under 1972, då nybyggnadspålning, respektive grundförstärkning med tryckpålar av betong utfördes i grankvarteret Achilles, tillkom 12 å 14 mm sättning.

De stora differenssättningarna har givetvis förorsakat byggnadsskador. Grova sättningssprickor finns i samtliga fasader. Invändigt fanns talrika sprickor med flera cm vidd i bärande väggar och valv.

För att förhindra att fasaderna mot Dryckesgränderna skulle tryckas ut och rasa försågs byggnaden med genomgående dragstag parallellt med Skeppsbron i två plan. Dragstagen har förenats med hammarband utanpå fasaderna. Krossskador i murverket under banden antyder att denna stomreparation var väl motiverad.

Byggnaden hade således grava sättningsskador. Det är närmast förvånande att de inte var mer omfattande med hänsyn till de stora differenssättningarna. Byggnaden utrymdes på grund av rasrisken år 1972.

1.2 Jordartsförhållanden

Cadmus nr 1 ligger i det utfyllda området på östra sidan av Brunkebergsåsen. Fyllningens mäktighet är mellan 8 och 11 meter under källargolvsnivån, det större djupet mot Skeppsbron.

Geotekniska undersökningar med sondering och störd provtagning, har utförts i flera omgångar dels från källaren och dels i Södra Dryckesgränd, se ritning :2. Dessutom har korrosionssondering (typ NGI) utförts i två punkter, bilaga 1.

Fyllningen består till större delen av friktionsmaterial (från åsen), sand och sten, men innehåller skikt med stort innehåll av förmultnat trä och annat organiskt material. Därtill innehåller fyllningslagret stora mängder friskt trävirke, sannolikt rester av tidigare bebyggelsegenerationer och deras grundläggningar. Fyllningen innehåller relativt få block.

Fyllningens korrosivitet, mätt med NGI-sond i två punkter till 7,0 respektive 8,5 m djup under källargolven, var generellt sett låg till måttlig. På inalles 4 mätnivåer uppmättes måttlig - hög korrosivitet (korrosionshastighet 3,5 - 4,0 mm/100 år).

Uppgifterna om åsmaterialets sammansättning är ej särskilt omfattande. Provtagningen visar dess skiktade uppbyggnad och erfarenheter från entreprenadtiden ger vid handen att det översta skiktet i stort sett består av sand och sten. Bergytan ligger på nivå -30 á -40.

Grundvattennivån följer Saltsjöns vattenstånd, MW -0,3, MHW +0,3, HHW +0,7 och MLW -0,7.

1.3 Bakgrund till val av förstärkningsmetod

Det stod tidigt klart att en grundförstärkning av Cadmus nr 1 skulle bli mycket svår. Byggnaden var allvarligt skadad och därmed känslig för ytterligare rörelser och vibrationer. Fyllningens mäktighet och innehåll av trävirke skulle hindra traditionell tryckpålning. Flera grundförstärkningsförslag som byggde på att utföra nya vertikala bärelement i form av gräv-pålar eller stålkärnepålar i Dryckesgränderna, där kraftig maskinutrustning kan etableras, studerades och förkastades med hänvisning till tekniska svårigheter och orimliga kostnader.

En grundförstärkning skulle kräva borrhning genom fyllningslagret, men takhöjden i källaren var alltför liten för att existerande borrhutrustningar skulle få plats. Ett förslag var därför att från bottenvåningen, dvs genom valv och källare, borra ned stålkärnepålar. Denna metod skulle dock bli dyr på grund av djupet till berg och behovet av att förstärka bjälklaget över källaren för att bära borrhmaskinen.

Under 1978 grundförstärktes fastigheten nr 4 i grannkvarteret Narcissus med Stålplastpålar. Trots en betydande förekomst av trävirke i fyllningen kunde man genom sondering och anpassning av pållägena få ned samtliga pålar utan problem (7 för höga pålstopp vid totalt 183 pålar). Tanken föddes därför att använda en liknande teknik på Cadmus, särskilt som en enkel metod att borra genom ytligt trävirke utvecklats under arbetet i Narcissus.

Vid en kompletterande grundundersökning sökte man klarlägga omfattningen av trä och andra hinder i fyllningen. Då traditionell geoteknisk sonderingsutrustning visade sig vara för vek borrades sonderingshål med kedjematad hammarborrmaskin och 110 mm retract-krona med styrrör. Av denna undersökning framgick att fyllningen hade ett mycket stort innehåll av friska trästockar ned till maximalt 6 m djup och framför allt i byggnadsdelen mot Skeppsbron.

Det framgick också att förborrning ej var tillfyllest för att få ned pålar genom en rad stockar. Då borrstålen till skillnad från pålen är något böjliga kommer hålen i de olika hindren nämligen inte riktigt i rät linje. För att säkerställa pålning genom fler stockar än 2 å 3 och på större djup än 2 - 3 m krävs att borring sker med ett kvarlämnat foderrör till det djupaste hindret.

Foderrörborrsystem som är effektiva i både trävirke och jord med sten och block finns ej som standard. Existerande system, typ ODEX, klarar med begränsad effektivitet borring i trävirke, men maskinutrustningen (BBE-maskiner) kräver för rimlig ekonomi relativt stor takhöjd - ca 3,5 m - och medger inte borring närmare en vägg än 45 cm. Mot den bakgrunden, och med hänsyn till att trähindren bedömdes ligga på maximalt 6 m djup utvecklade AB Grundförstärkningar ett system där foderrör $\varnothing 100$ borrades ned med en mindre helhydraulisk hammarborrmaskin på ett specialbyggt aggregat. Hinder, trä eller block, forcerades genom borring invändigt i rören med lämplig specialkrona, varefter rören slogs genom hindret till nästa hinder osv. Systemet byggde således på att rören kunde slås genom hål som var 8 mm mindre än rörens ytterdiameter. Det visade sig vid provning i ett par hål inom Cadmus fungera väl.

På basis av förundersökningens resultat bedömdes vid upphandlingen att för totalt 280 pålar skulle förborring genom trä i fyllningen krävas för 120 pålar intill 2 m djup och för ytterligare 120 intill 6 m djup. Detta visade sig vara en betydande undervärdering av förborrningsbehovet, varom mer nedan.

2. Principiell beskrivning av förstärkningsmetoden

Grundförstärkningssystemet för Cadmus innebär att Stålplastpålar slås i grupper intill de bärande väggarna med inbördes minimiavstånd. Pålgruppernas avstånd har valts med hänsyn till grundmurarnas förmåga att bilda valv mellan förstärkningspunkterna och är 2 - 3 m. Pålgrupperna förenas parvis med betongbalkar

vars ändrar som konsoler fälls in i/under grundmurarna, ritning :1 och :3. För att möjliggöra inbilning av balkändarna i grundmurarna och för att förbättra deras bärförmåga har de lokalt förstärkts genom bultning. Samtliga bultar är ospända.

Pålarna är Stålplastpålar $\varnothing 76,1 \times 4,0$ och utnyttjas till den typgodkända lasten, 140 kN. De slås med en lätt tryckklufthejare, Atlas Copco Tep 40. Typgodkännandet avser användning i svagt och måttligt korrosiva jordar, se bilaga 2.

Begränsningen avser ej själva pålröret, vars korrosionsskydd är tillfyllest även i starkt korrosiv miljö, utan skarvhyllsorna, som normalt korrosionsskyddas genom kraftig varmgalvanisering. Inom Cadmus finns skikt i fyllningen med måttlig till stark korrosivitet. Där pålen av andra skäl skulle slås genom ett kvarlämnat foderrör utgör detta tillräckligt kompletterande rostskydd, men då detta ej bedömdes bli fallet överallt, tilläggsskyddades samtliga skarvhyllsor genom epoxibehandling före leverans till arbetsplatsen.

Brukstiden för en grundförstärkning i en byggnad, som redan vid förstärkningstillfället är 300 år gammal, kan förmodas bli väsentligt längre än de 50 å 75 år som är ett vanligt tidsperspektiv vid värdering av beständigheten hos byggnadsmaterial, t ex Stålplastpålar. Mot denna bakgrund önskade byggherren att bärförmågan hos betongkärnan i pålarna skulle ökas genom armering. Efter hållfasthetsprovning och praktiska försök beslöts att utforma kärnan med en centrerad spännstålstång GWS $\varnothing 15$ och tillsats av 1,6% alkaliresistent glasfiber (Pilkington CEM-Fil) till cementbruket. Provningarna visade att en sådan kärna har en bärighet av ca 210 kN (motsvarande stålets brotthållfasthet) där knäckning i jord ej är dimensionerade. Statens Planverk godkände underhand utförandet under förutsättning att armeringen ej utnyttjades för att höja pålens brukslast, vilken bland annat är avhängig stoppslagningskriteriet.

3. Praktisk beskrivning av arbetsutförande

3.1 Ingående arbetsmoment

Arbetet inleddes med etablering, upptagning av transportöppningar, grovschakt och stämpning av rasbenägna byggnadsdelar. För varje förstärkningsbalk utfördes därefter följande moment

- schakt för balk
- lokal förstärkning av grundmur
- förborrning
- pålning
- schakt för balkändar i grundmurar
- armering och gjutning av grundbalk
- gjutning av nytt golv.

3.2 Etablering m m

Arbetsplatsen är mycket trång och, som vanligt i Gamla Stan, besvärlig från åtkomlighetssynpunkt. Platsetableringen skulle betjäna den genomgripande ombyggnaden av hela huset förutom grundförstärkningsarbetena.

Personalutrymmen och kontor inreddes i byggnaden. Gatumark disponerades dels i Södra Dryckesgränd, som spärrades av längs hela fastigheten och dels till 2 m bredd längs Skeppsbrofasaden. I Dryckesgränden placerades kompressorer och lastbehållare för schaktmassor medan gångbanan på Skeppsbron i stort sett upptogs av en byggnadsställning med bygghiss. Material och maskiner fick därför förvaras i trånga och svåråtkomliga utrymmen i byggnadens bottenvåning och källare, vilket ställde höga krav på täta och punktliga leveranser.

Schaktmassor transporterades ut via en hundbana i det sydvästra hörnet av källaren. I detta rum revs bjälklaget över källaren.

Grovschaktningen och massförflyttningen i källaren utfördes med en hjullastare, Bobcat, utrustad med lastskopa och hydrauliskt bilspett. Denna maskin krävde att vissa nya öppningar togs upp

i källarväggarna och att gamla vidgades. Grovschaktbotten anpassades till grundvattnet och lades på nivåer strax under ± 0 .

I ett tidigt skede av arbetet revs hela det centrala trapphuset ned till källargolvsnivå. Efter detta var framkomligheten i horisontalled relativt god i källaren.

Byggnadens redan från början dåliga stabilitet krävde efter de invändiga rivningsarbetena omfattande stämning och stöttnings framför allt kring trapphuset.

3.3 Schaktning för balkar

Schaktningen utfördes i huvudsak med Bobcataggregatet. Den rikliga förekomsten av trävirke i fyllningen krävde dock betydande insatser av handschakt med såg och yxa. Utstickande partier av grundmurarna bilades bort endera med Bobcataggregatet eller hantverkermässigt med borrar och kilning.

Schaktbottnarna förlades med hänsyn till två krav, dels fri takhöjd minst 1,90 m i pållägena, dels balkarnas konstruktionshöjd (ca 80 cm) under den ursprungliga golvnivån. Schaktbottnarna kom därmed genomgående under grundvattennivån, vilket medförde ett ökande behov av länshållning under arbetets gång.

Pumpning skedde i lokala gropar. Vattnet avleddes till avloppsnätet efter sedimentering. Två erfarenheter kan vara värda att anföra. Borrningen i trävirke tillförde stora mängder (flytande) träspån till pumpvattnet. Ett betydande arbete fick därför ägnas åt rensning av de dränkbara pumparna. En veckohelg flyttade någon pumpslangen från den utvändiga sedimenteringsbassängen till en källarglugg, vilket ledde till att vattennivån steg 60 cm över schaktbottnarna i källaren och medförde att elektrisk utrustning, främst svetsar och injekteringsblandare, förstördes.

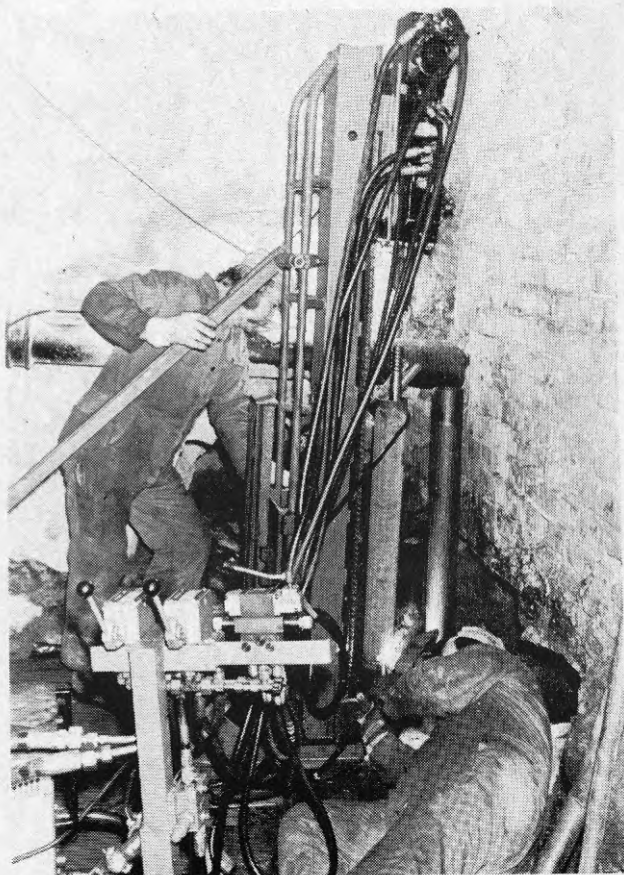
3.4 Lokal förstärkning av grundmurar

Kallmurverket har stabiliserats med slakbultar typ Perfo. Bultningen tjänar det dubbla syftet att möjliggöra upptagning av nischer med avsedda mått (för de nya grundbalkarna) samt att medverka till murens bäring mellan förstärkningspunkterna.

För att ytterligare förbättra grundmurarnas möjlighet att utan ökad sprickbildning bära sin egen vikt mellan de nya grundbalkarna gjöts låga betongbalkar mot alla yttermurar. Samverkan mellan grundmurarna och de nya betongkonstruktionerna åstadkoms genom bultning.

3.5 Förborrning för pålar

För att forcera trävirket i fyllning använda man i arbetets inledningsskede den tidigare nämnda rörborrningstekniken, där ett foderrör $\varnothing 100 \times 4$ borras ned med hammarborrmaskin och icke rymmande krona.



Borraggregaten för 100 mm foderrör är skräddarsydda efter de låga källarutrymmena. Här pågår skarvning av rör.

Utrymmet för borrning är mycket begränsat under tegelvalven och generella sänkningar av golvnivån skulle leda till länshållningsproblem. Därtill kommer det starka önskemålet att placera pålarna tätt intill de bärande väggarna, för att minimera konsolmomenten i grundbalkarna. Kravet var pålplacering och därmed borrcentrum, 20 cm från väggarna. Utrymmet i höjled vid borrpunkterna var som lägst 190 cm.

Existerande kedjematade hammarbormaskiner för foderrörsborrning (typ Atlas Copco BBE57 och liknande) klarar ej det första kravet och knappast heller det andra. En sådan maskin med totalhöjden 215 cm kräver t ex borrning med 50 cm långa skarvstål, vilket är dyrt. Sålunda byggdes ett helt nytt kedjematat borraraggregat, lätt hopfällbart för flyttning mellan borrarpunkterna, och med en helhydraulisk hammarbormaskin Klemm 100. Kraftkällan är en separat eldriven hydraulpump, som placerades i byggnadens bottenvåning.

Hydrauldriften ger förutom små yttermått arbetshygieniska fördelar. Tryckluftsdrift ger smörjoljerök, vilket leder till problem i trånga och svårventilerade utrymmen och dieseldrivna kompressorer ger luftföroreningar i Gamla Stans trånga gränder.

Med denna specialbyggda utrustning påbörjades förborrningen. Man fann redan i den första borrarpunkten att trävirkesförekomsten var större än förväntat, och framför allt att trävirke fanns i oförminskad omfattning även på större djup än 6 m.

Med så mycket trävirke att genomborra, fungerade den valda tekniken ej. Efter ett visst antal forcerade stockar kunde foderröret ej drivas vidare utan så stort våld att svetsskarvarna brast.

Efter nya försök i de tillgängliga pållägena (balk 4-6) framgick det att dessa problem ej var lokala, och att således den valda tekniken med stor sannolikhet ej skulle möjliggöra grundförstärkning av byggnaden.

De ursprungliga värderingarna angående alternativa grundförstärkningssystem kvarstod oförändrade och ett radikalt metodbyte var således ej aktuellt. I stället satsade man på foderrörsborrning med rymmande krona. Standardmetoderna är dock utformade för borrning i berg och är mindre effektiva i trä. Det närmast aktuella systemet, Odex 5", skulle knappast vara användbart till aktuella djup, ca 10 m, med Klemmaskinen och en större maskin hade krävt flyttning av pållägena och en väsentlig utökning av balksystemet.

Mot denna bakgrund utvecklade AB Grundförstärkningar en ny excenterkrona för 100 mm rör. Kronan ger effektiv borrning i trä och klarar borrning i block med acceptabelt slitage. Detta borrsystem sattes i produktion 3 veckor efter entreprenadstarten.

Vid borrningen drevs foderrören till en nivå, som kunde bedömas vara erforderlig med hänsyn till borresultaten i intilliggande hål, varefter sondering utfördes med enbart kronan ytterligare ca 1 m. Om trävirke påträffades, drevs foderröret vidare genom hindret, varefter proceduren upprepades.

Rörborrning utfördes på detta sätt för samtliga 290 pålar med en total borrlängd av 2393 m, dvs i genomsnitt 8,25 m/påle.

Borrningen protokollfördes hål för hål och det visar sig att ca 1/3 av borrningen utförts i trävirke. I vissa pålgrupper är 3/4 av borrningen utförd i trä, ritning :4.

Hydraulborrtrrustningen var ny för Sverige, vilket ledde till problem med service och reservdelsförsörjning. Produktionsbortfallet av dessa skäl blev relativt stort. Under två uppföljningsperioder om 6 respektive 3 veckor förekom driftsstörningar som gav helt eller väsentligt produktionsbortfall 25 respektive 35% av arbetsdagarna. Detta i kombination med den 2,5 ggr större mängden borrning kunde tidigt förutses ge tidplanekonsekvenser, vilka i första hand skulle drabba totalentreprenören för renovering av byggnaden efter avslutad grundförstärkning. Samtliga parter gjorde gemensamt bedömningen att forceringsåtgärder var påkallade.

Efter en kontroll av att ytterligare borrtrrustning ej fanns att tillgå i Sverige byggde därför AB Grundförstärkningar ännu ett aggregat, vilket togs till arbetsplatsen efter sommaresemestern. Båda aggregaten kördes sedan i tvåskift och man lyckades avsluta det väsentligt utökade borrararbetet med endast 5 veckors förlängning av tidplanen.

3.6 Pålning

Pålning utfördes med Stålplastpålar $\varnothing 76,1 \times 4,0$ enligt typgodkännande 3017/77 från Statens Planverk. I detta fall kunde pålarna ställas ned i foderrören och sedan slås genom kvarvarande fyllning till stopp i åsen, ritning :5. Den totala pållängden blev 3,967 m, vilket motsvarar 13,7 m genomsnittlig längd. Genomsnittligt erhöles pålstopp ca 5,5 m ned i åsen. Pålstoppen var genomgående "sega", dvs krävde relativt lång slagningstid innan sjunkningen underskred stoppkriteriet, 5 mm/min under 3 minuter.



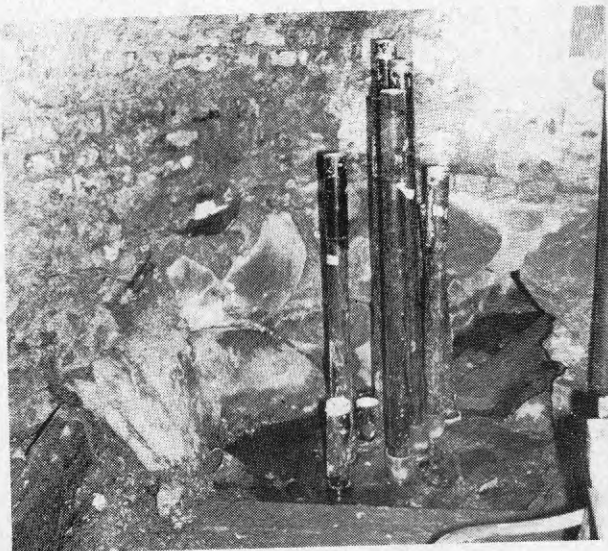
Stålplastpålning. Två man, eller en stark, klarar alla arbetsmoment.

På Cadmus, liksom vid övriga stålplastpålningar i åsmaterial, var variationen i pållängd stor även i en och samma pålgrupp. Samtliga pålar efterslogs därför, normalt utan sjunkning. I några grupper, där man utfört undersökningsbörning under pålstoppsnivån, gav dock efterslagningen stor sjunkning. Hälften av pålarna där sjönk 1 å 2 dm medan en påle kunde slås ned 6 meter.

Den längsta pålen blev 32 m. Den och två andra långa pålar provbelastades eftersom typgodkännandet är begränsat till 20 m långa pålar.

I balkarna 6-10 erhöjls pålstopp på en högre nivå än den ursprungligen antagna åsöverytan. Där utfördes en kompletterande geoteknisk undersökning, vilken visade att jordmaterialet åtminstone från 2 m över pålstoppnivån bestod av åsmaterial, sand och sten, även om undersökningen ej kunde särskilja naturligt sådant från utfyllt. I detta område krävdes därför, undersökningsresultaten till trots, komplettering av pålningen. Foderrören drevs för de nya pålarna djupare än vad träförekoms-ten motiverade, men pållängderna blev trots detta ej väsentligt större. Den kortaste utnyttjade pålen provbelastades.

Totalt utfördes nio extra pålar, vilket tillsammans med flytt-tider, geoteknisk provtagning och provbelastning kostade ca 30.000:- kronor. En annan konsekvens var att sättningarna tilltog kraftigt under den relativt långa tiden rummet stod med öppna schakter för grundbalkar under samtidig borrhning



En färdig pålgrupp före renkapning.

I de övriga fall en påle slogs till stopp ovan den i förväg bedömda åsöverytan slogs rutinemässigt en kompletteringspåle i gruppen. Grundmurarnas konfiguration, ändrade belastningsförutsättningar etc krävde också i ett antal fall kompletterande pålning. Utöver de ovan nämnda slogs sex sådana kompletteringspålar.

Samtliga pålar rakhetskontrollerades efter slagning. Alla pålar utom sex klarade det mycket hårda kriteriet att någon del av pålspetsen (botten i pålröret) är synlig från överänden. De återstående tolkades och uppfyllde typgodkännandets krav att krökningsradien överallt är större än 150 m.

Pålningen utfördes i stort sett på normal arbetstid med intermittenta insatser av tvåskiftsarbete för att snabbt färdigställa deletapper.

3.7 Schaktning för balkändar i grundmurar

Efter avslutad pålning i ett källarrum gjordes inschaktningar för balkändarna i grundmurarna. Dessa nischer hade teoretiskt mått ca $1 \times 1 \text{ m}^2$ och ett djup, som nära motsvarade grundmurens tjocklek. Losshållning utfördes huvudsakligen med det hydrauliska bilspettet på Bobcataggregatet. Murens kvalitet, med betydande andel små och rundade block och schaktmetoden tenderade att ge större nischer än avsett, framför allt ökade måttet längs muren.

Den verkliga arbetsplanen kom att ge låg produktion i början av entreprenadtiden och mycket hög i slutet (dubbla bormaskiner i tvåskiftsarbete). Även arbetet med balkarna forcerades, vilket medförde att fler nischer stod öppna samtidigt och ibland under längre tid än vad som hade varit önskvärt. Sättningshastigheten ökar markant från schaktningen för balkändar tills den nya balken och pålarna bär byggnadens vikt.

3.8 Armering och gjutning av balkar

Balkarna armerades på plats med huvudarmering Ks60 $\emptyset 16$ på miniavstånd och 4-skäriga byglar Ks40s $\emptyset 16$, ritning :3.

Totalt användes 8000 kg Ks60 och 8600 kg Ks40s inklusive monteringsjärn och spill.

Balkarna göts med Btg I Std K350 i tvåsidig form på grusavjämning. För att säkerställa balkändarnas anslutning till grundmurarna användes övertrycksgjutning. All betong kärrades från roterbilar på Skeppsbron till slasar direkt till gjutställena eller för vidare kärning i källaren. Totalt åtgick 170 m^3 betong.

Arbetsritningar för betongbalkarna upprättades kontinuerligt allt efter det att verkliga pållägen inrapporterats till konstruktören.

3.9 Gjutning av nytt golv

Utrymmena mellan grundbalkarna återfylldes med grus, varefter ett enkelarmerat 10 cm tjockt golv (på mark) gjordes över hela källaren.

4. Provbelastningar av pålar

Tre långa pålar och en kort provbelastades, se bilaga 3.

Provbelastningen utfördes med den färdiga grundbalken som mot-håll. Ovanför pålarna fanns ursparingar i betongen och ingjutna förankringsbultar för ett ok. Lasten påfördes med hydraulisk domkraft, vars elpump hade konstanthållningsventil. Lasten avlästes på manometer med en noggrannhet av 1 kN. Utrustningen kalibrerades efter provbelastningarna.

Pålhuvudets sjunkning mättes relativt balken med två mätklockor med 0,01 mm noggrannhet. Balkens deformation är försumbar i förhållande till pålens sjunkning.

Pålarna provbelastades enligt följande program.

1. Pålastning till 50 kN, avlastning till 0
2. Pålastning till 25 kN, deformationsavläsning efter 0, 1, 2, 4, 6 och 8 minuter.
3. Ökning av lasten med 25 kN, deformationsavläsning efter 0, 1, 2, 4, 6 och 8 minuter tills 300 kN last uppnåtts (2,14 ggr brukslasten eller 90% av pålrörets stuklast).
4. Avlastning till 0 och deformationsavläsning efter 0 och 1 minut.

För påle nr 7 och 9 i balk 5 kunde programmet följas helt. Vid provbelastning av påle nr 11 i balk 5 överhettades hydraulpumpen vid laststeget 300 kN och mätvärden kunde ej erhållas för detta laststeg.

Vid provbelastning av den korta pålen, nr 2 i balk 6, skedde vid 175 kN last en buckling och utknäckning av det stålrör som överförde lasten genom ursparingen i betongbalken. Röret fastnade i ursparingen och förhindrade vidare belastning av pålen.

Resultaten redovisas i diagramform dels som total deformation (under 8 minuter) som funktion av lasten, dels som deformation 0-2 minuter per laststeg och dels som deformation 2-8 minuter per laststeg. De två senare diagrammen motsvarar ungefärligen elastisk hoptryckning respektive krypning och det första en slags arbetskurva.

Provbelastningarna av de tre långa pålarna visar bl a

- Pålarnas totala sjunkning följer nära en rak linje, dvs är elastisk
- Pålarnas verkliga sjunkning överensstämmer med eller är mindre än den teoretiska elastiska hoptryckningen av pålen från topp till spets, vilket ger vid handen att viss del av bärigheten beror på mantelfriktion
- Krypningen (2-8 minuter) vid brukslast är försumbar (0,1 å 0,2 mm) och begränsad, drygt 0,5 mm vid största provningslast.

Provningen av den korta pålen, nr 2 i balk 6, till 150 kN visar att sjunkningen överensstämmer med pålens teoretiska elastiska hoptryckning, dvs att pålen är spetsbärande samt att krypning ej förekommer vid provningslasten.

Provbelastningsresultaten konfirmerar att pålar som är längre än 20 m har bärighets- och deformationsegenskaper som ej avviker från kortare. Förhållandet var i och för sig känt från pålprovningar år 1978 i grannkvarteret Narcissus.

5. Kontrollåtgärder

För att bevaka rörelser och eventuella byggnadsskador i grannskapet och den egna byggnaden utfördes dels sprickbesiktning av närmast berörda grannbyggnader, Cadmus 2 (betongpålar) Achilles 1 (betongpålar/tryckpålar av betong) och Narcissus 1 (träpålar), dels regelbunden precisionsavvägning av 18 dubbar i deras grundmurar. Någon efterbesiktning har ej utförts ännu, men enligt uppgift har ej några väsentliga skadeökningar förekommit i grannbyggnaderna under grundförstärkningen inom Cadmus 1.

Samtliga berörda byggnader har varit föremål för sättningsmätning i olika omfattning, som längst sedan 1960-talet. Dessa avvägningar har utförts med olika precision och delvis med utgångspunkt från fixpunkter, som ej gör skäl för benämningen. Följande torde dock kunna utläsas.

Byggnaden på Cadmus 2 satte sig ca 10 mm i delen mot Södra Dryckesgräns i samband med grundförstärkningen/grundläggningen inom Achilleus 1 i början av 1970-talet. Sättningshastigheten under 1978/79 före arbetena i Cadmus 1 synes vara 0-4 mm/år.

Sättningen under entreprenadtiden (mars-november 1979) är 9 mm i tomtgränsen mot Cadmus 1. Sättningen har uppkommit under oktober och november. Mer än hälften har inträffat efter avslutad pålning.

Achilles nr 1 synes ej ha satt sig efter grundförstärkningen/nybyggnaden 1971/72. Under arbetena på Cadmus 1 har sättningen i fasaden mot Södra Dryckesgränd varit 5-7 mm. Vid Skeppsbron har rörelsen varit jämn, medan den längre in inträffat under oktober-november 1979, dvs helt efter pålningen. Största sättningen, 7 mm, inträffade mitt för det område där kompletterande borrhning och pålning utfördes i balkar 6-10 och under denna tid.

Byggnaden inom Narcissus 1 har satt sig 1 \dot{a} 1,5 mm/år fram till 1976 i hörnet Skeppsbron/Norra Dryckesgränd. Efter 1976 har sättningen avstannat. Under entreprenadtiden i Cadmus nr 1 uppstod 7 mm sättning under senare delen av september till november, dvs i stort sett efter pålningsarbetet.

I framförallt den västra delen av Cadmus nr 1 förflöt relativt lång tid från det att foderrören borrades ned (till vattengenomsläppliga åslager) tills betongbalkarna göts så att golvnivån kunde höjas och länshållningen avbrytas. Under denna tid skedde en vattenströmning längs foderrören och före pålningen i än högre grad genom dem. Största sättningen i Achilles 1 inträffade under den intensiva och djupa rörborrningen för kompletteringspålningen i balk 6-10. En sannolik tolkning av resultaten är därför att pålningen som sådan bidragit till sättningarna i mindre omfattning och att huvudorsaken är materialtransport med läckvatten och spolvatten från foderrörsborrningen.

I Cadmus nr 1 har de redan förut grava skadorna följts kontinuerligt under arbetet, och precisionsavvägning skett av dubbar inom hela byggnaden.

Stora och ojämna sättningar har skett under lång tid. Den största differenssättningen är av storleksordningen 0,5 mm. Sättningshastigheten tiden närmast före grundförstärkningsarbetena var ca 2 mm/år vid Skeppsbron och ca 10 mm/år vid gränsen mot Cadmus 2.

Under grundförstärkningsarbetena har sättningen varit 30-50 mm, de större värdena i västra delen, mot Cadmus 2. Sättningsdiagrammen, ritning :6-:8, visar även aktiviteter för intilliggande balkar vid respektive dubb, se även ritning :1.

Dubb KM 14

Sättningen visar hög inledningstakt, "naturlig" eller påverkad av angränsande aktiviteter. Schaktning ger ökad hastighet medan rörborrning och pålning ej syns påverka sättningshastigheten. Gjutning av balk hejdar sättningen.

Dubb 157

Hög inledningstakt. borrning/pålning ger ej märkbar sättningshastighet men utlöser högre hastighet. Andra omgången borrning/pålning/schaktning ökar takten markant. Schakt i grundmurarna och gjutning för balkarna 8 och 9 utfördes samtidigt vilket bidrog till den höga sättningshastigheten. Sättningen hejdas ej omedelbart efter gjutning.

Dubb 158

Dubben är placerad intill det rum där grundförstärkningsarbetena påbörjades.

Sättningsstakten är hög inledningsvis och syns ej påverkas av någon aktivitet för balk 3. Vid borrning/pålning för balk 2 ökar takten något och vid gjutning har sättningen upphört.

Dubb KM 15

Schakt/rörborrning ger hög sättningsstakt medan pålningen ej syns separat. Sättningen upphör efter gjutning.

Dubb 156

Första schaktomgången ger inget bidrag till sättningen, borrning/pålning gav ca 10 mm, därefter hög takt till gjutning, varvid sättningen upphör.

Dubb KM 17

Hög sättningsstakt inledningsvis, schaktning utlöser snabb rörelse, borrning/pålning ger ingen urskiljbar effekt. Sättningen fortgår långt efter gjutning pga angränsande aktiviteter.

Dubb KM 18

Hög takt inledningsvis utlöst av schaktning eller "naturlig", snabbare efter borrning (materialtransport genom foderrören), hejdas vid gjutning. Pålning ger ingen urskiljbar effekt.

En jämförelse med utförda aktiviteter ger vid handen att:

- pålning och borrning uppenbarligen ger små sättningar medan arbetet utförs (ett fall identifierbart ca 10 mm)
- schaktning, särskilt i kombination med öppna rör i marken utlöser en hög sättningstakt vilket leder till stor totalsättning om schakten står öppna under lång tid.
- sättningarna avstannar snabbt efter gjutning, det förefaller dock som om utförda balkar störs av närmast angränsande.

6. Kostnader

Samtliga kostnader anges inklusive mervärdeskatt och i prisnivå 1979-07-01.

6.1 Projektering, byggadministration

Projekteringen omfattade dels en kompletterande geoteknisk utredning och dels upprättande av pål- och balkplaner för anbudsberäkning. Under hela byggnadstiden har därefter arbetsritningar för betongbalkarna upprättats kontinuerligt allt eftersom detaljmätning skett av verkliga pållägen och verklig grundmursform.

All projektering och detaljkonstruktion har av byggherren ersatts med tidsdebitering enligt ramkontrakt med berörda konsulter.

Före och efter (ej utförd ännu) grundförstärkningsarbetena har grannbyggnaderna besiktigats med avseende på skador. Under och efter entreprenadtiden har rörelser i den egna och angränsande byggnader följts med tät precisionsavvägning. Avvägningarna har kunnat samordnas med Fastighetskontorets omfattande mätprogram i Gamla Stan och har därför blivit relativt billiga. Även dessa tjänster har ersatts med tidsdebitering enligt ramkontrakt.

Byggnadskontrollanten är fast anställd av byggherren och har förutom grundförstärkningen samtidigt övervakat även ombyggnadsarbetena i Cadmus och andra projekt. Den nedan angivna kontrollkostnaden är därför en bedömning.

Den totala kostnaden för projektering och byggadministration blev ca 295 tkr fördelade som

- projektering. konstruktion	95 tkr
- geoteknik provpålning	95 tkr
- kontroll, besiktningar, avvägningar	105 tkr
Därtill kommer kapitalkostnader ca	100 tkr

6.2 Entreprenadarbeten

Grundförstärkningsarbetena upphandlades som generalentreprenad till fast pris med mängdreglering. Generalentreprenören har utfört etablering och drift av en komplett arbetsplats (personalutrymmen, el, vatten, belysning etc) och hållit en komplett arbetsplatsadministration. Etablering och administration har anpassats till ombyggnadsarbetena som pågick samtidigt med grundförstärkningen. Generalentreprenören har vidare utfört transportöppningar etc samt provisorisk stöttning. Vidare har han utfört samtliga schakt- och betongarbeten.

Pålningen och den tillhörande borrhningen upphandlades av underentreprenör. vilken också ersattes till fast pris med mängdreglering.

Entreprenadkostnaderna anges i tabell 6:1, vilken kräver några förklaringar.

Kolumnen 2, "Total kostnad", anger de upplupna kostnaderna vid arbetena i Cadmus 1. I kolumnen 3, "Varav ej normal", anges de kostnadsandelar som förorsakats av specifika krav eller svårigheter i samband med detta arbete. Kolumn 4, "Egentlig kostnad", anger skillnaden mellan de två förra, och kan således ses som en grund för bedömning av kostnader vid framtida grundförstärkningar av samma art och med liknande metod.

- Etablering, transportöppningar och platsadministration (50 + 60 tkr) är den andel som bedömts bära belasta grundförstärkningsarbetet (resten faller på ombyggnaden).
- Stöttning (30 tkr) krävdes på grund av byggnadens grava skador. Kostnaden är ej särredovisad utan bedömd.
- I schaktningskostnaden har 20 tkr för bortbilning av utstickande grundmursstenar och kapning av trästockar bedömts vara ej normala
- I pålningskostnaden är den speciella armeringen av Stålplastpålarnas centrumigjutning ej normal. Likaså är utförda provbelastningar och kompletterande jordprovtagningar vid pålspetsnivån ej normala.

Tabell 6:1, ENTREPRENADKOSTNADER
(exkl mervärdeskatt)

1. ARBETSMOMENT	KOSTNAD tkr			MÄNGD		ENHETSPRISER		KOSTNADSFÖRDELNING		
	2 TOTAL	3 VARAV EJ NORMAL	4 EGEN- LIG (2-3)	5 NOMI- NELL	6 VERK- LIG	7 kr/ enhet	BERÄKN SOM	PERSONAL	MATERIAL	MASKI- NER
Etablering. transport- öppningar	50	-	50							
Platsadministration	60	-	60							
Stöttning	30	30	-							
Schaktning inkl bort- transport och återfyll- ning	280	20	260	280 m ³		1.000/m ³ 930/m ³	2/5 4/5	50	20	30
Förstärkning av grund- murar	115	-	115	155 lm		740/lm		75	10	15
Pålning	680		514		3.967 m	171/m 130/m	2/6 4/6	40	40	20
armering av påle sondering för påle provb kompl geoteknik		120 22 24			3.967 m	30/m	3/6			
Borrning för pålar	853		793		2.393 m	356/m 331/m	2/6 4/6	65	20	15
forcering		60								
Inbilning för balkändar	250	-	250		60 st	4.170/st		80		20
Betongbalkar, inkl form, armering och stålbalks- montage	295	-	295		170 m ³	1.735/m ³		55	40	5
TOTALT	2.613	276	2.337							
MERVÄRDESKATT 11,54%	299	32	267							
	2.912	308	2.604							

- Rörborrningen forcerades kraftigt. Angiven ej normal kostnad avser etablering av det andra aggregatet samt ökade kostnader för skiftarbete. Ingen värdering har gjorts av den sannolikt lägre effektiviteten vid inkörning av ny borrhsteknik.

I tabell 6:1 anges också enhetspriser för olika aktiviteter. De har ibland beräknats med utgångspunkt från nominella mängder, dvs sådana som tagits från ritningar etc, och ibland från verkliga, på plats uppmätta mängder. I de fall kostnaden skiljer mellan total och egentlig enligt ovan anges båda enhetspriserna för arbetet i fråga.

I de fall, där underlaget i form av dagböcker, tidsstudier etc varit tillräckligt har kostnaderna också delats på personal, material (inkluderande bl a förslitningsgods typ borrhstål) och maskinhyror (inklusive drivmedel).

Den totala entreprenadkostnaden blev 2.912 tkr varav de ej normala med ovanstående definitioner utgör ca 10%. Den egentliga, för framtida kostnadsbedömningar användbara, kostnaden är 2.604 tkr.

6.3 Totala kostnader

Den totala grundförstärkningskostnaden för Cadmus 1 blev således ca 3.207 tkr eller 2.899 tkr med avdrag för ej normala kostnader. Kostnaderna, utslagna per ytenhet, 367 m²ba respektive 1.194 m²ly, framgår av tabell 6:2. I samband med ombyggnaden ökades lägenhetsytan och blev 1300 kvm (ej använt i tabellen).

Tabell 6:2 Grundförstärkningskostnader

	Entreprenad tkr	Proj + adm tkr	Summa tkr	Kr/ m ² ba	kr/ m ² ly
Total kostnad	2.912	295	3.207	8.740	2.685
varav borrning	950	-	-	2.590	795
övrigt	1.962	295	2.257	6.150	1.890
"Normalkostnad"	2.604	295	2.899	7.900	2.430
varav borrning	884	-	-	2.410	740
övrigt	1.720	295	2.015	5.490	1.690

6.4 Kommentarer till kostnaderna

Det ligger nära till hands att jämföra grundförstärkningskostnaderna för Cadmus med andra liknande utvärderingar, t ex de som publicerats i Rapport R96:1979 från BFR "Grundförstärkning med skarvade stålpålar i Gamla Stan, Stockholm. Studier och jämförande analyser av tre byggnader förstärkta med olika metoder".

Vad beträffar den totala kostnaden per m^2 ba är den högre i Cadmus än i övriga. Om kostnaderna för den extraordinärt svåra och omfattande rörborrningen dras bort finner man däremot att arbetena i Cadmus var, relativt sett, billiga. Förklaringarna därtill torde vara flera, t ex:

- billig pålningsmetod
- förenklad pålning genom foderrören
- väl beprövat och inarbetat system med balkar/pålar
- relativt låg projekterings- och administrationskostnad.

Därtill kommer sannolikt att arbetet trots de oväntade tekniska svårigheterna, kunde genomföras med produktionsplaner som kontinuerligt följdes upp och reviderades av byggherre och entreprenör.

Kostnaderna för vissa delarbeten kan också jämföras. Schaktningen kostade ungefär lika mycket på Cadmus som i övriga objekt. Vid samtliga tillfällen användes likartad teknik (hjulastare). Uppföljningar av schaktningsarbeten vid pågående grundförstärkningsarbeten antyder dock att manuell lossställning och horisontaltransport i källaren ger lägre totalkostnad per m^3 .

Kostnaden för gjutna betongkonstruktioner är uppenbarligen normal.

Kostnaden för inbilning av balkändar i grundmurarna är hög på Cadmus, 4.200 kr/st, särskilt vid jämförelse med kostnaden för motsvarande arbete i Narcissus 4, (1.500 kr/st år 1978), där samma teknik användes. Det är vår uppfattning att det ej varit någon

motsvarande skillnad i effektivitet på de båda arbetsplatserna och att skillnaden således till stor del härrör från olika sätt att dela schaktningskostnaderna på arbetslag.

7. Erfarenheter och synpunkter på möjliga förbättringar

Det må inledningsvis fastslås att grundförstärkningen inom Cadmus 1 varit mycket svår att utföra med ett tjockt fyllningslager som väsentligen bestod av trästockar och en byggnad som hotade att rasa. Trots detta, och trots att problemen med fyllningen till sin omfattning var ofullständigt kända i förväg, har arbetet utförts

- till lägre kostnad än för tänkbara alternativ i den mån sådana finns,
- till det ursprungliga kontraktets fasta å-priser,
- i stort sett enligt den ursprungliga tidplanen,
- med i sammanhanget måttliga rörelser i byggnaden och
- utan skador i omgivningen.

Erfarenheterna från detta arbete ger anledning till följande synpunkter på metodförbättringar.

7.1 Förundersökningar

Kostnaderna för att forcera hinder, främst trävirke, är höga. Normala geotekniska undersökningsmetoder, inklusive sondering med tung borrhutrustning och provtagning, är ej tillfyllest för att klargöra omfattningen av sådana hinder. Arbetet på Cadmus visar att undersökningsborrning med foderrör ger erforderlig information. Med en sådan teknik blir å andra sidan undersökningskostnaden hög, och det torde vara orimligt att på så sätt undersöka kvantiteten hinder inom en större yta, t ex en fastighet.

Ett lämpligt arbetssätt är därför att på basis av byggnadshistorik och provgröpar söka värdera om och i så fall var trä i fyll-

ningen kan förväntas och därefter med ett fåtal foderrörssonderingspunkter konstatera hur långt ned hindren finns. Upphandlingen av förstärkningsentreprenaden bör baseras på det kvalitativa kravet att dylika hinder skall kunna forceras. Detta krav bör kombineras med ersättning till fasta å-priser vilka ej påverkas av verkligen utförda mängder.

Eventuella konstruktiva krav på minsta godtagbara pållängd, t ex ned till naturligt friktionsmaterial, måste baseras på en noggrann geoteknisk undersökning av denna gräns. Därtill måste upphandlingen klargöra vilka åtgärder som skall vidtagas därest pålstopp erhålls med "för korta" pålar. Man kan t ex slå kompletteringspålar, förborra eller foderrörsborra. Sådana teknikval bör göras av byggherren eller i vart fall i samråd med byggherren.

7.2 Schaktning

Vid projektering eller produktionsplanering av grundförstärkningsarbeten bör schaktbottennivåer och schaktmängder studeras omsorgsfullt. Bl a skall takhöjd, transportvägar, länshållningsproblem, balkhöjder, återfyllnadsmängder, möjligheter till mellanlagring och schaktmetoder beaktas. På detta område är kostnadsbesparingar möjliga.

Rimligen bör det finnas möjligheter att minska kostnaderna genom en förbättrad hantering av schaktmassor, t ex i form av mekanisering. Som ovan nämnts förefaller dock manuell schaktning och handkärning vara billigare än schaktning/horisontaltransport med den typ av hjullastare, som idag finns att tillgå. Orsaken därtill är givetvis att grundförstärkningsarbeten innehåller små schaktvolymer, som tas ut enligt en komplicerad schaktplan under lång tid. Vid handschakt kan personalen utföra andra arbeten än schaktning medan en maskin med förare får lågt utnyttjande.

En ekonomiskt meningsfull mekanisering måste därför bygga på maskiner, som dels är idealiska för arbetstypen, dvs sannolikt specialbyggda, och dels inte är så dyra att stilleståndshyrorna åter upp vinsterna vid arbete. Ett annat krav är att utrustningen kan skrivas av på flera entreprenader, dvs att det finns en kontinuerlig och överblickbar marknad.

Uppfordrings- och utlastningsanordningar spelar stor roll för arbetsskydd och ekonomi vid schaktningen. Där används redan idag mekaniska hjälpmedel, vilka nödvändigtvis måste anpassas till varje objekts förutsättningar bl a vad beträffar utrymmen i källare och bottenvåning samt möjligheter till angöring vid arbetsplatsen med lastfordon av olika typer.

Inbilning av nischer för balkar eller plattkonsoler i grundmurar av kallstensmurverk är ett rutinmässigt förekommande arbete, där besparingar och framför allt arbetarskyddsvinster skulle kunna göras med en förbättrad teknik. Arbetet, som idag utförs med en blandning av kraftig bilningsutrustning och handhållen borrar/spräckning är inte riskfritt vare sig för den som utför det eller för byggnaden.

7.3 Produktionssamordning

Arbetena i Cadmus visar att det finns möjligheter att reducera sättningsarna i den egna byggnaden genom att snabbt färdigställa en komplett förstärkning i en given punkt. Den mycket ojämna produktionstakten för borrar/pålning omöjliggjorde en önskvärt snabb balkgjutning under senare delen av entreprenadtiden.

Dessa problem kan elimineras genom konsekvent planering från projekteringen ända fram till arbetenas slut. De stora vinsterna görs givetvis vid tidiga planeringsinsatser, i första hand före upphandling.

7.4 Borrning

Den på Cadmus utprovade tekniken och utrustningen fungerar väl för borrning i träbemängd fyllning. Däremot krävs en väsentligt högre driftsäkerhet för hammarborrreggaten och en förbättrad reservdelsförsörjning. Arbete i tvåskift accentuerar dessa problem, och bör bli av detta skäl undvikas (produktionssamordning).

Uppenbarligen kan borrning av rör till eller i närheten av åsytan ge upphov till sättningar på grund av erosion i samband med pumpning från schaktbottnar under grundvattenytan. Problemet är svårbehandlat och egentligen kan endast uppmärksamhet anbefallas, liksom givetvis en produktionsplanering, som så långt möjligt reducerar pumpningstiden under dylika förhållanden.

7.5 Pålning

Borrning med hydrauldrivna aggregat demonstrerar en möjlighet till förbättrad arbetsmiljö genom att tryckluftavgaser ej uppstår. Det är därför önskvärt att en hydraulisk eller i vart fall ej tryckluftdriven pålningsutrustning utvecklas.

7.6 Betongkonstruktioner

Balksystem av den typ som använts ger nödvändigtvis en tillskottssättning i den egna byggnaden medan nischerna för balkändarna står öppna. Ett skonsammare, och ej dyrare, sätt att utföra bärverket vore därför önskvärt för förstärkning av byggnader med hög inredningsstandard.

Sammanfattning

Under år 1979 grundförstärktes fastigheten Cadmus nr 1 i Gamla Stan med Stålplastpålar och invändiga nya grundbalkar av betong, vilka fördes in i de befintliga grundmurarna. Arbetet var ovanligt svårt på grund av byggnadens grava skador och ett stort innehåll av trävirke i den ca 10 m mäktiga fyllningen på Stockholmsåsens friktionsjord. Den senare svårigheten var ofullständigt

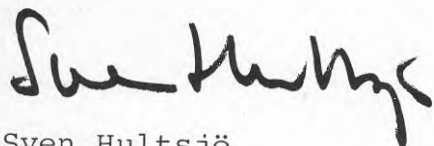
känd när arbetena påbörjades och krävde utveckling av en ny rörborrteknik och nya borrarutrustningar.

I utredningen beskrivs hur grundförstärkningsarbetet utfördes. Vidare analyseras sättningar under entreprenadtiden och kostnader för ingående arbetsmoment. Med utgångspunkt från dessa analyser drar vi följande slutsatser

- att arbetena, trots de stora och delvis oväntade svårigheterna genomförts med gott resultat och till i sammanhanget normala kostnader.
- att förundersökningar för liknande arbeten bör göras med ny teknik.
- att grundförstärkningsarbeten bör produktionsplaneras relativt detaljerat i ett tidigt skede.
- att en mekanisering av schaktning - bilning - masshantering vore önskvärd men att det är svårt att sänka kostnaderna under nivån för handschaktning.

Stockholm 1980-03-21

HAGCONSULT AB



Sven Hultsjö

Datum
1978-10-12

Beteckning
arb.nr 8 091 130

KV. CADMUS, GAMLA STAN

KORROSIONSSONDERING

Sonderingarna har utförts med Norges Geotekniska Instituts (NGI) korrosionssond typ G-50.

Avvägning av punkter och källargolv har utförts från en referensfix satt av J&W vid kv. Narcissus. Fixen består av borrhstål till berg (dixel) med höjden +4,2604.

Mätningarna utfördes av ing. P. Hellman 1978-10-05 -- -06 i två punkter till 7,0 resp. 8,5 m djup med 0,5 m intervall mellan mätningarna. Punkternas placering se bil. 1. Resultat samt beräknade korrosionshastigheter utvärderade enl. NGIs diagram framgår av tabell på bilaga 2 och 3.

Korrosionsrisk

Enligt NGI klassificeras korrosiviteten enligt nedanstående tabell.

		Grad av depolarisation %				Grupp
		0-40	40-60	60-80	80-100	
Resistivitet ohm cm	0-50	2	3-4	4	5	1. Mycket låg korrosivitet
	50-250	2	3	4	5	2. Låg korrosivitet
	250-1250	2	2-3	3	4	3. Måttlig korrosivitet
	1250-6250	1	2	3	3-4	4. Hög korrosivitet
	6250-	1	1	2	2-3	5. Mycket hög korrosivitet

I punkt 1 (närmast Skeppsbron) har mätningen utförts till 7 m djup ($\approx -6,1$). Erhållna värden visar att fyllningen i huvudsak är måttligt korrosiv (grupp 3). På 2,5 m och 4,0 m djup visar mätningarna måttlig till hög korrosivitet (grupp 3-4). På 0,5 m och 7,0 m djup är korrosiviteten låg (grupp 2).

Beräknad korrosionshastighet varierar mellan 0,3 - 4,0 mm/100 år. De högsta värdena har uppmätts mellan 2,5 m och 4,0 m djup där hastigheten varierar mellan 2,5 och 4,0 mm/100 år. Övriga värden är mindre än 1,5 mm/100 år.

Mätningen i punkt 2 har utförts till 8,5 m djup ($\approx -8,15$) och även här är korrosiviteten i huvudsak måttlig (grupp 3). På 1,0 m och 6,0 m djup är dock korrosiviteten måttlig till hög (grupp 3-4).

Datum
1978-10-12Beteckning
arb.nr 8 091 130

Under 6 m djup är den beräknade korrosiviteten låg (grupp 2).

De högsta korrosionshastigheterna har erhållits för de översta 1,5 metrarna samt för mätningen på 6,0 m djup (beräknad korrosionshastighet 1,8 - 3,9 mm/100 år). Övriga värden är mindre än 1,4 mm/100 år.

Lidingö 1978-10-12

AB Jacobson & Widmark

Bengt O. Pramborg
Bengt O Pramborg

Pelle Hellman
Pelle Hellman

Datum
1978-10-12Beteckning
arb.nr 8 091 130KV. CADMUS, GAMLA STAN
Mätta och beräknade värden vid korrosionssondering

mät- punkt	mätvärden		beräknade värden				(6) korrosions- hastighet 10 ⁻³ mm/år	- (7) grupp
	(1) ström- styrka mA	(2) resistans ohm	(3) resistivi- tet ohm cm	(4)=(1)x(2) elektromoto- risk kraft mV	(5)= $\frac{(4)}{1200}$ depolarisa- tion			
KS 1	0,5	94,1	1625	705,8	58,8	5	2	
	1,0	139,3	2500	780,0	65,0	6,2	3	
	1,5	113,0	1975	836,2	69,7	15	3	
	2,0	221,9	4100	887,6	74,0	16	3	
	2,5	214,0	3900	1027,2	85,6	40	3-4	
	3,0	158,0	2850	948,0	79,0	30	3	
	3,5	214,0	3900	941,6	78,5	24	3	
	4,0	129,9	2300	961,3	80,1	34	3-4	
	4,5	106,9	1850	940,7	78,4	34	3	
	5,0	83,5	1350	768,2	64,0	11	3	
	5,5	132,9	2350	770,8	64,2	6	3	
	6,0	153,0	2800	795,6	66,3	7	3	
	6,5	113,9	1850	820,1	68,3	14	3	
	7,0	88,5	1500	672,6	56,1	3,1	2	

Datum
1978-10-12Beteckning
arb.nr 8 091 130KV. CADMIUS, GAMLA STAN
Mätta och beräknade värden vid korrosionssondering

mät- punkt i m	mätvärden		beräknade värden					(7) grupp
	(1)	(2)	(3)	(4)=(1)x(2)	(5) = $\frac{(4)}{1200}$	(6)		
	ström- styrka mA	resistans ohm	resistivi- tet ohm cm	elektromoto- risk kraft mV	depolarisa- tion	korrosions- hastighet 10^{-3} mm/år		
KS 2	6	153,0	2700	918	76,5	20	3	
	5,8	171,5	3100	994,7	82,9	37	3-4	
	7,8	110,5	1950	861,9	71,8	17,5	3	
	5,8	142,0	2500	823,6	68,6	10	3	
	4,7	159,2	2900	748,2	62,4	4,1	3	
	6,6	119,0	2100	785,4	65,5	8,1	3	
	4,7	119,8	2100	563,1	46,9	1,1	2	
	6,2	136,2	2400	844,4	70,4	13	3	
	3,9	215,0	3900	838,5	69,9	11	3	
	6,5	127,3	2050	827,5	69,0	14	3	
	6,9	45,6	770	314,6	26,2	<1	2	
	6,2	145,6	2600	1004,6	83,7	39	3-4	
	4,5	76,8	1350	345,6	28,8	<1	1	
	5,8	133,0	2350	771,4	64,3	6	3	
	5,3	138,1	2400	731,9	61,0	3,7	3	
	5,6	21,3	350	119,3	9,9	<1	2	
	4,6	42,0	700	193,2	16,1	<1	2	

typgodkännandebevis nr 3017/77

sakord: GRUNDKONSTRUKTIONER, stålplålar

datum 1979-05-02
 dnr 1120/79.

STÅLPLÅSTPÅLE

Information lämnas av Hagconsult AB, Banérgatan 37, 115 22 STOCKHOLM
 tel 08/23 37 50.

Produkt Plastbelagd stålrörspåle med ytterdiameter 76,1 mm.

Tillhörande handlingar Ritning nr K 092 037-090:1 daterad 78-04-10 och reviderad 78-10-27.

Handlingarna är upprättade av Hagconsult AB.

Godkännande Pålar utförda och använda i enlighet med ovannämnda tillhörande handling godtas med avseende på följande bestämmelser i Svensk Byggnorm 1975 (SBN 1975):

Grundläggning med pålar 23:6

Det förutsättes att pålarna användes som stödpålar i jord där korrosionen bedöms bli ringa eller måttlig (jfr avsnitt 4:1 i Godkännanderegler 1975:8).

Kontroll Byggekontroll utförs enligt SBN 12:13 varvid bl a tillses att elementen är märkta enligt nedan samt att plastbeläggningens tjocklek överensstämmer med tillhörande handling.

Märkning Pålelementen skall vara märkta med ursprungsbeteckning (Hagconsult) och typgodkännandennummer.

Kommentarer Typgodkännandebevis och tillhörande handling skall finnas tillgängliga på byggnadsplats samt skall vid anfordran inlämnas till byggnadsnämnd.

Detta bevis ersätter tidigare utfärdat bevis daterat 1978-04-17 med samma nummer.

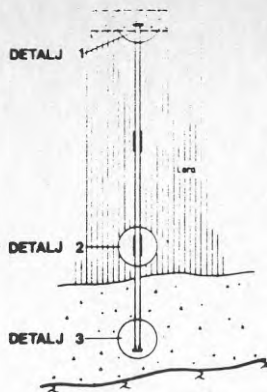
Giltighetstid Godkännandet gäller t o m 1981-06-30.



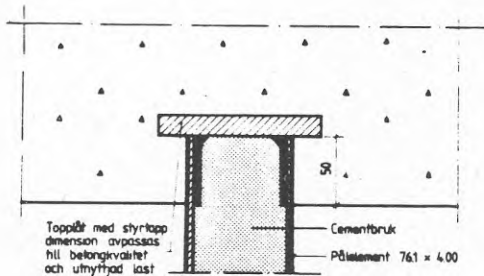
Jan Ahlberg



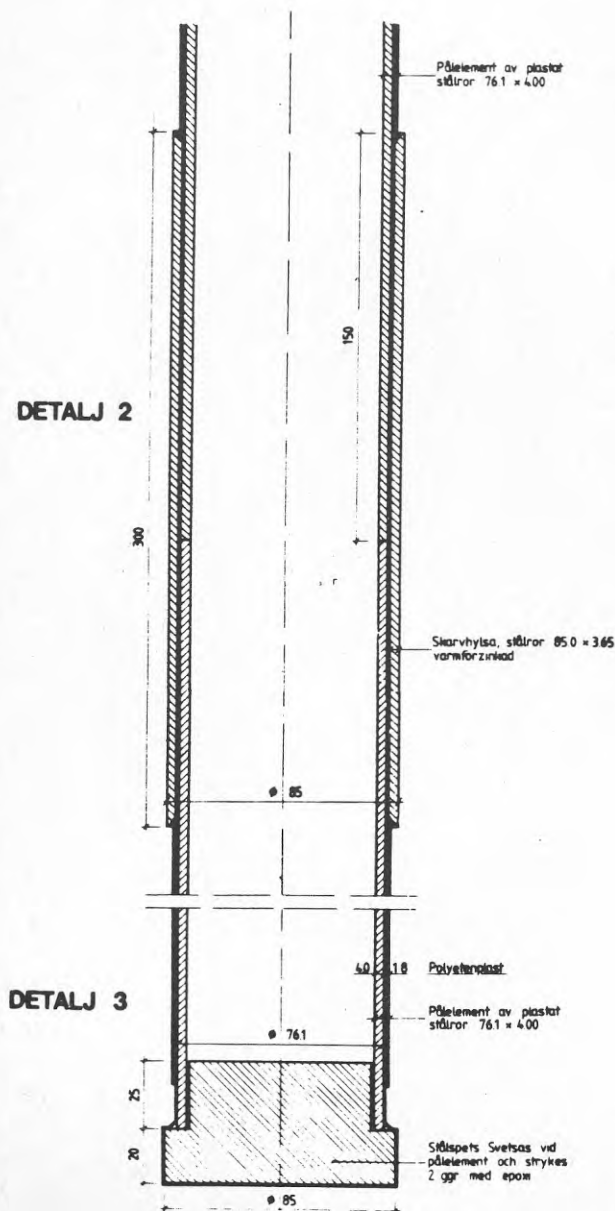
Leif Skåtar



PRINCIPFIGUR



DETAILJ 1



DETAILJ 2 OCH 3

MATERIAL

- Stålplaströr:** \emptyset 76,1 x 4,0 mm DIN 1626 och 2470 St 52 $\sigma_B = 250$ MPa $\sigma_{SU} = 360$ MPa
- Skarvhyllor:** Stålrör DIN 2391, St 35, \emptyset 85,0 x 3,65 mm
- Spets:** Stål SIS 1312. Epoxibehandlad
- Bergdubb:** Stål SIS 142090, Härdad
- Lim:** Epoxi Araldit standard
- Centrumbruk i påle:** Betong k 250 med stenmax 8 mm eller injekteringsbruk med vct 0,5
- Korrosionsskydd:** Påle: Polyetenplast 1,8 mm
Hylsa: Varmförzinkning 80 μ
Spets: Epoxibehandlad
Pålelementen skall vara märkta med ursprungsbeteckning (Hagconsult AB) och typgodkännandennummer (3017/77)

TILLÅTEN PALLAST

Vanligt lastfall 140 kN

Exceptionellt lastfall 168 kN

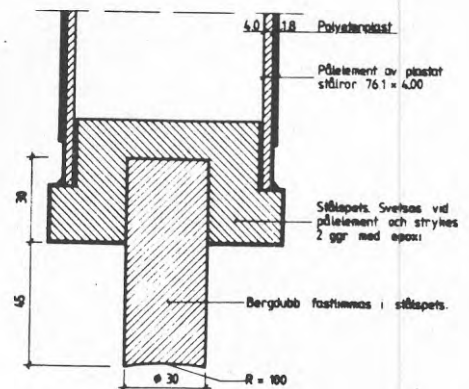
Angivna lastvärden gäller under förutsättning att

- Lerans odränerade skjuvhållfasthet överstiger 7 kPa som medelvärde för ett 2 m tjockt lerskikt
- Pålens totala längd understiger 20 m
- Antalet skarvar är högst sju

Om ovanstående förutsättningar inte är uppfyllda kan tillåten last bestämmas genom särskild utredning, t.ex. provbelastning.

UTFÖRANDE

- Pålarnas märkning kontrolleras.
- Pålelementen nedtrycks eller slås med hejare till stopp.
- Skarvning av pålarna utförs genom att pressa pålelementen, under värmning, på skarvhyllsorna, system Hagconsult (patenterat).
- Stoppslagning av pålarna utförs med tryckluftsdreven hejare typ ATLAS COPCO TEP 40. Stoppslagning utförs i minst 3 minuter varvid sjunkningen ej får överstiga 5 mm/min.
- Efter stoppslagning kontrolleras att pålen invändigt är fri från hinder. Raketten kontrolleras med nedsänkt lampa och om så erfordras med tolk eller med särskilt instrument så att följande värden erhålls: krökningsradie $r \geq 150$ m, lutningsändring i skarv $\alpha \leq 1:150$. Tolkens längd skall vara 4.000 mm och dess diameter $55 \pm 0,5$ mm. Påle som ej kan tolkas ner till spetsen kasseras om inte pälens bärförmåga och deformationsegenskaper särskilt utreds.
- Pålen kapas vinkelrät mot sin längdriktning och fylls därefter med cementbruk.
- Topplåten monteras och pälens överdel ingjuts med betong.
- Pålprotokoll som redovisar längder, skarvar och pälens sjunkning vid stoppslagningen förs under hela arbetet och underskrivs av ansvarig arbetsledare.



BERGSKO

BY	ART	REVISIONEN	ÅRS	SKALA

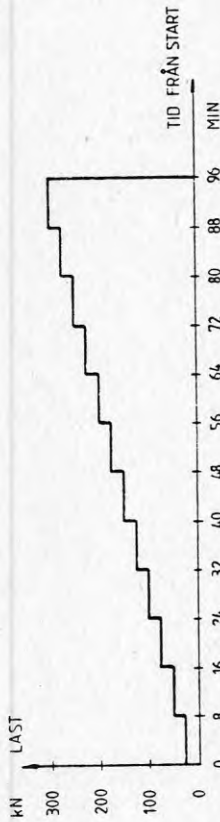
Hagconsult ab
KONSTRUKTIVTEKNIKER, GEODÄMMARE OCH INGENJÖRER
SÄNNEGATAN 17 • 113 23 STOCKHOLM
TEL. 0823 37 30

STÅLPLASTPÅLE
 \emptyset 76,1 x 4,0
TYPPRITNING

BYTT
LÖSLÖS
KONTR. HANDELSGÅRE
K 092 037-090 K 092 037-090 1

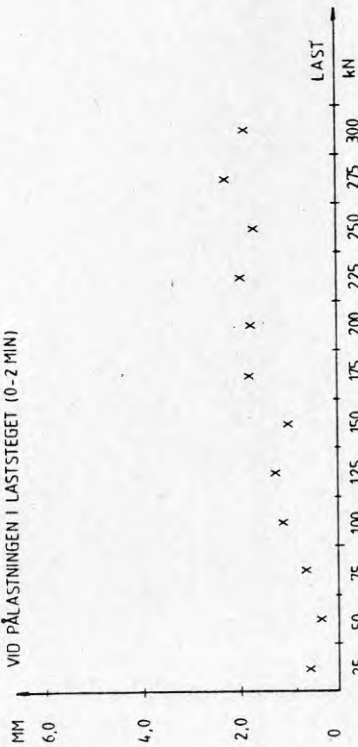
BALK 5, PÅLE NR7 LÅNGD: 31,75 M
FODERRÖR: 9,42 M

STOPPSLAGN MM/MIN		DAT		EFTERSLAGN MM/MIN		DAT		PROVBELASTN DATUM	
1	2	3	04-	1	1	0	0	05-	1979-08-16
4	3	2	27	2	3	0	31		



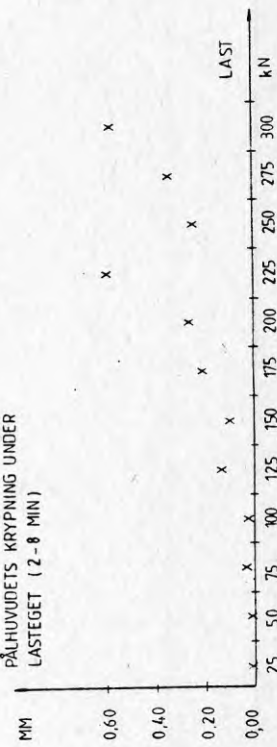
BELASTNING - BELASTNINGSTID

PÅLHUVUDETS MOMENTANA RÖRELSE
VID PÅLASTNINGEN I LASTSTEGET (0-2 MIN)

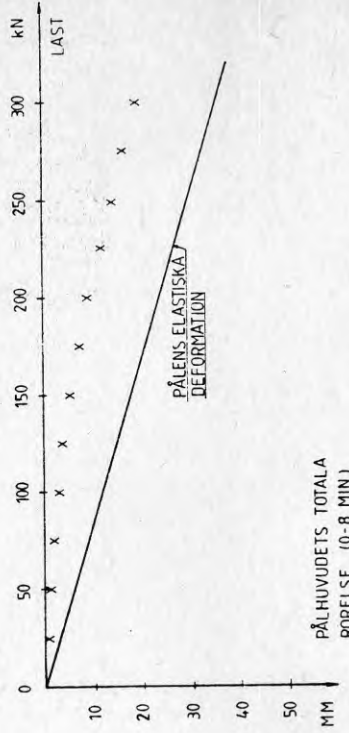


DEFORMATION - BELASTNINGSTEG

PÅLHUVUDETS KRYPNING UNDER
LASTEGET (2-8 MIN)



KRYPNING - BELASTNINGSTEG



DEFORMATION - BELASTNING

PROVBELASTNING



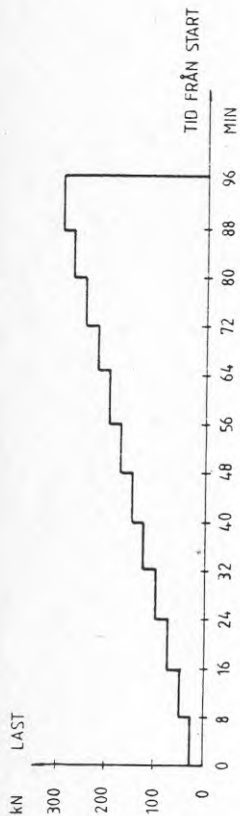
Banergatan 37 • 115 22 Stockholm • Tel 08 63 42 32

Datum 1979.08.27

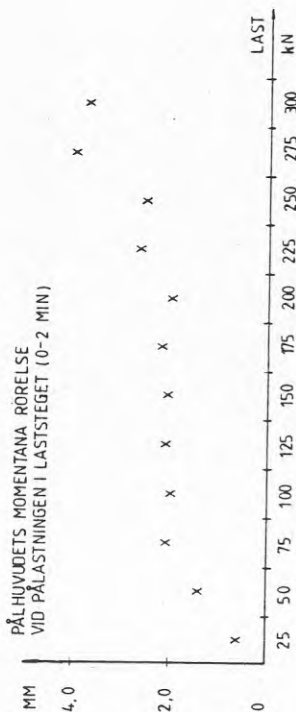
Signature

BALK 5, PÅLE NR 9 LÅNGD: 28,00 M
FODERRÖR: 9,42 M

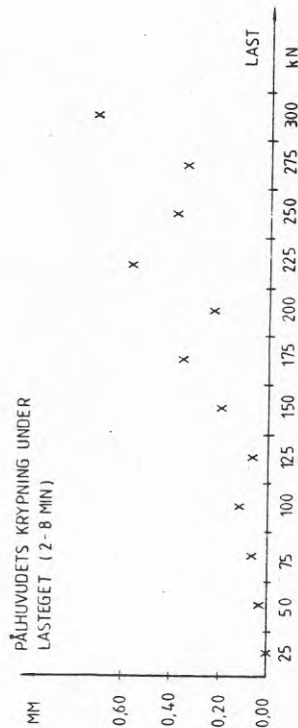
STOPPSLAGN MM / MIN		DAT		EFTERSLAGN MM / MIN		DAT		PROVBELASTN. DATUM	
1	2	3	05-	1	2	3	05-		
5	4	2	22	4	2	2	31	1979-08-17	



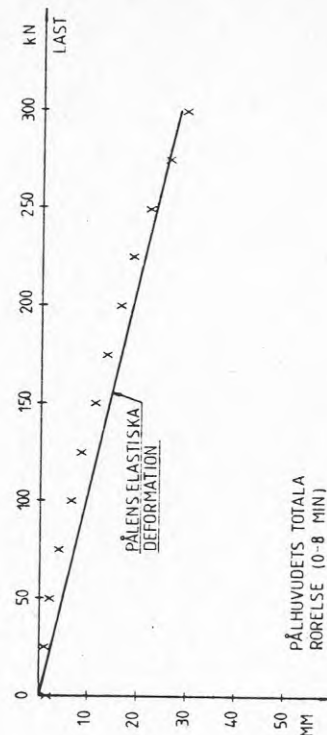
BELASTNING-BELASTNINGSTID



PÅLHUVEDETS MOMENTANA RÖRELSE VID PÅLASTNINGEN I LASTSTEGET (0-2 MIN)



PÅLHUVEDETS KRYPPNING UNDER LASTEGET (2-8 MIN)



PÅLHUVEDETS TOTALA RÖRELSE (0-8 MIN)

PROVBELASTNING

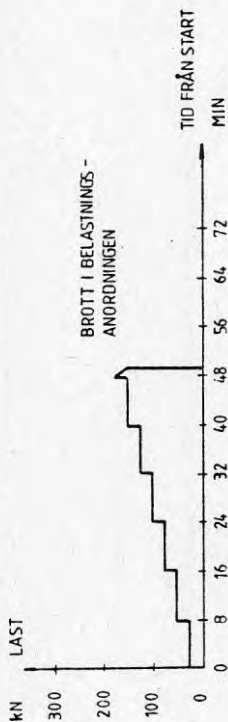


Datum 1979 08 27

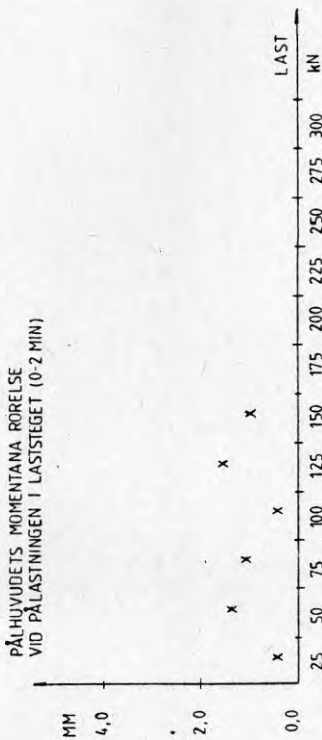
Swedish

**BALK 6, PÅLE NR2 LÄNGD: 9,00 M
FODERRÖR: 8,70 M**

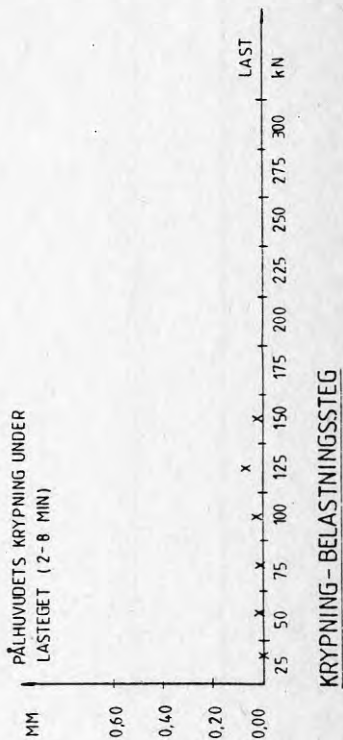
STOPPSLAGN MM/MIN		DAT		STOPPSLAGN MM/MIN		DAT		EFTERSLAGN MM/MIN		DAT		PROVBELASTN. DATUM
1	2	3	08-	1	2	3	08-	1	2	3	09-	1979-11-14
1	0	0	22	1	0	0	23	0	0	0	24	



BELASTNING - BELASTNINGSTID

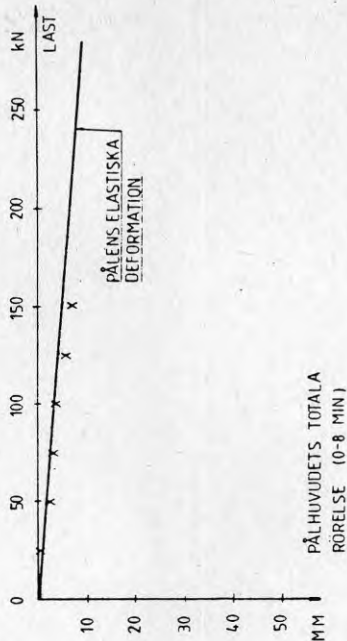


DEFORMATION - BELASTNINGSTEG



KRYPPNING - BELASTNINGSTEG

ANM PROVBELASTNINGEN VID LASTEN ~175 kN
PGA BROTT I BELASTNINGSANORDNINGEN



DEFORMATION - BELASTNING

PROVBELASTNING

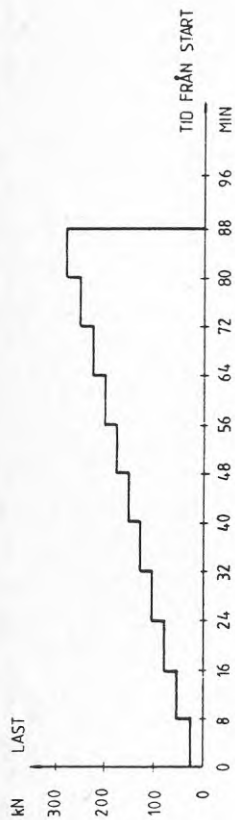


Datum 1979 11 19

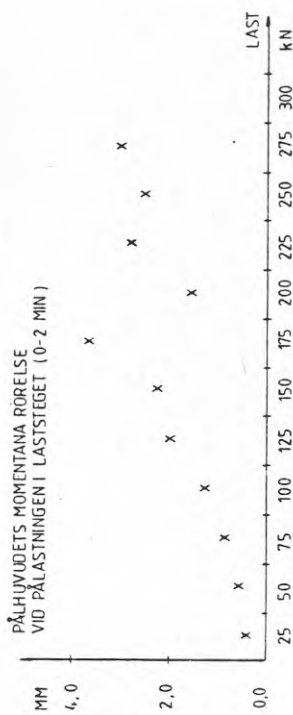
Jon Karpis

BALK 5, PÅLE NR11 LÄNGD: 28,85 M
FODERRÖR: 9,42 M

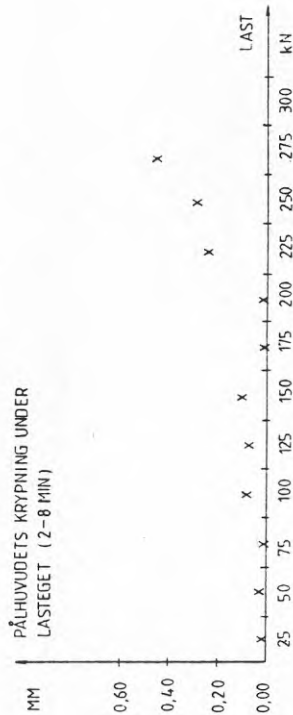
STOPPSLAGN MM/ MIN		DAT		EFTERSLAGN MM/ MIN		DAT		PROVBELASTN DATUM	
1	2	3	05-	1	1	2	3	05-	1979-08-17
3	2	1	15	3	2	1	31		



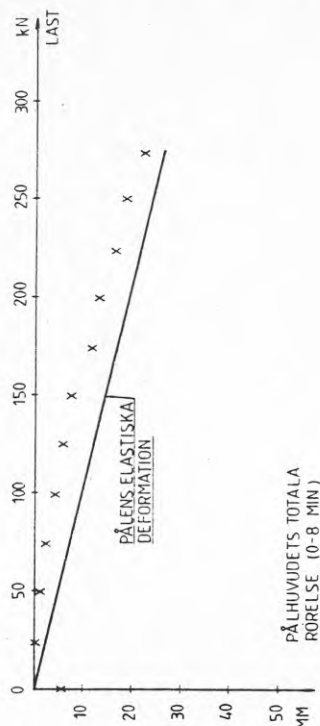
BELASTNING-BELASTNINGSTID



DEFORMATION-BELASTNINGSTEG



KRYPNING-BELASTNINGSTEG



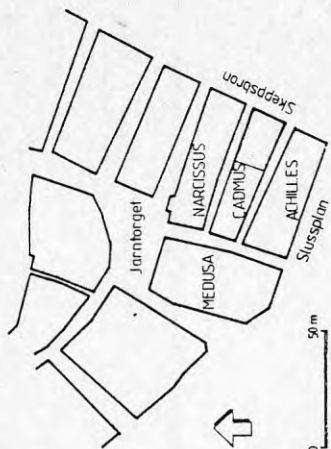
DEFORMATION-BELASTNING

PROVBELASTNING



Datum 1979-08-27

Signature



NY GRUNDBALK MED STÅLPLAST-
PÄLAR Ø76.1 x 4.0



REV.	ANT.	REVIDNINGEN AVSER	SIGN.	DATEM

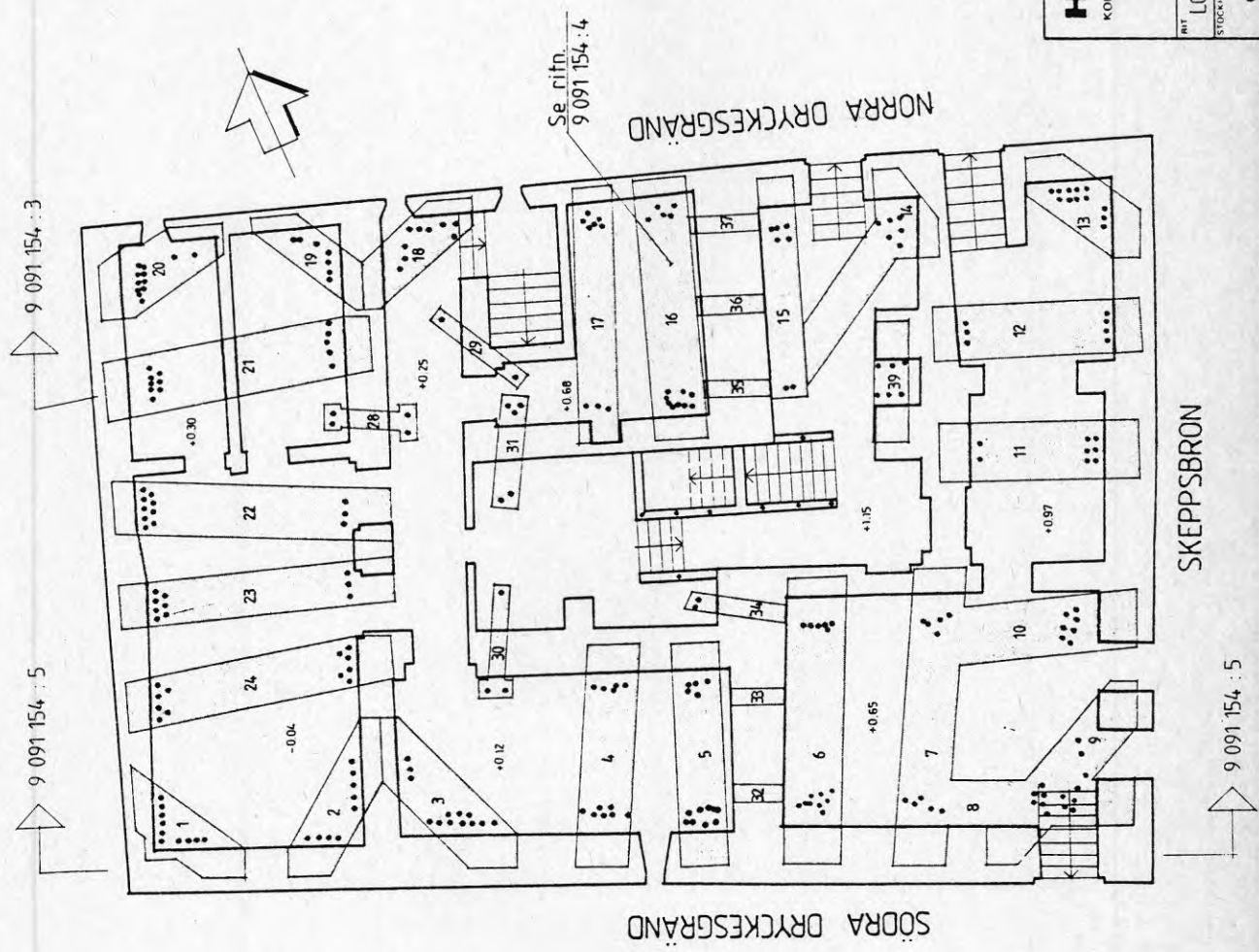
Hagconsult ab
KONSULTERANDE GEOLOGER OCH INGENJÖRER
BANERGATAN 37 115 22 STOCKHOLM
TEL 08/23 37 50

KV. CADMUS NR 1 GAMLA STAN
GRUNDFÖRSTÄRKNING
PLAN

MITTLAGGARE
LÖLLO
STOCKHOLM 80 01 07
Sve-Helsing

9 091 154

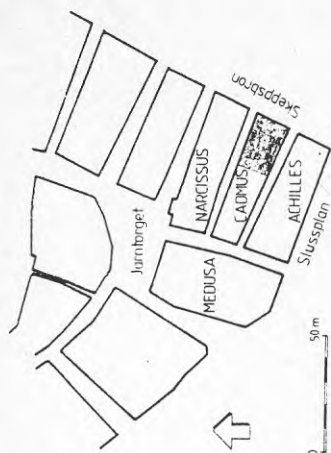
1



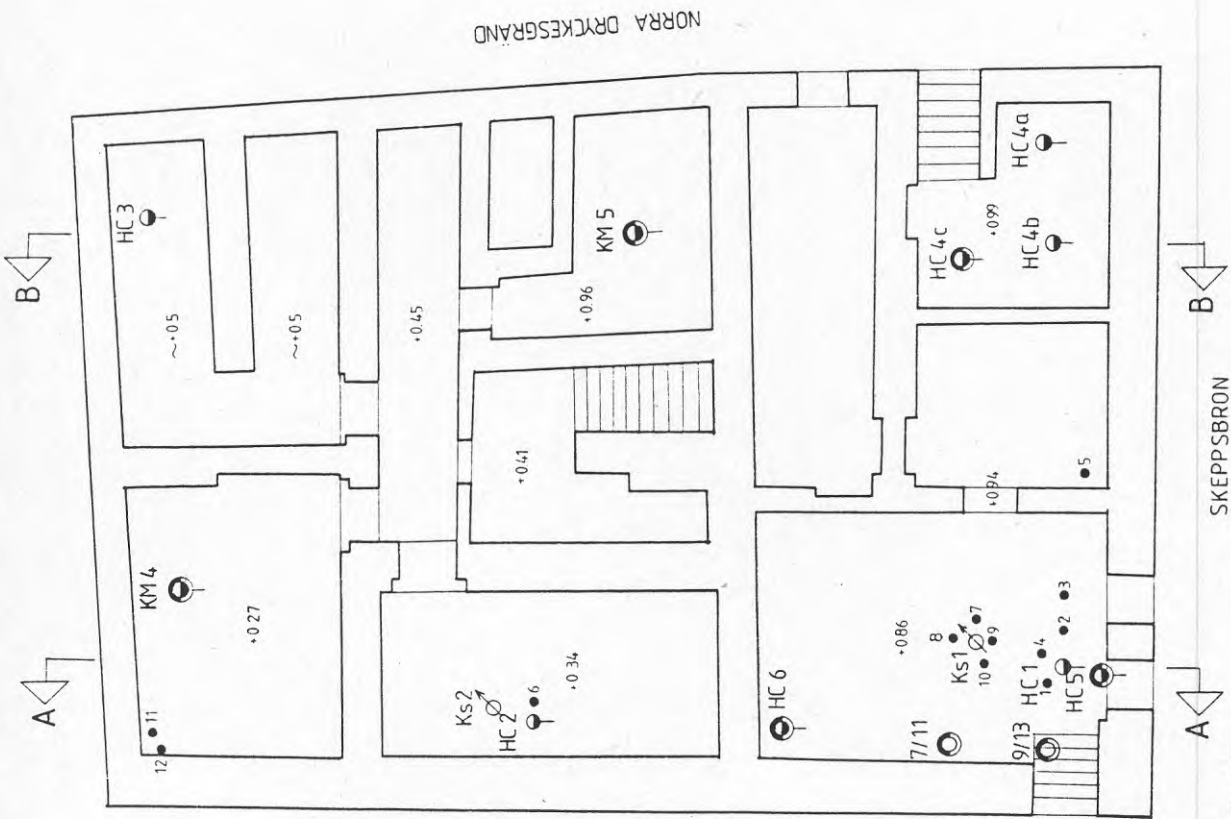
9 091 154 : 3

9 091 154 : 5

9 091 154 : 5



- Provpåle
- ⊗ Korrosionssondering
- Sannolik överyta för åsmaterial
- - - Högsta godtagbara pålstopp bedömt enligt gles borrhning i gatumark



Hagconsult ab
 KONSULTERANDE GEOLOGER OCH INGENJÖRER
 BANÄRGATAN 37 · 115 22 STOCKHOLM
 TEL. 08/23 37 50

RF: LOLLO
 KONSTR. KONSTR.
 HANDLÄGGARE
 STOCKHOLM 80 01 07
Sve Hultberg

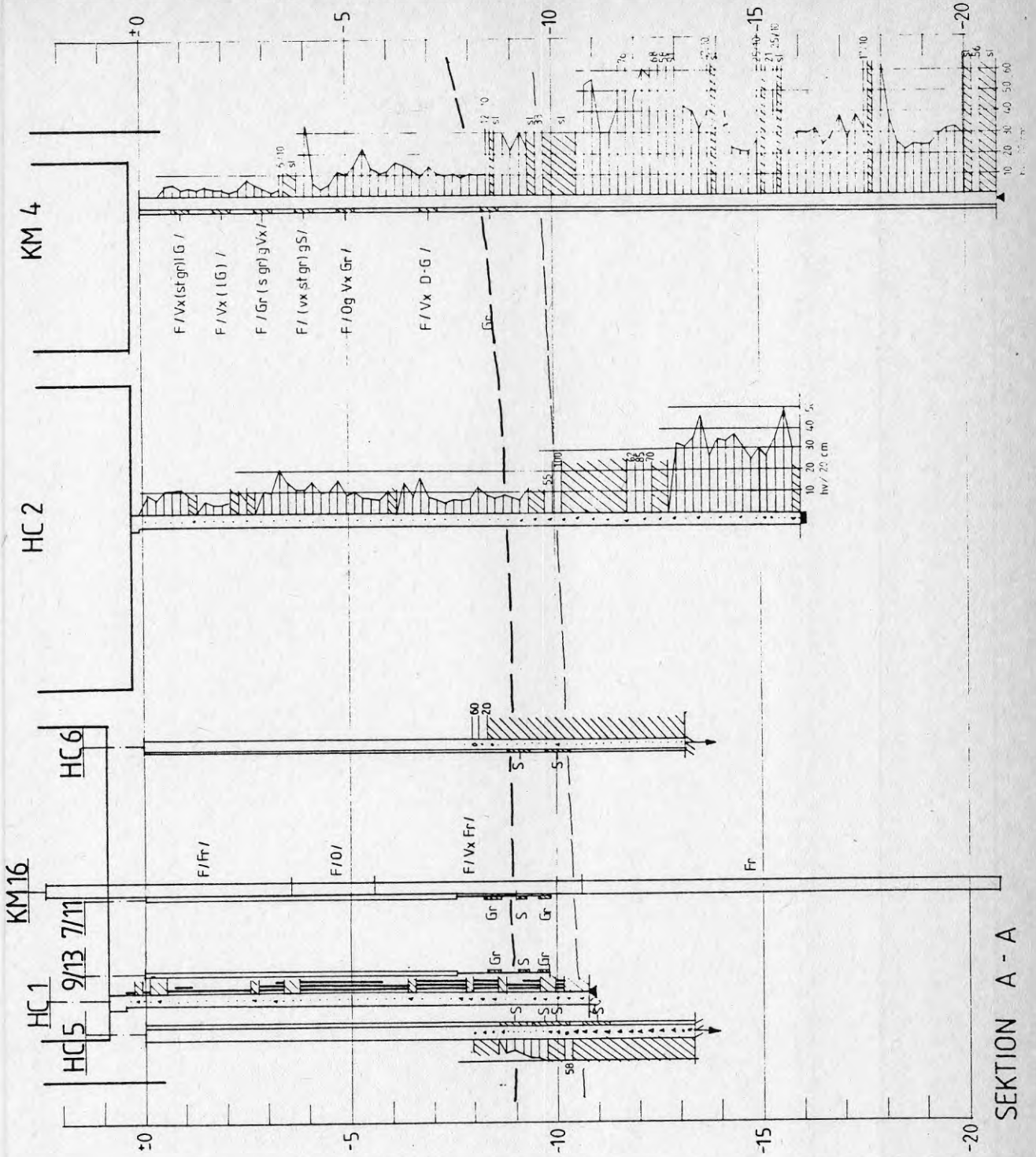
REV	ANT	REVIDERINGEN AVSER	SIGN	DATUM

KV. CADMUS NR 1. GAMLA STAN
 GRUNDFÖRSTÄRKNING

GEOTEKNISK UNDERSÖKNING

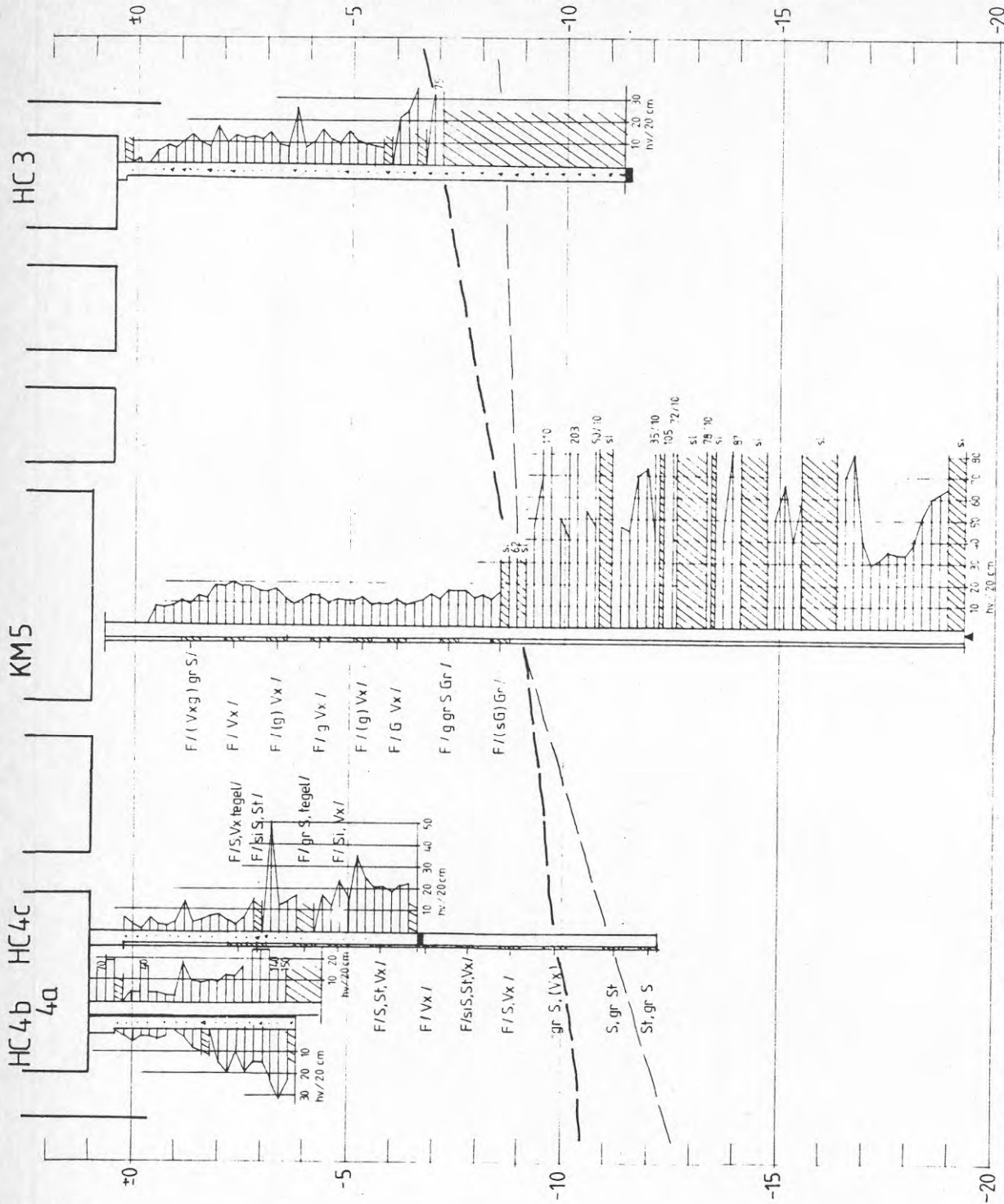
UPPDRAGSNUMMER 9 091 154
 SKALA RITNINGSNUMMER 2a

PLAN



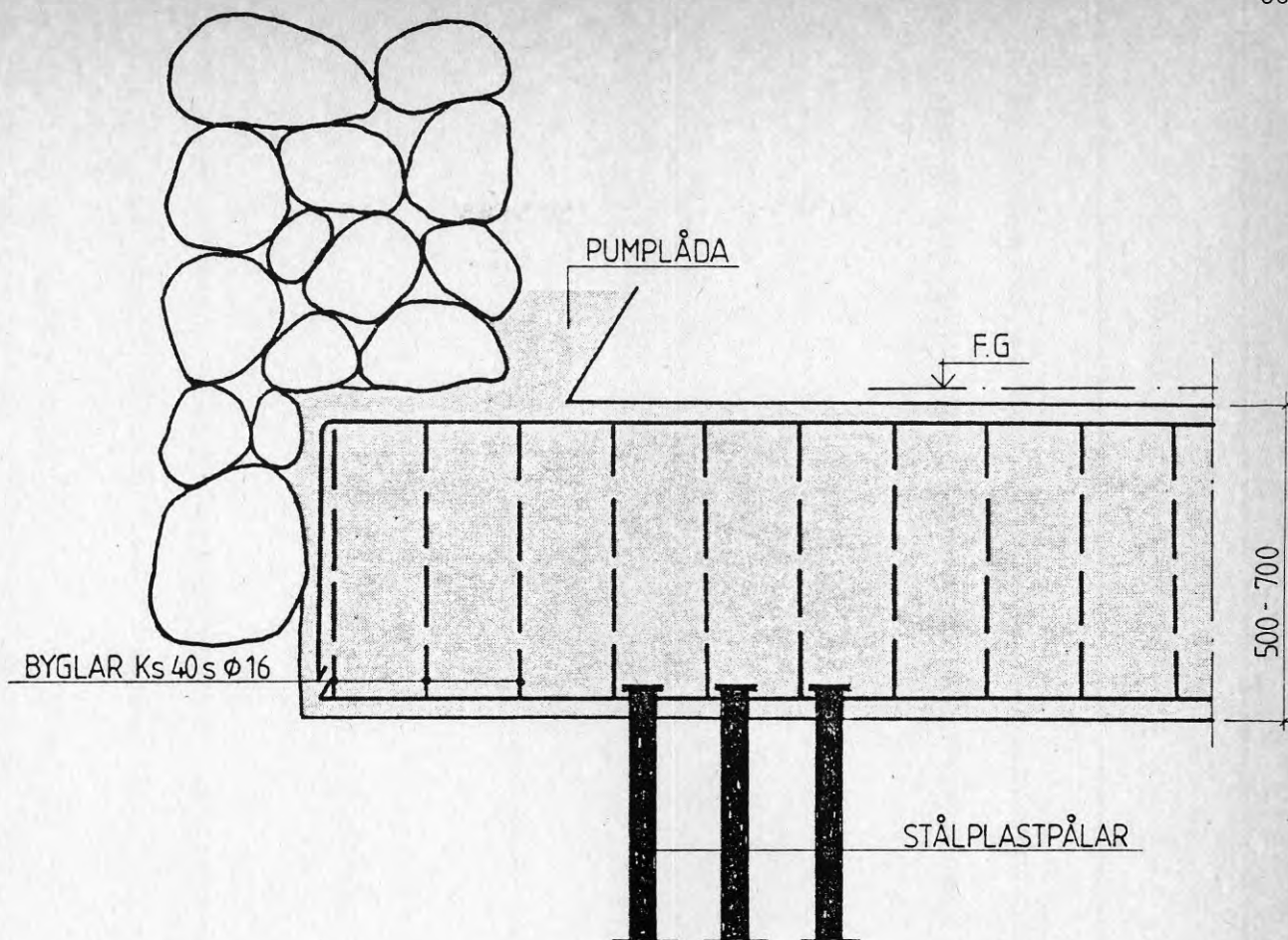
SEKTION A - A

Hagconsult ab KONSULTERANDE GEOLOGER OCH INGENJÖRER BANÉRGATAN 37 · 115 22 STOCKHOLM TEL. 08/23 37 50			KV. CADMUS NR 1. GAMLA STAN GRUNDFÖRSTÄRKNING		
RIT. LOLLO KONSTR. HANDLÄGGARE			GEOTEKNISK UNDERSÖKNING		
STOCKHOLM 80.01.07 <i>Sae Hultberg</i>			UPPDRAGSNUMMER 9 091 154		SKALA RITINGSNUMMER 2b
					REV.

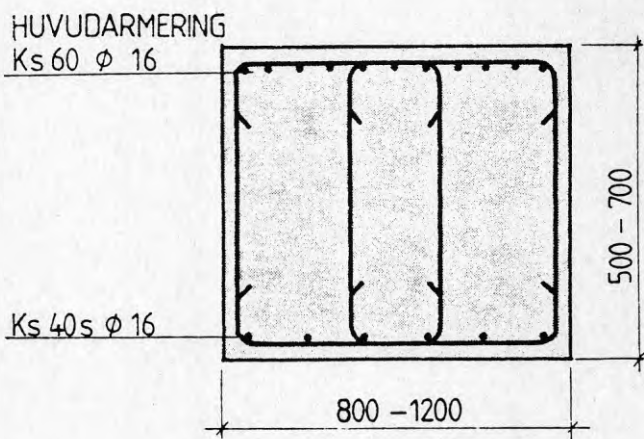


SEKTION B - B

Hagconsult ab KONSULTERANDE GEOLOGER OCH INGENJÖRER BANÉRGATAN 37 · 115 22 STOCKHOLM TEL. 08/23 37 50			KV. CADMUS NR 1. GAMLA STAN GRUNDFÖRSTÄRKNING GEOTEKNISK UNDERSÖKNING		
RIT. LOLLO	KONSTR.	HANDLÄGGARE	SKALA		
STOCKHOLM 80.01.07			UPPDRAGSNUMMER 9 091 154	RITNINGNUMMER 2c	REV.
<i>Sve Hultén</i>					



PRINCIPELEVATION

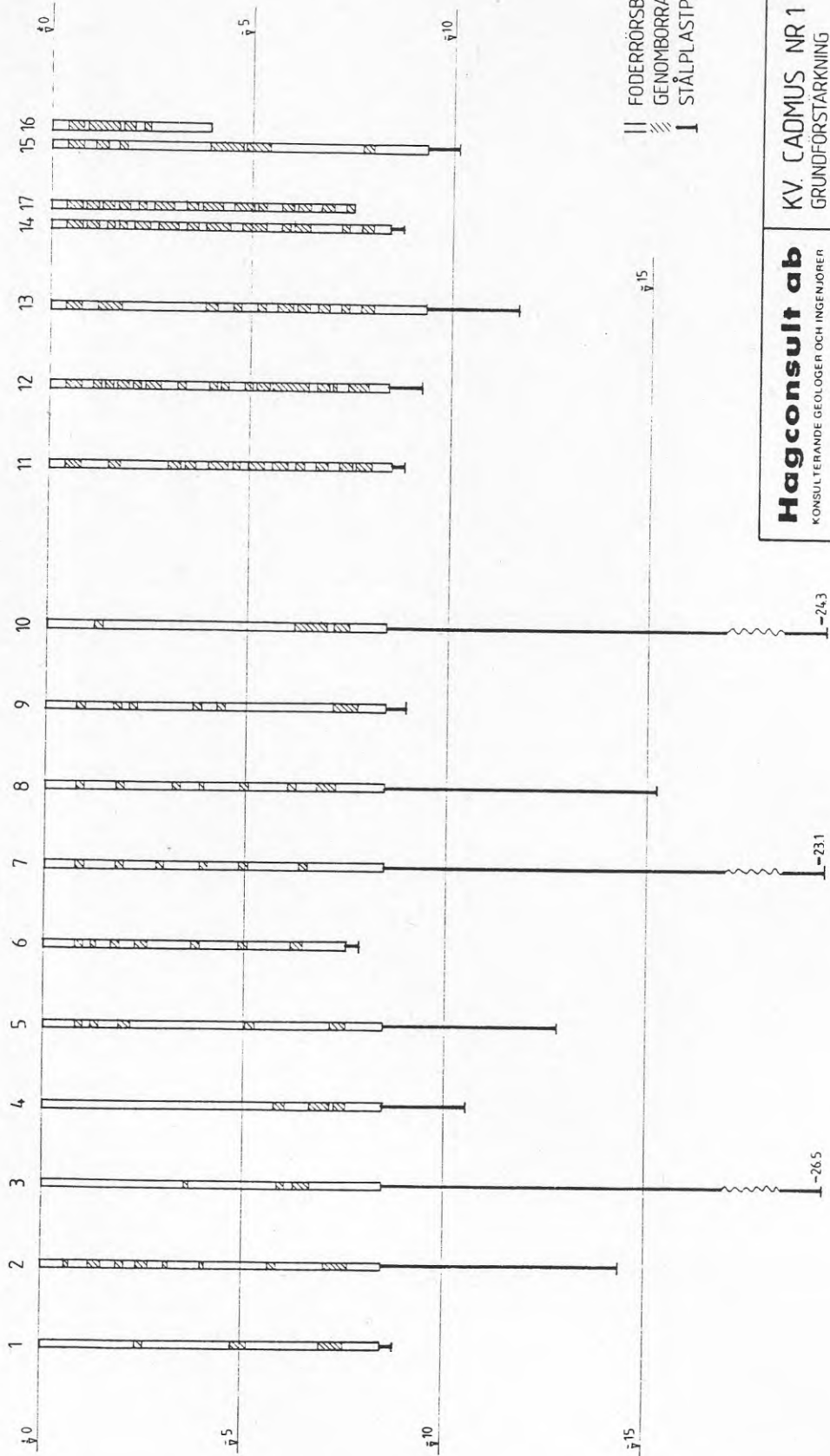


PRINCIPSEKTION

Hagconsult ab KONSULTERANDE GEOLOGER OCH INGENJÖRER BANÉRGATAN 37 115 22 STOCKHOLM TEL 08/23 37 50			KV. CADMUS NR 1 GAMLA STAN GRUNDFÖRSTÄRKNING GRUNDBALK		
RIT Lollo	KONSTR	HANLÄGGARE	UPPHAGSNUMMER	RITNINGNUMMER	REV
STOCKHOLM 80 01 07 <i>Sve Hultén, S</i>			9 091 154	3	

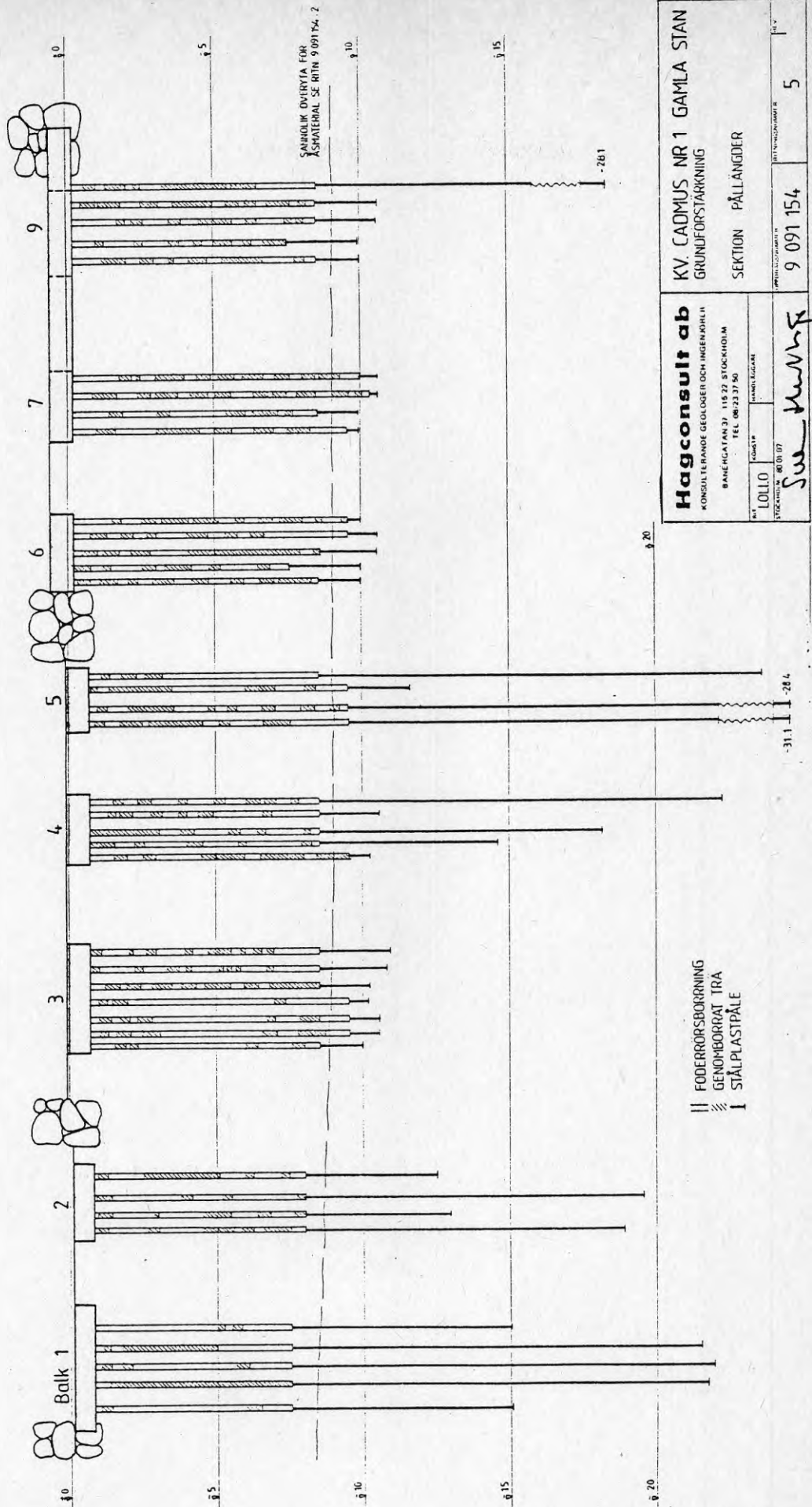


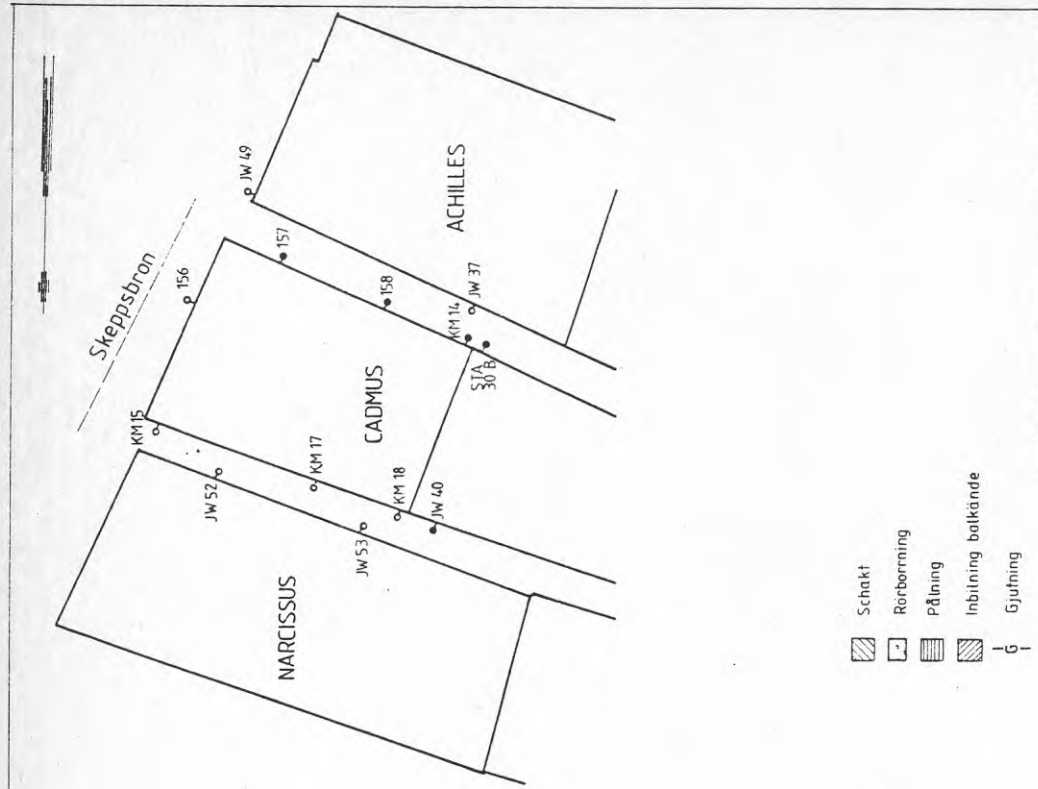
PLAN








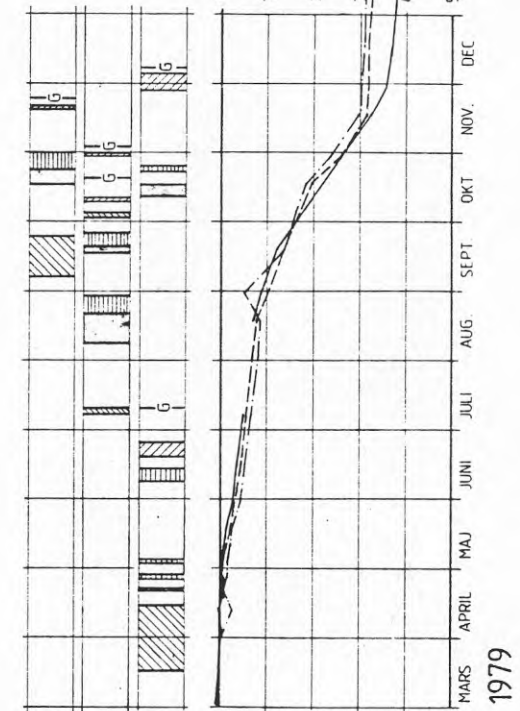
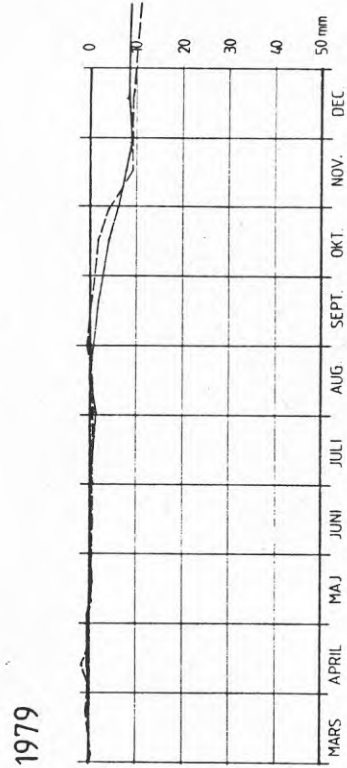
|| FODERRÖRSBORRNING
 ||| GENOMBORRAT TRA
 I STÅLPLASTPÅLE

Hagconsult ab KONSULTERANDE GEOLOGER OCH INGENJÖRER BANERGATAN 37, 115 22 STOCKHOLM TEL 08/23 37 50		KV CADMUS NR 1 GAMLA STAN GRUNDFÖRSTÄRKNING	
STOCKHOLM 80 01 07		GENOMBORRAT TRÄVRISKE BALK 16	
MIT LOLLO KONSTR HANDLÄGGARE		MIT 9 091 154	
MIT <i>Sve Hultberg</i>		MIT 4	

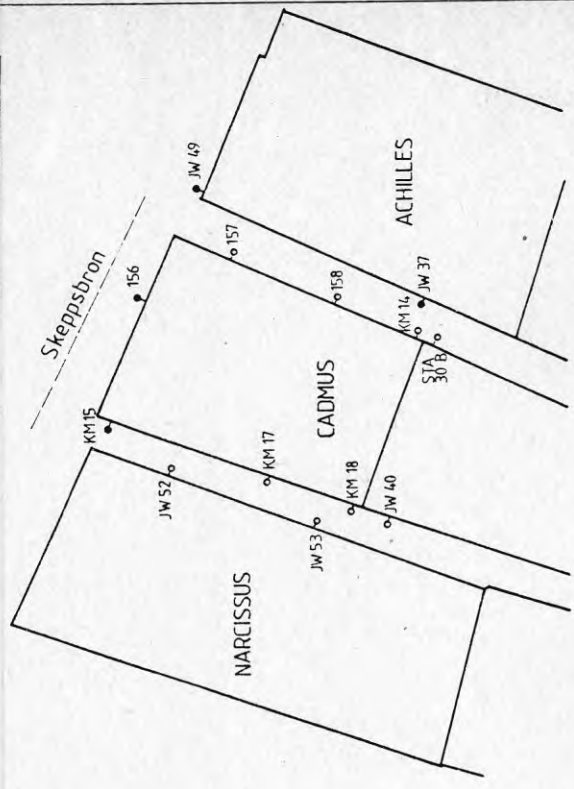




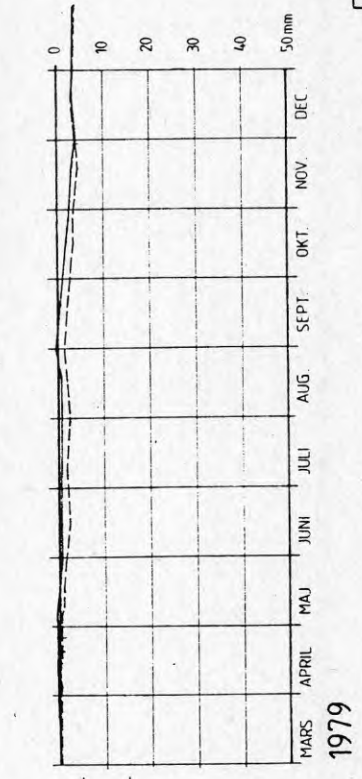
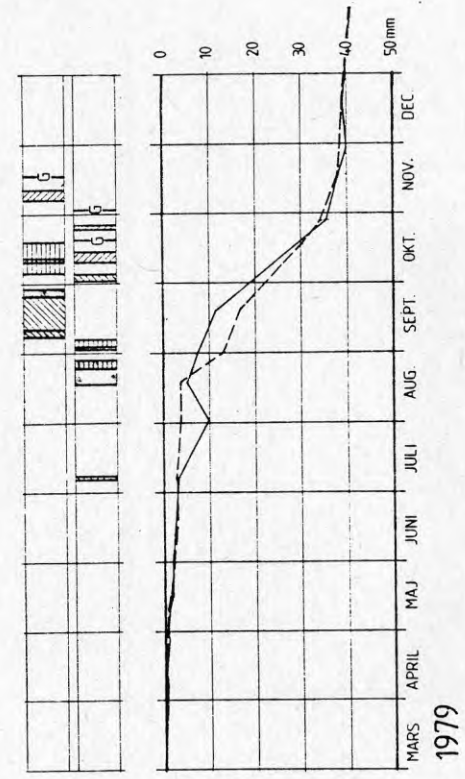
-  Schakt
-  Rörbörning
-  Pålning
-  Inbitning balkände
-  Gjutning



Hagconsult ab		KV. CADMUS NR 1 GAMLA STAN	
KONSULTERANDE GEOLOGER OCH INGENJÖRER		GRUNDFÖRSTÄRKNING	
BANERGATAN 37 · 115 22 STOCKHOLM TEL 08:23 37 50		SÄTTNINGSMÄTNINGAR	
PROJEKTANT LOLLO	KONSTRUKTÖR S. K. K. K.	MÄTNINGSNUMMERNUMMER	SKALA
		9 091 154	6
		DATUM	



- Schakt
- Rörborrning
- Pålägg
- Inbitning balkande
- Gjutning



REV	ANT	BEVILJNINGSDATUM	DATUM

Hagconsult ab
 KONSULTERANDE GEOLOGER OCH INGENJÖRER
 BANBERGATAN 37, 115 22 STOCKHOLM
 TEL 08 23 37 90

KV. CADMUS NR 1 GAMLA STAN
 GRUNDFÖRSTÄRKNING
 SÄTTNINGSMÄTNINGAR

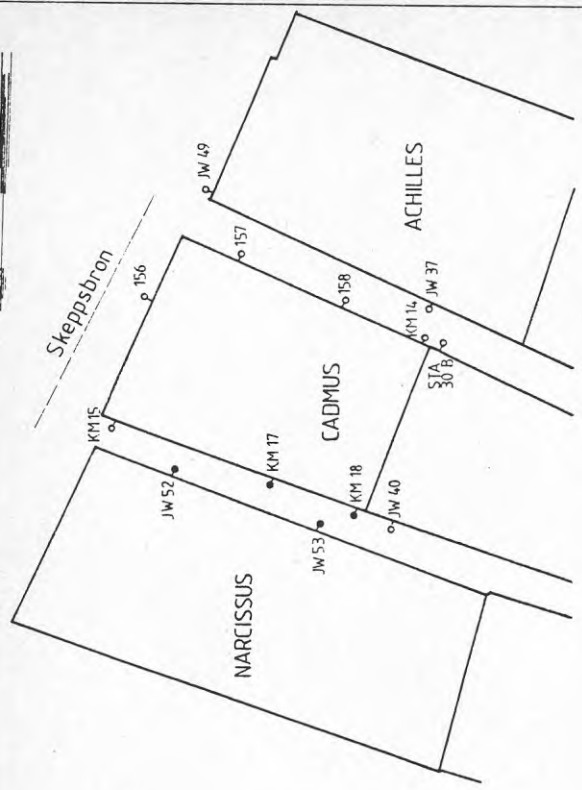
SKALA 1:1000

9 091 154

7

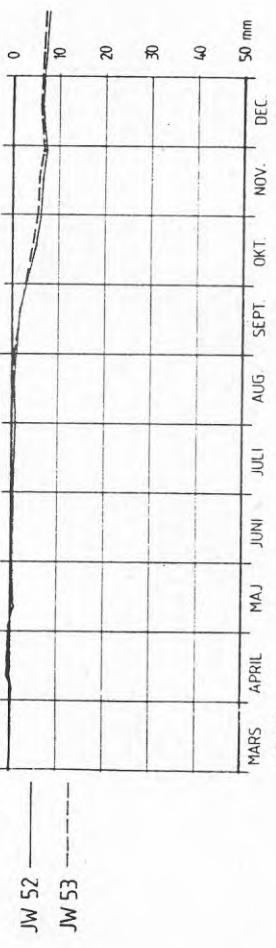
LOLLO 80/01/07

Sve. Hultén

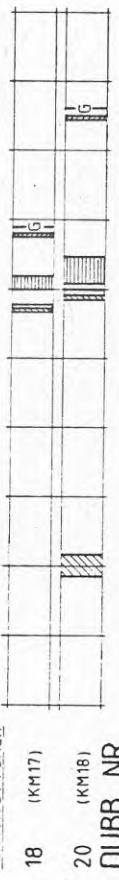


- Schakt
- Rörborrning
- Pålägg
- Inbäddning balkande
- Gjutning

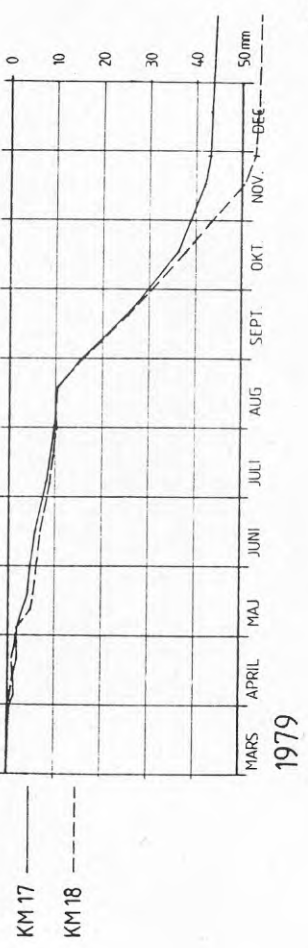
DUBB NR



AKTIVITET I BALK

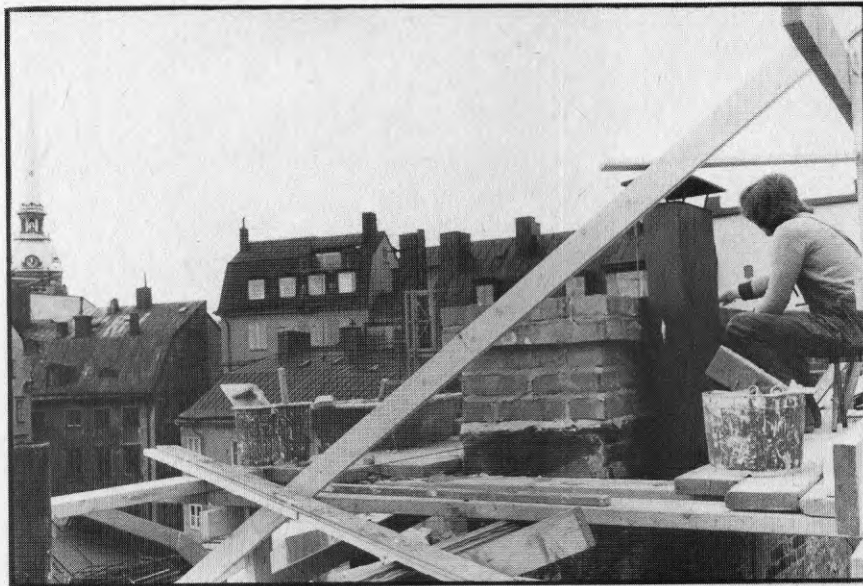


DUBB NR



REF.	ANS.	PROJEKTANT	UTÖVARE	SKALA	DATE	
Hagconsult ab KONSULTERANDE GEOLOGER OCH INGENJÖRER BANERGATAN 37, 115 27 STOCKHOLM TEL 08 23 37 50			KV. CADMUS NR 1 GAMLA STAN GRUNDFÖRSTÄRKNING SÄTTNINGSMÄTNINGAR			SKALA 9 091 154 8
LOLLO	8/10/07	<i>Sve</i>				

GRUNDFÖRSTÄRKNING AV FASTIGHETEN
MARSYAS 10 I GAMLA STAN, STOCKHOLM



Uppdrag: Dnr 1-315/78
Datum: 1979-09-28
Projektansvarig: Lars Hellman
Handläggare: Ulf Eriksson

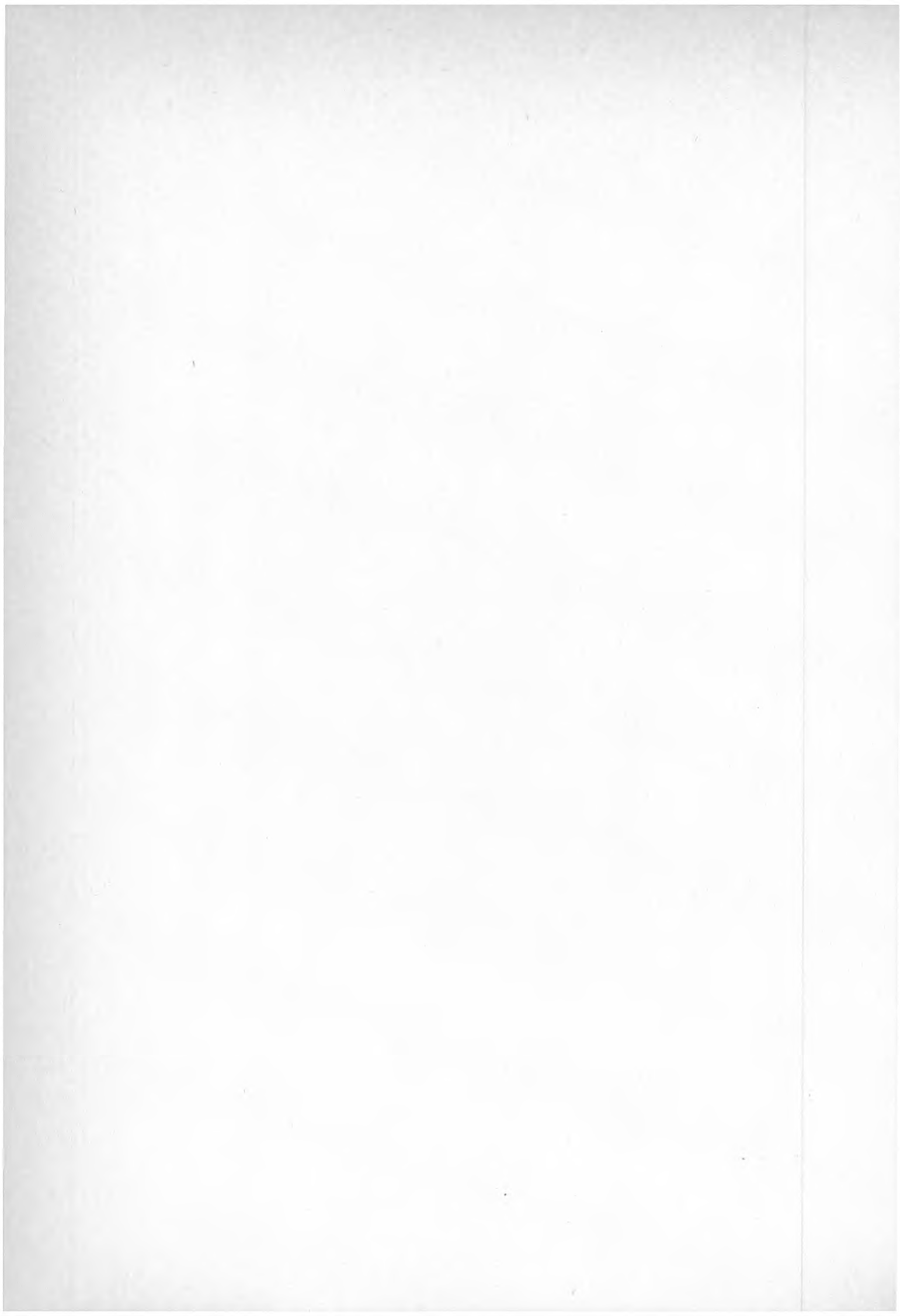
0 SAMMANFATTNING

I projektet studeras en grundförstärkningsentreprenad i kv Marsyas 10 Gamla Stan, Stockholm. Grundförstärkningen utfördes med SW-stålpålar som trycktes med domkrafter till stopp mot block eller berg genom 2-3 m fyllning och 15-20 m åsmaterial. Lastöverföringen till de nya pålarna gjordes genom att en ny 0,6 m tjock armerad betongplatta göts under hela den grundförstärkta delen. Plattan utfördes med förtagningar in i eller genom bärande väggar.

Den grundförstärkta byggnaden, vars historia börjar vid sekelskiftet mellan 1500- och 1600-talet, var ursprungligen i mycket dåligt skick. Detta, plus den känsliga grannbebyggelsen, gjorde att en mycket skonsam grundförstärkningsmetod valdes och som resulterade i ett väl utfört arbete till en relativt hög kostnad.

Förstärkningsmetodiken ändrades ett par gånger i början och under arbetets gång. Den slutligt valda neddrivningstekniken, hydraulisk nedpressning, kunde dock genomföras utan oöverstigliga problem. Åsmaterialet är dock i denna del av åsen lösare lagrat än normalt i Gamla Stan.

Kostnaderna för grundförstärkningen (inkl projekteringskostnader) belöpte sig till totalt 1.550.000 kr inkl moms. Utslaget per kvadratmeter byggnadsyta innebär detta 10.320 kr/m².



1 INLEDNING

Föreliggande rapport beskriver den uppföljning som gjorts av grundförstärkningsarbetena i kvarteret Marsyas 10 i Gamla Stan, Stockholm.

Fastigheten ägs av AB Stadsholmen och är belägen vid Österlånggatan mellan Kråkgränd och Bredgränd, se fig 1.

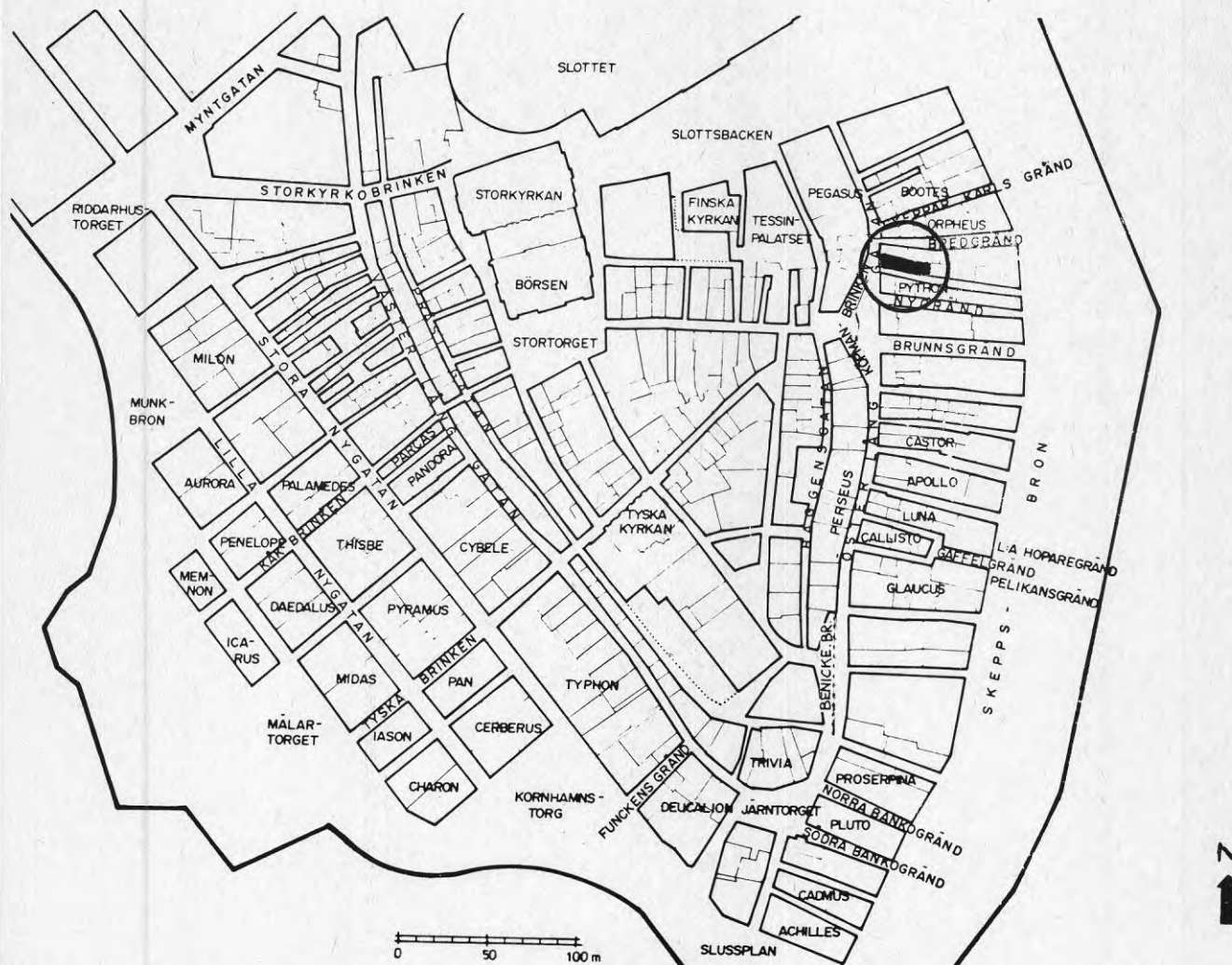


Fig 1. Situationsplan Gamla Stan.

Byggnaden ligger rakt över gränsen mellan den ursprungliga stadsholmens fastmark i form av Brunkebergsåsen och senare tiders utfyllnadsområden. Just den gränsen är allvarligt drabbad av sättningsskador längs Österlånggatan och Marsyas 10 utgör inget undantag.

Uppföljningen, som gjorts av Statens geotekniska institut

i samarbete med Stabilator AB, är tillkommen på initiativ av Stockholms fastighetskontor i dess ambition att på bästa möjliga sätt lösa grundförstärkningsproblemen i Gamla Stan. Uppföljningen är finanserad genom Byggforskningsrådets anslag 740056-7 till Stockholms fastighetskontor.

2 BESKRIVNING AV BYGGNADEN OCH JORDEN

2.1 Historia

Byggnaden är, åtminstone vad grundläggningen beträffar, av medeltida datum. Vissa kompletteringar och igensättningen är dock utförda senare. Figur 2 visar en plan av källarvåningen. De större tilläggskonstruktioner som gjorts efter medeltid är trappan i rum 024 som grundlagts på åsmaterial och trappspindeln (pelaren) i rum 026 som grundlagts direkt i fyllningen.

I rum 027 påträffades vid schaktningsarbeten en delvis igenfylld källare under det befintliga källargolvet. Vilken funktion denna haft och dess förhållande till angränsande byggnader är inte klarlagt.

Konstruktionerna över markytan visar på tegelmurning av låg kvalitet, dåligt tegel och slarviga fogar, som tyder på att byggnaden avsetts att putsas, något som tillämpades från 1620-1640 och framåt. Samtidigt innehåller byggnaden välarbetade ankarslutur av tidig 1600-talstyp så dateringen av byggnaden är något osäker. En omfattande tillbyggnad av en femte våning skedde senare.

2.2 Byggnads- och grundläggningsbeskrivning

Fastigheten består av en till två källarvåningar plus fem bostadsvåningar och har yttermått ca 7,8 x 30,5 m. Ett källarutrymme finns dessutom under Österlånggatan (rum 022 och 023). Den konstruktiva utformningen är konventionell. Tegelväggar med 0,6-1,0 m tjocklek i källarplanen och med både enkla och kryssvalv över källarplan och del av plan 1 (bild 1 och 2). Övriga bjälklag består av träbjälklag. Väggar över källaren är utförda av tegel.

Källargolvnivåer före förstärkningsarbetena framgår av figur 2 där även golvtyp markerats.

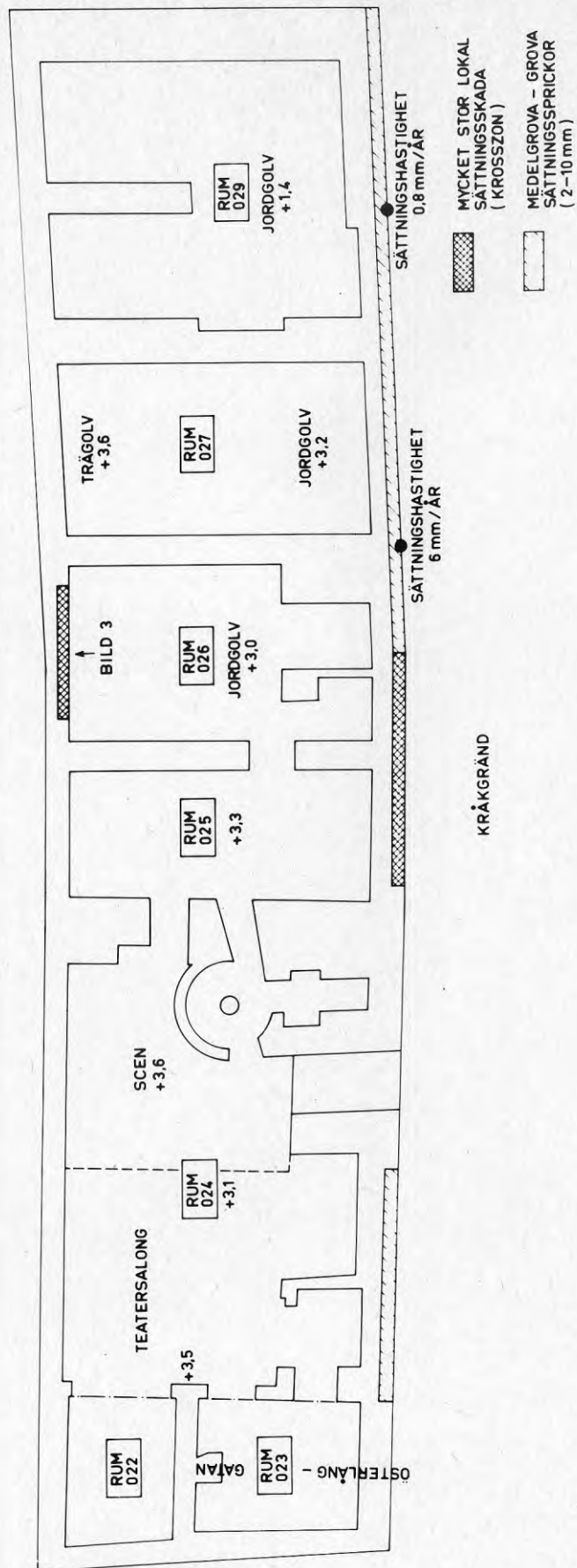


Fig 2. Marsyas 10 källarplan.

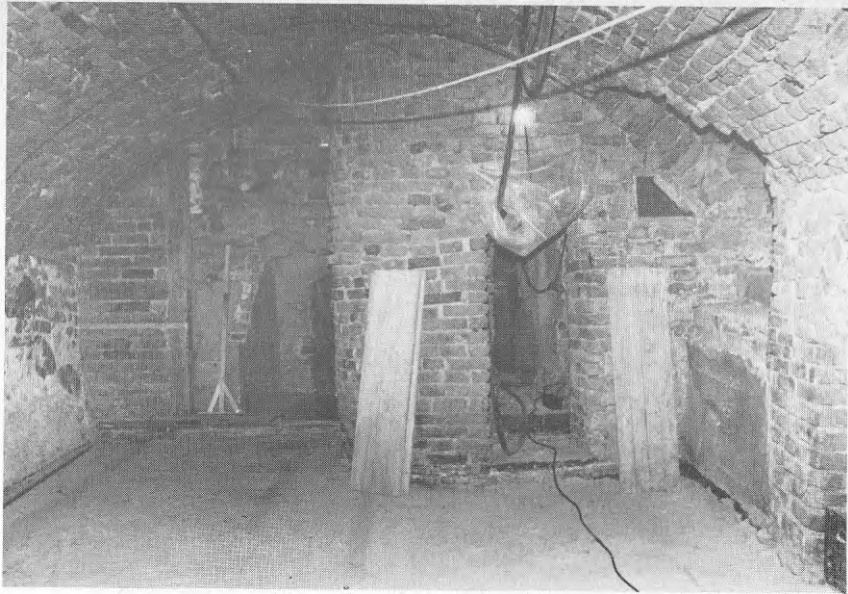


Bild 1: Källarväggar och valv av tegel. Här i Marsyasteatern som låg i den västra delen vilken ej grundförstärktes.



Bild 2: En del mellanväggar avslutades mellan bärande ytterväggar varvid tegelvalv i två riktningar utfördes.



Bild 3: Vid den svåraste rörelsezonen var byggnaden allvarligt skadad med lutande väggar och stora sprickor i grundmurar.

Byggnaden ägs av AB Stadsholmen. Tidigare har den västra delen av källarvåningen använts av Marsyasteatern. I den östra delen där källaren är i två plan fanns för-rådslokaler. Byggnaden i övrigt innehöll och kommer att innehålla bostäder.

Byggnadens bärande stomme var på grund av sättningsska-dor i relativt dåligt skick. Speciellt i mittenpartiet, där sättningsrörelserna varit som störst (bild 3 + fig 2), var stommen så allvarligt skadad att den behövde förstärkas i stor omfattning. I rum 027, där den igen-fyllda källarvåningen hittades, var valv och väggar i ganska dålig kondition, bl a rasade under arbetets gång en skalmursvägg.

Byggnaden är i den västra delen (rum 022-024) grundlagd direkt på åsmaterial. I den östra delen var byggnaden före förstärkningsarbetena grundlagd direkt eller via trärustbädd på fyllningsjord. I rum 026 påträffades ock-så träpålar under den fastighetsskiljande muren mot Marsyas 2 och 3. Alla undersökta trägrundkonstruktioner över nivån +0,4 är nästan helt förmultnade men även där- under förekommer allvarliga rötskador på trävirket (bild 4).

Den östra fastighetsgränsen består av en gemensam grund-mur med Marsyas 11. Denna fastighet är tidigare grund-förstärkt med nedpressade betongelementpålar som under den gemensamma grundmuren hade stoppat kring nivån för åsytan. En grundförstärkning i Marsyas 10 med slagna stål-pålar skulle då kunna orsaka packning av åsmateri-alet under elementpålarne med efterföljande sättning hos byggnaden (bild 5 och 6). Detta kan tilläggas är ett vanligt förekommande problem i Gamla Stan där många byggnader grundförstärkts med betongelementpålar som inte förmått tränga ner under åsens ytlager.

Den norra fastighetsgränsen mot Marsyas 1, 2 och 3 be-står över källarnivå till största delen av två separata ytterväggar. Huruvida grundmuren är gemensam eller ej har dock inte kunnat klarläggas.

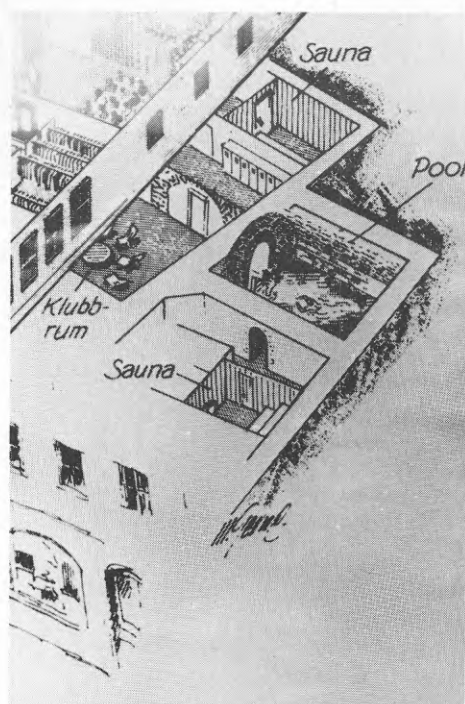


Bild 4: Byggnadens gamla grundläggning var ställvis utförd på rustbädd som nu nästan helt förstörts av röta. Bilden visar en ensam kvarvarande stock i en annars helt förmultnad rustbädd i det östligaste rummet.



Bild 5: Den angränsande fastigheten var tidigare grundförstärkt med tryckpålar av betong. Bilden visar igengjutning av den gemensamma grundmuren.

Bild 6: I källarplanet på grannfastigheten finns bastu och swimmingpool. Konsekvenserna av sättningar i grannbyggnaden och sprickor i poolen förskräckte.



Byggnadens grundmurar består underst av stenvmurar och därpå tegelmurar. Murarnas sammanhållning var dock på flera ställen dålig och både temporära och bestående förstärkningar fick utföras. Bl a var grundläggningen av trappspindeln i rum 026 och grundmuren mellan 026 och 027, speciellt delen mot Kråkgränd, av mycket dålig kvalitet (bild 7 och 8). Dessutom visade det sig att grundmurarnas underkant på några ställen låg praktiskt taget i golvnivå och schaktväggar intill murarna fick betongsprutas för att schaktningsarbetena skulle kunna utföras.

Byggnadens tillgänglighet var som alltid i Gamla Stan dålig. Förutom Österlånggatan var Kråkgränd den enda tillfarten till arbetsplatsen och där samsades byggplatstrafik, varudistribution och allmän gångtrafik på ett smalt utrymme.

Kommunikationerna inom arbetsplatsen var även besvärande i och med att källaren bestod av slutna rum varför material och maskiner måste förflyttas via Kråkgränd (som låg betydligt högre än källargolven) när arbetet framskred. Dessutom förelåg bitvis stor rasrisk p g a byggnadens dåliga kondition. Bild 9, 10 och 11.

2.3 Jorden

Jorden under byggnaden består av fyllnadsmassor som vilar delvis via ett tunt lerlager på åsmaterial direkt på berg. Utbredningen av de olika jordmaterialen framgår av fig 3 och 4.

Fyllningen består huvudsakligen av sand, grus, sten och trärester men även torv och andra organiska inslag förekommer.

Lera med 0,2-0,6 m mäktighet påträffades vid sondering för påle 1 och 21 (se pålplan fig 8) under ett ca meter-tjockt grus- och stenlager i åsmaterialet.

Med medel från forskningsanslaget undersöktes jorden med hejarsondering i sju punkter.

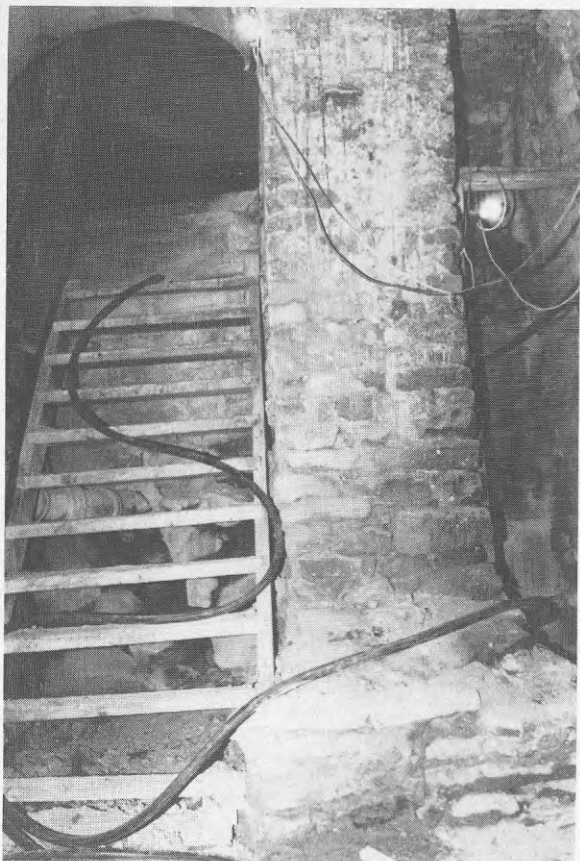


Bild 7: Pelare grundlagd direkt på fyllning utan trärust

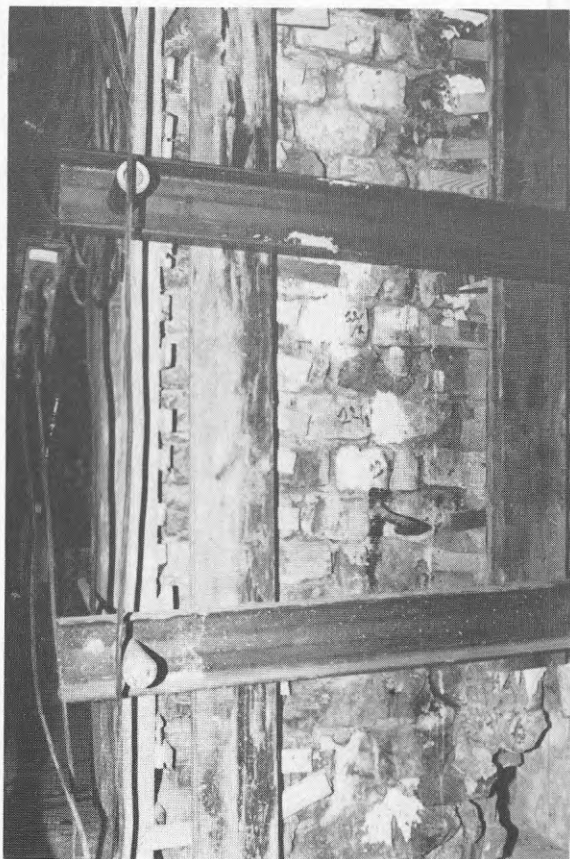


Bild 8: En pelare som fick förstärkas temporärt under arbetet på grund av dess dåliga kondition.

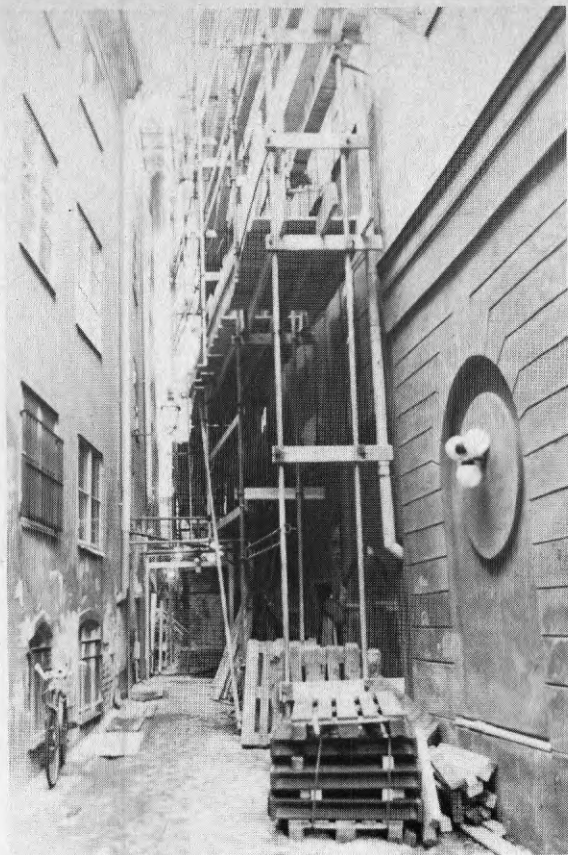


Bild 9: Förutom Österlånggatan var Kråkgränd den enda tillfarten till arbetsplatsen och där samsades byggplats- trafik med varudistribution till restaurang Fem små hus och allmän gångtrafik.



Bild 10: Även transporter inom byggnaden var besvärliga med bl a arbetsnivån långt under gatunivån.

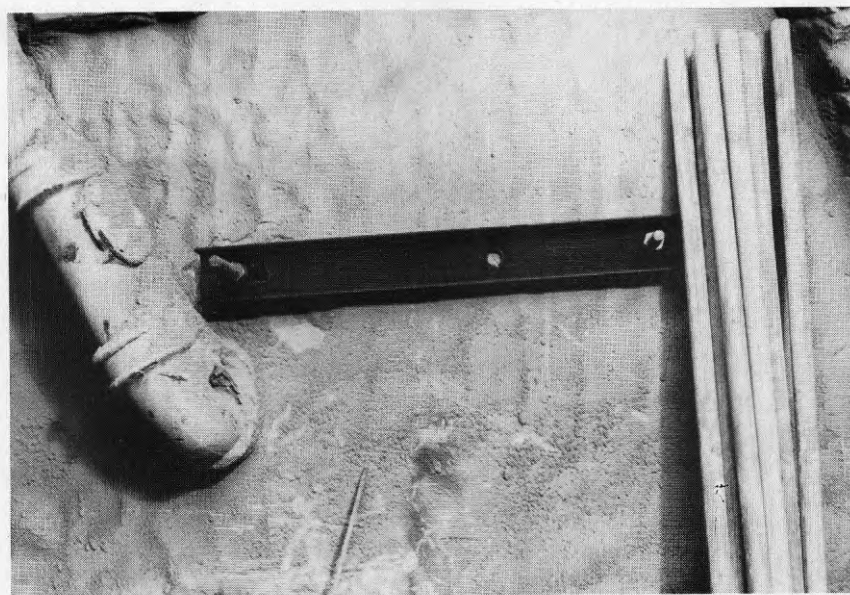


Bild 11: Byggnadens stomme var till följd av sättningsskador bräcklig och måste stöttas med nya dragstag.

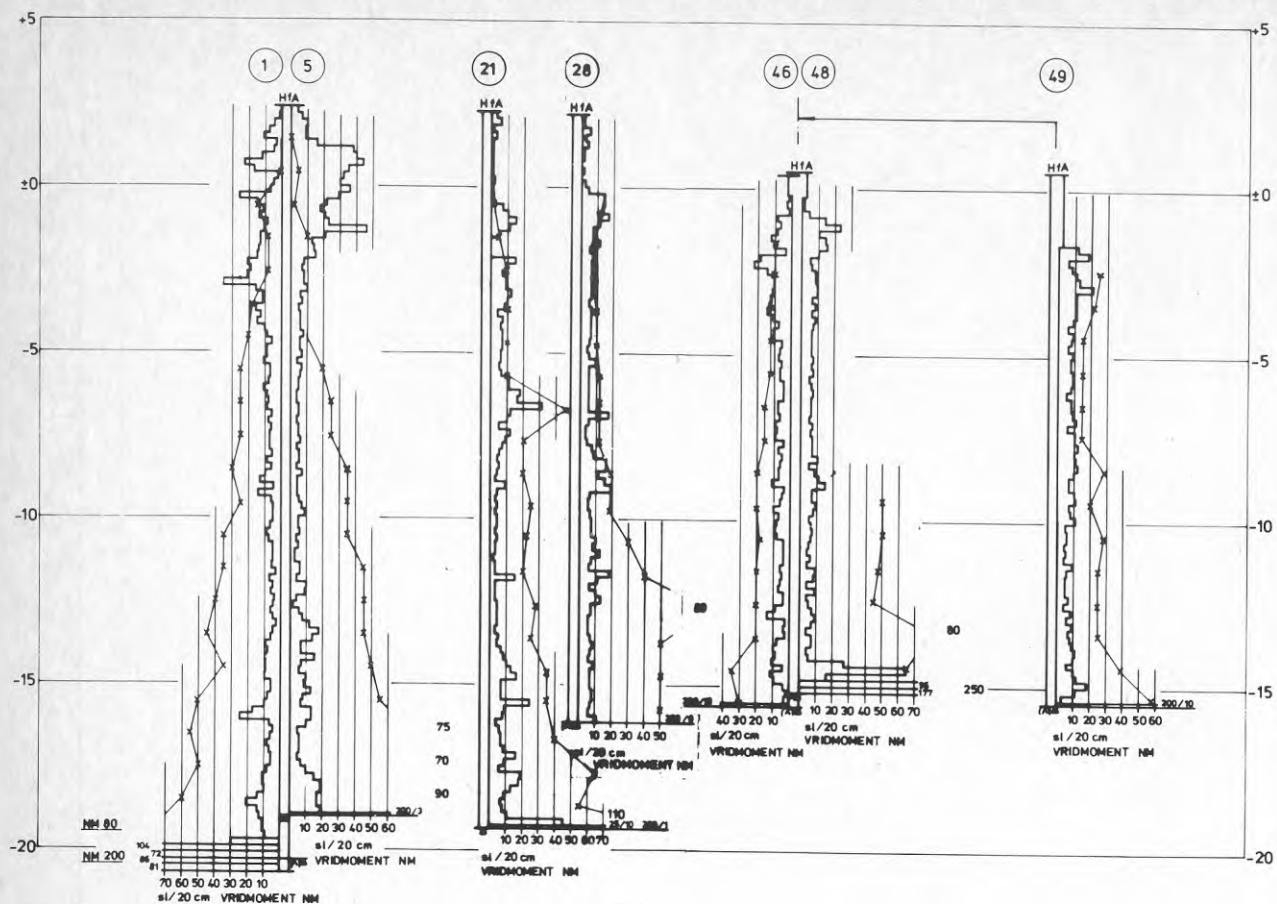


Fig 3. Resultat från hejarsondering i pällägen.
Läge i plan, se fig 8.

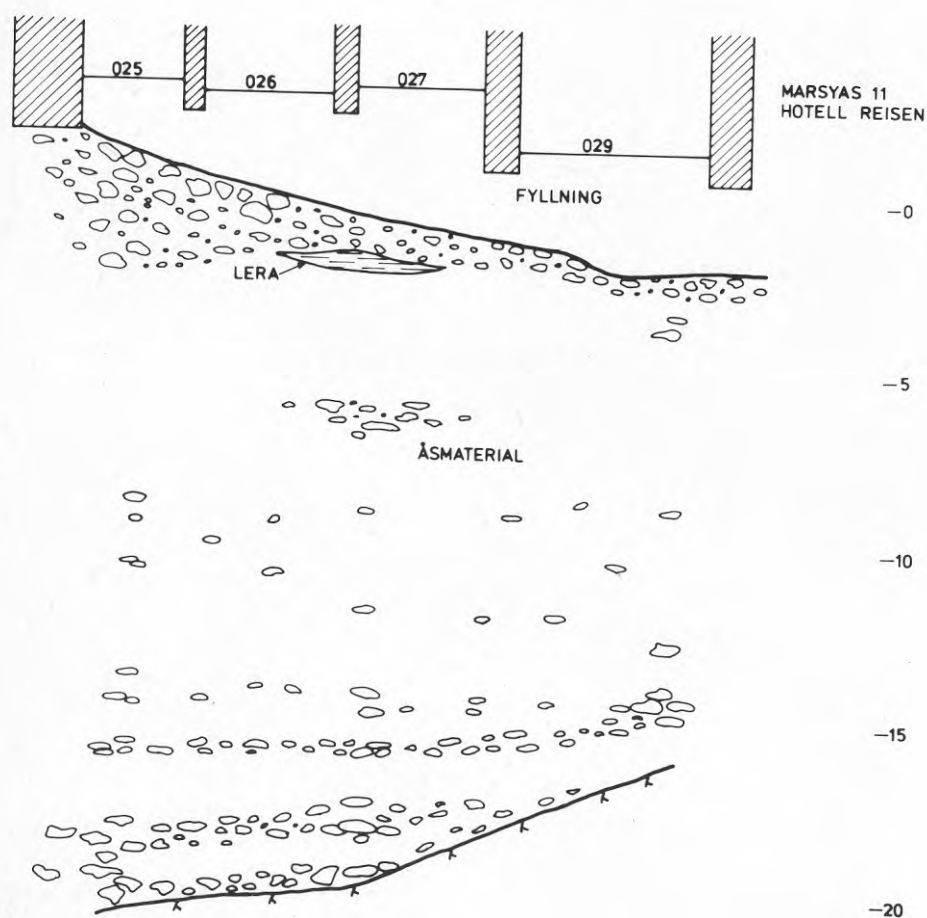


Fig 4. Schematiserad jordlagerföljd. Sektion längs
Kråkgränd.

Åsmaterialets egenskaper kan bedömas ur hejarsonderingarna fig 3. Det består av sand och grus med varierande steninnehåll. Det är huvudsakligen mycket löst till löst lagrat, dvs med en relativ lagringstäthet (relativt fastaste lagring) som är mindre än ca 30%. Detta innebär att jorden är känslig för vibrationer som lätt kan orsaka en packning med påföljande sättning hos byggnader intill. I rum 025 och ev 026 innehåller de översta 3-4 metrarna av åsmaterialet stenigt material, sannolikt rester från en gammal strandvall. Längre ner i byggnaden finns också ett stenigt lager överst på åsytan men där av mindre mäktighet (0-1 m).

Djupare ner i åsmaterialet, under nivån -10 m, finns stensamlingar inlagrade i ett oregelbundet mönster. Detta kan bedömas dels ur hejarsonderingskurvans taggighet och dels från erfarenheter vid påltryckningen. Någon genomgående stenhorisont har ej påträffats. På de understa ca 2-3 metrarna ökar grus- och steninnehållet betydligt i åsmaterialet men fastheten ökar ej i någon högre grad.

Berget, som finns direkt under åsmaterialet, sluttar inom fastigheten mot sydväst. Bergnivån sjunker från -15 i rum 029 till -20 i rum 025.

3 FÖRSTÄRKNINGSMETODEN

3.1 Projekterad förstärkningsmetod

Projekteringen utfördes av Heijkes Ingenjörbyrå AB. Som grundförstärkning skulle nya stålplålar typ SW-180x24 slås "enligt normerna". Den grova påldimensionen valdes med hänsyn till korrosionsrisken för att inget extra rostskydd skulle behöva användas. Korrosionsundersökningar vid projekteringen visade på en avrostning av 5 mm på 100 år. Lasten från byggnaden skulle överföras till de nya plåarna med hjälp av stålbalkar som bilades in i nya upplag i de gamla grundmurarna. Endast den östra delen av byggnaden, rum 025-029, skulle grundförstärkas med pålning.

3.1.1 Pålning

Pålning skulle utföras med SW-pålar från Smedjebackens Valsverk AB med dimension 180x24 mm och med brukslasten 390 kN. Hål för pålarna skulle borraras genom fyllningen.

Hålen skulle stabiliseras med bentonit som efter pålningens utförande eventuellt kunde ersättas med betong. Pålarna skulle stoppslås med tryckluftshejare som stöd-pålar enligt SBN Godkännanderegler 1975:8. Med den föreslagna påldimensionen skulle då en tryckluftshejare med kolvvikt större än 128 kg behöva användas. En sådan hejare har en totalvikt av ca 1200 kg.

3.1.2 Lastöverföring

Vid mellanväggar där avlastning skulle ske med stålok mellan pålar och genom väggar skulle oken kilas mot befintliga grundmurar. Vid ytterväggar skulle stålbalkkonsoler kilas i ursparingar mot befintliga grundmurar.

Ett nytt golv av armerad betong skulle gjutas i källaren.

3.2 Modifierad förstärkningsmetod 1

Den projekterade lastöverföringen med stålbalkar som kilades fast i befintliga grundmurar bedömdes strax före byggstart ge så stora lokala spänningskoncentrationer att risk förelåg för allvarliga skador hos byggnaden. Därför omprojekterades lastöverföringen till en hel tjock bottenplatta av armerad betong. Omprojekteringen gjordes på beställarens initiativ i ett skede då entreprenaden redan var upphandlad. Ändringen upphandlades av entreprenören till fast pris.

3.2.1 Pålning

Pålningens metod kvarstod oförändrad medan pålplaceringen ändrades något p g a den nya lastöverföringen.

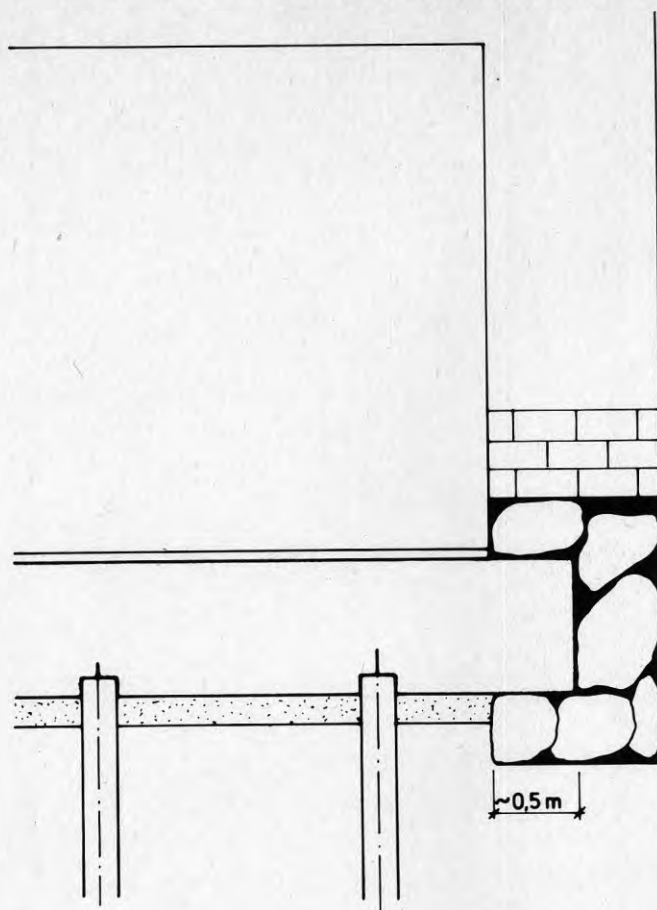


Fig 5. Betongplattans anslutning till befintliga grundmurar, princip.

3.2.2 Lastöverföring

Som ny lastöverföringsmetod valdes en hel armerad betongplatta. Plattan skulle utföras genom att befintliga golvnivåer sänktes ca 0,55-0,8 m varefter plattan formsattes, armerades och göts i sektioner. Lastöverföring till de bärande ytterväggarna utfördes genom att en slits bilades upp i dessa och den nya bottenplattan anslöts i slitsen.

Vid innerväggar bilades 1-1,5 m breda slitsar upp sektionvis genom dessa och plattor i olika rum förbands genom dessa hål. Se bilder.

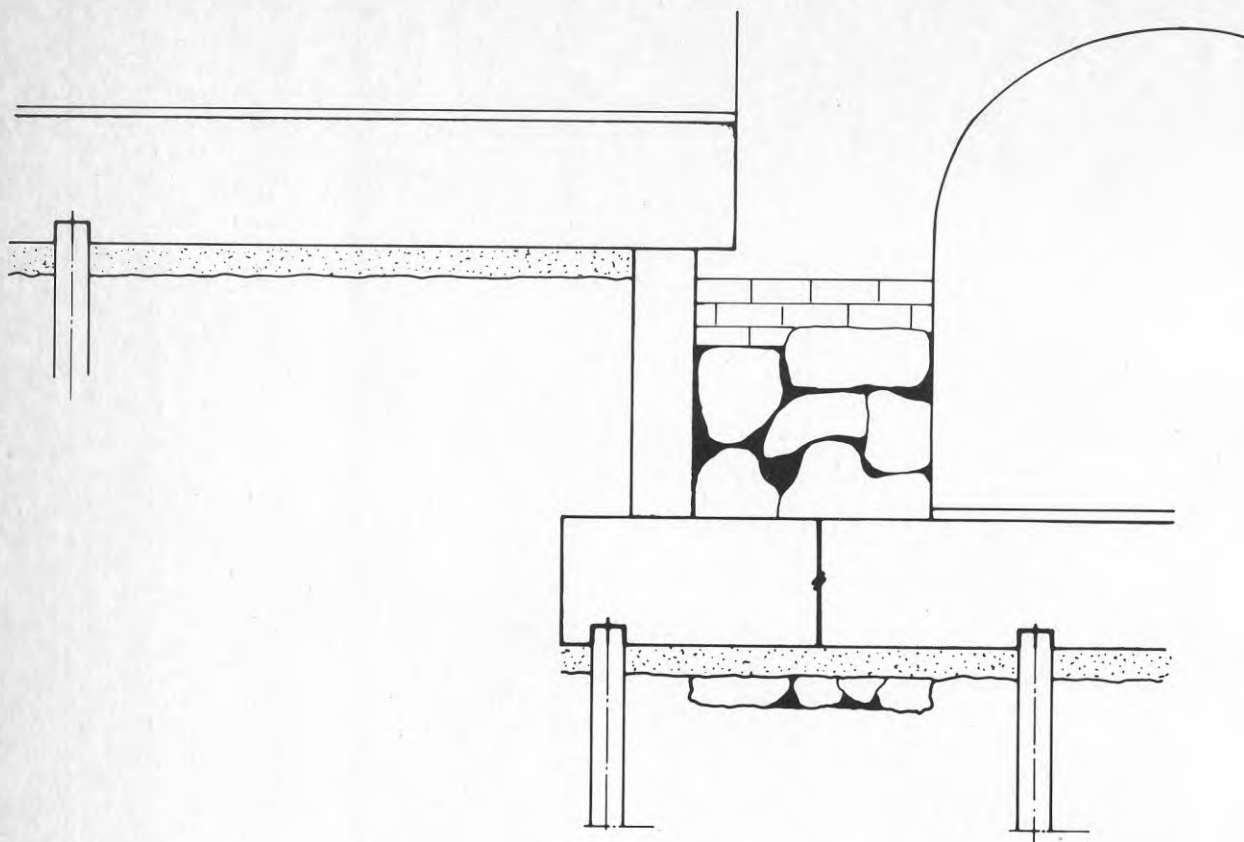


Fig 6. Betongplattans genomföring mellan rum 027 och 029 där golven låg på olika nivåer.

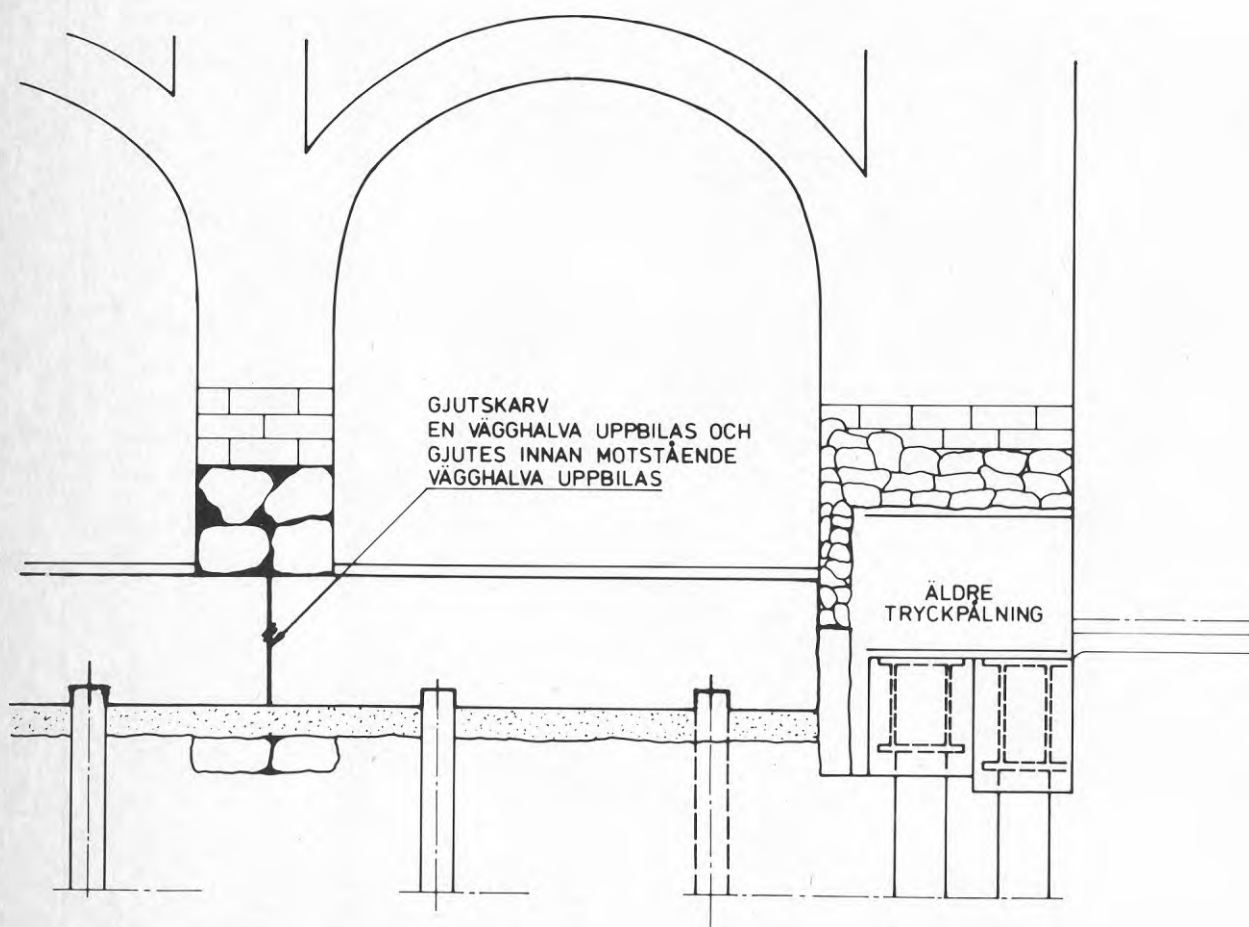


Fig 7. Anslutning mot den tryckpålförstärkta Marsyas 11.

3.3 Modifierad förstärkningsmetod 2

Stoppslagningskravet med den tunga tryckluftshejaren vållade både entreprenör och beställare problem. De kraftiga vibrationer en sådan metod sannolikt skulle orsaka misstänktes kunna ge skador i den intilliggande tryckpålförstärkta fastigheten Marsyas 11 (Hotell Reisen). De nya stålplåarna skulle ju komma att drivas betydligt djupare än de befintliga tryckplåarna och den tunga tryckluftshejaren skulle komma att ge upphov till kraftiga vibrationer. Vidare förutsågs stora hanteringsproblem med tryckluftshejaren i de trånga utrymmena. På entreprenörens initiativ ersattes därför stoppslagningen med tryckluftshejare av tryckning med hydrauldomkrafter genom ursparingar i betongplattan.

Efter krav från byggnadsnämnden korrosionsskyddades den del av pålen som skulle komma att befinna sig i fyllningsjord. Korrosionsskyddet gjordes med epoxibehandling.

3.3.1 Pålning

De första 17 plåarna, alla i rum 029, drevs så långt som möjligt med en lätt hydraulhejare varefter plåarna trycktes till stopp med domkrafter. Mot slutet av arbetet drevs plåarna med domkrafter ända från start.

Domkrafterna som användes vid tryckningen var Stabilators normala påltryckningsdomkrafter med maximal kapacitet 900 kN.

Som mothåll vid påltryckningen användes byggnadens tyngd genom att 2 st GWS-stag $\phi 32$ per påle göts in i betongplattan på ömse sidor om pålen. I GWS-stagen förankrades sedan ett tryckok.

3.3.2 Lastöverföring

Lastöverföringsprincipen kvarstod oförändrad men plåarna förspändes till 150-200 kN före ingjutning i plattan för att minska byggnadens sättning i bruksstadiet när belastningen (390 kN/påle) skulle överföras till de nya plåarna.

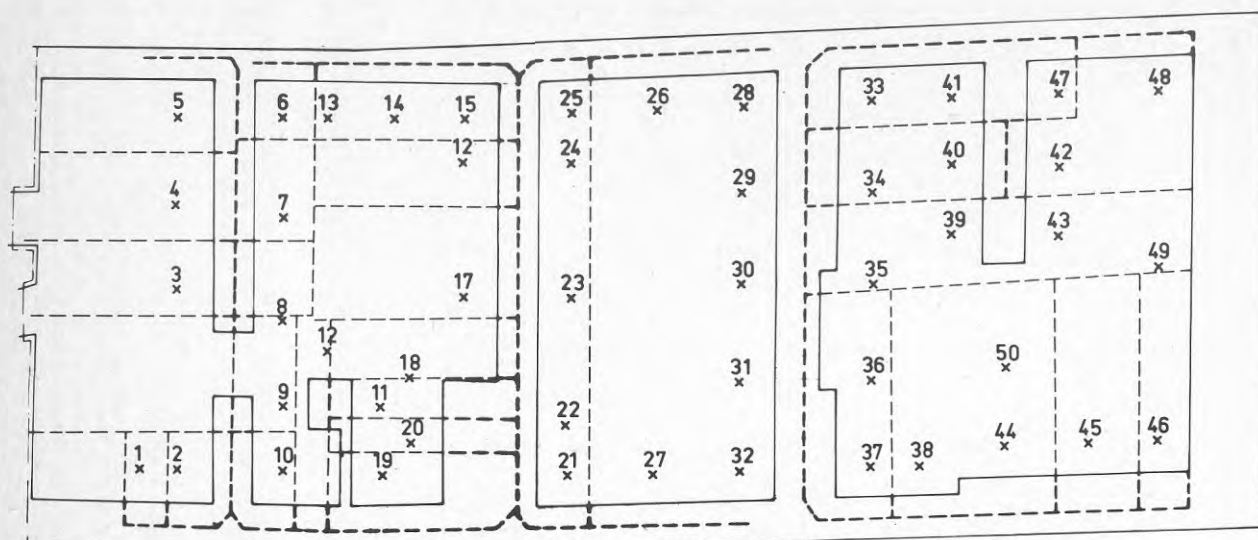


Fig 8. Pålplan och plattsektioner. Påle nr 50 blindpåle för korrosionskontroll.

3.4 Arbetsmoment

Vid den slutligt valda arbetstekniken kan arbetsgången uppdelas i följande arbetsmoment.

- Injektering och betongsprutning av grundmurar och källarväggar.
- Schaktning för ny bottenplatta.
- Förborrning genom fyllning i pällägen.
- Håltagning i grundmurar för lastöverföring till ny betongplatta.
- Formsättning, armering och gjutning av ny betongplatta.
- Pålning
- Tillkommande arbeten.

Arbetena igångsattes under oktober 1978 i rum 029 och drevs sedan i riktning mot Österlånggatan. Pålningen påbörjades i december 1978 och avslutades i juni 1979. Totalt installerades 50 st pålar med medelpållängden

17,9 m varav 1 påle (nr 50) var en "blindpåle" på vilken korrosionen i framtiden kan fastläggas.

3.4.1 Injektering och betongsprutning

I grundförstärkningsentreprenaden ingick injektering av grundmurar under golvnivå.

Vidare utfördes som tillkommande arbeten betonginjektering och sprutning av tegelvalv och -väggar i rum 025, 026 och 027. Även ytterligare några skadade delar över golvnivå injekterades och betongsprutades som tillkommande arbete.

3.4.2 Schaktning för ny bottenplatta

Schaktning för bottenplatta utfördes med handredskap och handhållna bilmaskiner. Schaktmassorna som bestod av sten, grus, tegelrester samt en del virke transporterades ut i Kråkgränd via ett transportband och bortfördes i container.

3.4.3 Förborrning genom fyllning

För samtliga pålar förborrades hål genom fyllningen som inom pålningsområdet varierade mellan 1,5-4,0 m tjocklek (mätt från den nya schaktbotten). Fyllningens sammansättning bestod huvudsakligen av sand och grus men tegelrester och trärester var också vanligt förekommande. Inom ett område mitt i rum 029 förekom ett ca metertjockt lager med torv och dytorv innehållande trärester.

Erfarenheterna från arbetet strider inte i någon högre grad mot de givna förutsättningarna. Sten innehålllet i fyllningen ("kattskallar") var dock klart mer markant än vad som förutsetts, speciellt i rum 025 och 026.

Borrningsarbetet erbjöd dock inga oöverstigliga problem. Utrustningen som användes bestod av en augerborr $\phi 150$ försedd med specialgjorda fingerbits som drevs av en liten 5 hkr tryckluftsmotor monterad på en gejder (se bild 12 och 13). Den lilla utrustningens



Bild 12: Förborrning genom fyllning med augerborr driven av en lätt tryckluftsmotor som monterats på en gejder med fotplatta.

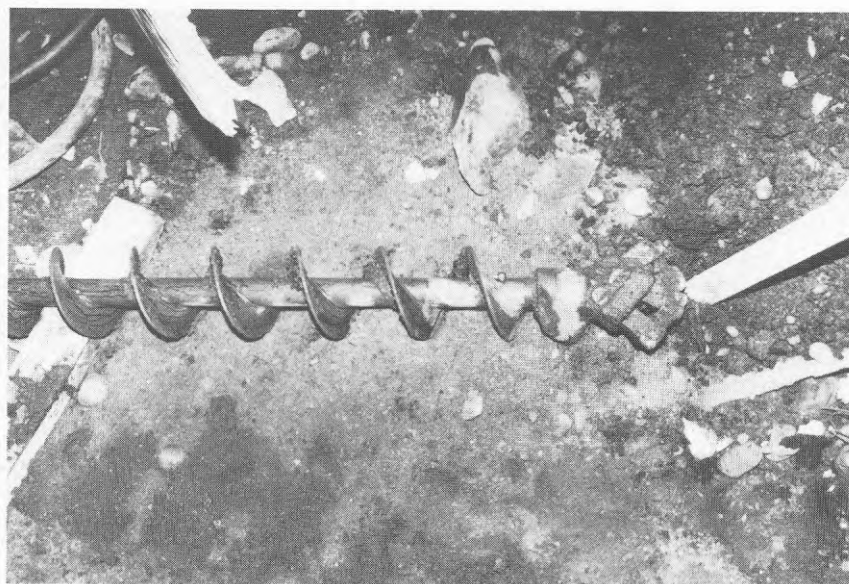


Bild 13: Detalj av augerborren här försedd med specialtillverkade fingerbits. (monterade i spetsen av augerborren).

kapacitet var dock inte helt tillräcklig för de borrhål som var aktuella, speciellt inte där jorden var stenig. Trärester kunde dock genomborras och de flesta hålen borrades med den lilla maskinen även om de ibland tog ganska lång tid. Ett stort problem var att få borren att styra rakt där fyllningen var stenig i ytan.

Mot slutet av arbetet användes därför en kraftigare augerborr $\phi 205$ mm också försedd med fingerbits. Med denna utrustning kunde också det steniga ytlagret i åsen genomborras. Denna auger drevs med en hydraulmotor men även för denna bormaskin förekom problem att få borret att styra rakt i stenigt material.

Borrhålen stabiliserades med bentonit som blandades på platsen och för hand hällades i borrhålen.

3.4.4 Håltagning i grundmurar

Håltagning i grundmurarna för bottenplattans genomföringar och förtagningar utfördes med förborring ca c 200 mm och hydraulisk spräckningsutrustning typ Darda. I mellanväggar som genombilades helt gjordes hålen i sektioner av 1-1,5 m bredd med bortbilning av halva vägg-tjockleken från var sida. Plattan på den ena sidan väggen göts innan hålet togs upp på den andra sidan. På vissa partier nådde hålens överkant upp i de gamla tegelväggarna som nästa helt saknade sammanhållning och måste stöttas med domkrafter tills plattsektionen färdiggjuts. Se även bild 14-17.

I ytterväggarna bilades en slits som förtagning för bottenplattans anslutning enligt fig 5.

3.4.5 Formsättning, armering och gjutning av ny betongbottenplatta

Den nya bottenplattan tillverkades i sektioner. Sektionsindelning framgår av fig 8.

Formarna tillverkades av bräder och ursparingar för pålar gjordes både med brädform och korrugerade plåtrör.

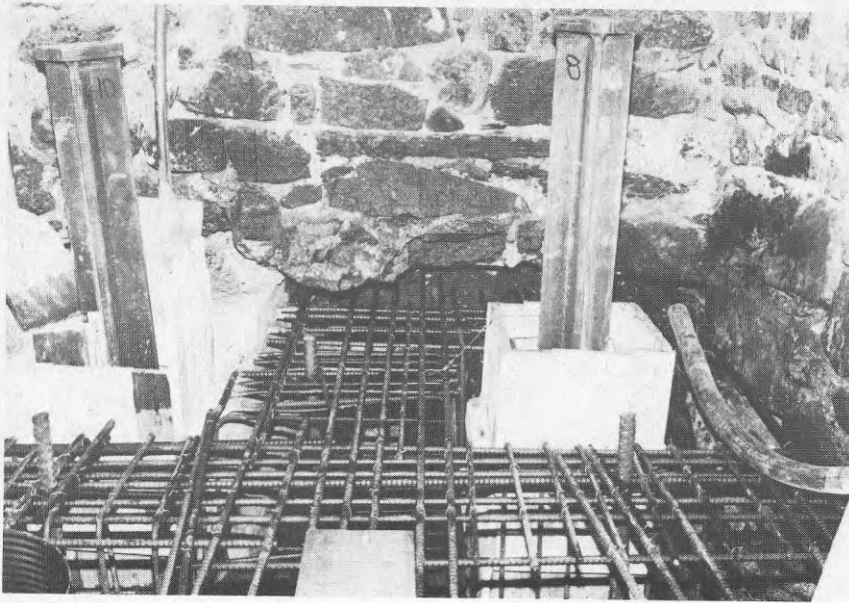


Bild 14: Bottenplattor i olika rum förbands genom att mellanväggar genombilades i sektioner på 1-1,5 m varefter plattan armerades och göts genom och mot väggen.

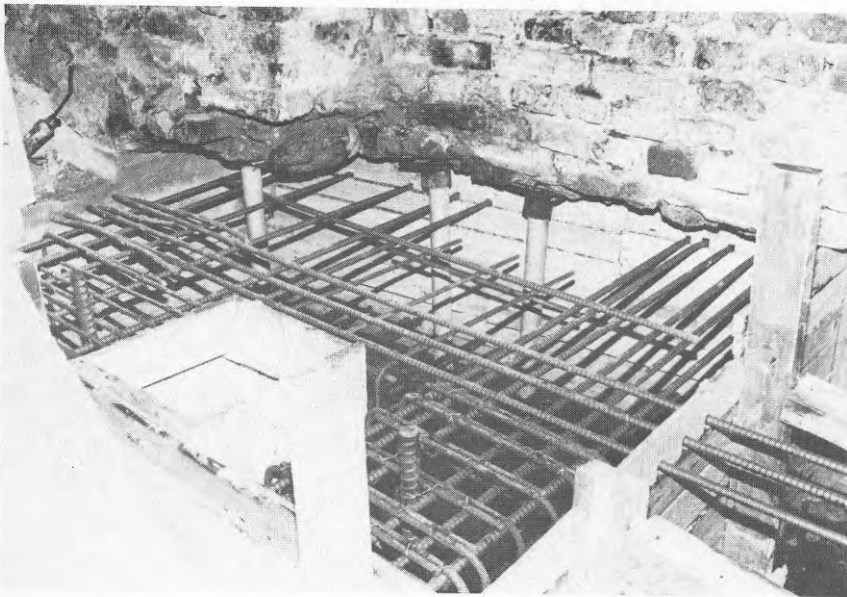


Bild 15: Vissa partier av de gamla tegelväggarna saknade helt sammanhållning och måste stöttas med domkrafter innan betongplattan gjutits.

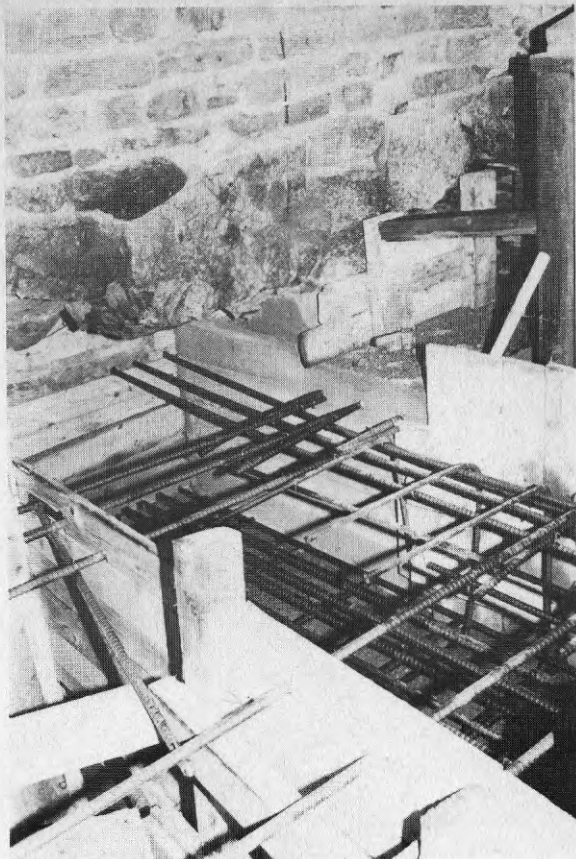


Bild 16: Bottenplattans genomföring genom mellanvägg, detalj.

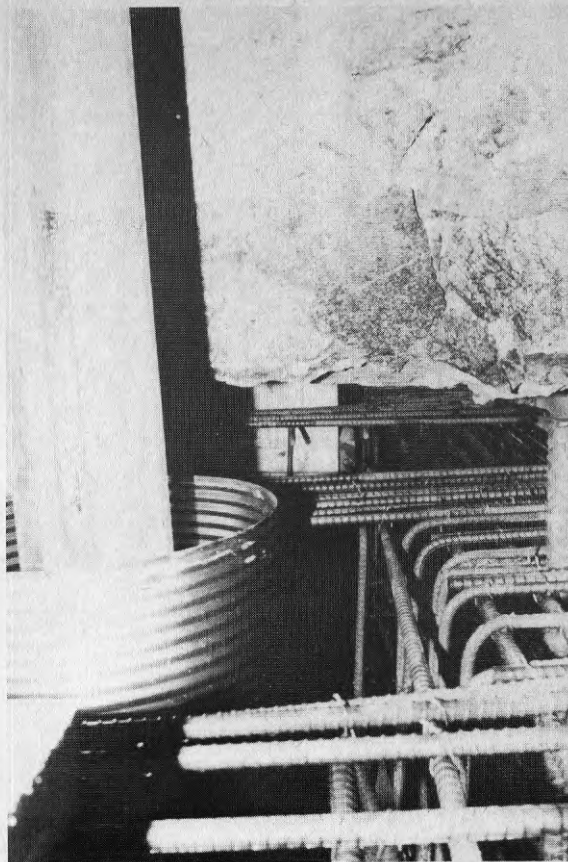


Bild 17: Bottenplattans genomföring genom mellanvägg, detalj. I bildens högra kant syns det GWS-stål som senare användes för mothållsoket vid påtryckning.

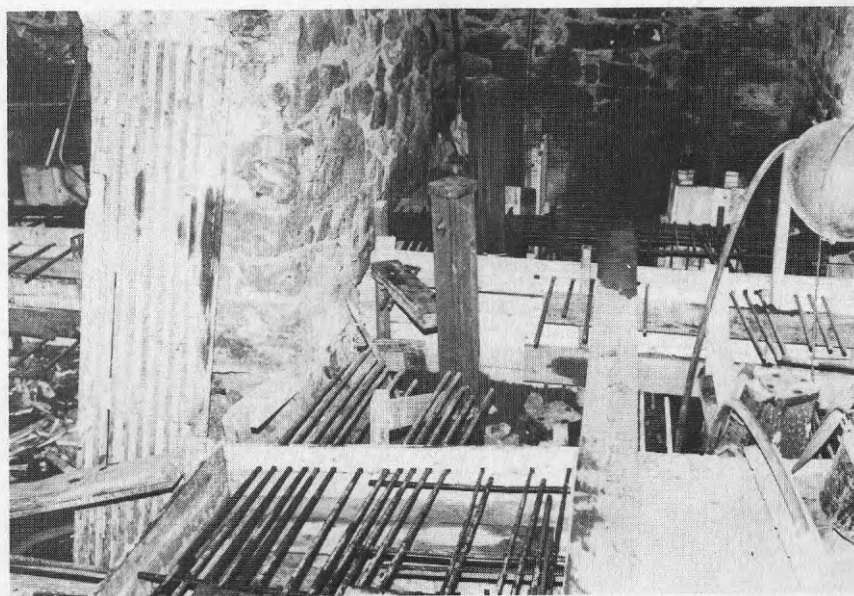


Bild 18: Det östligaste rummet under tillverkning av ny bottenplatta. Längst ner t h är plattan färdiggjuten. I mitten underkant och längst bak i bilden är plattan klar för gjutning. Observera genomföringen i mellanväggen i bildens mitt.

Armeringen utfördes med $\phi 16$ c 300 i överkant och $\phi 16 + \phi 26$ GWS-stål c 300 i underkant. Därutöver armerades plattan med skjuvbyglar vid varje pålläge för att erhålla konsolverkan i plattan. Armeringen klipptes och bockades på arbetsplatsen.

Betonggjutning utfördes till största delen med pump och betong av kvalitet c 30. Vid förtagningslitsar och genomföringar i grundmurar göts betongen dikt an mot grundmurarna. Där hålrum uppstod på grund av att grundmurens anläggningsyta mot plattan ej var plan utfördes efterinjektering mellan grundmur och betongplatta.

3.4.6 Pålning

Pålningen utfördes inledningsvis med en lätt hydraulhejare typ KRUPP monterad på en fristående gejder försedd med fotplatta. Matning av hejaren skedde med ett tryckluftspel typ ATLAS. Med den lätta hejaren slogs de 17 första pålarna i rum 029 "så långt som möjligt" vilket innebar mellan 8 och 16 m. Meningen var att pålarna därifrån skulle drivas med den tunga trycklufthejaren till stopp. Se bild 19 och 20.

Hela utrustningen hanterades och flyttades av två personer. Vissa svårigheter med centrering av hejaren och styrning av pålarna försvårade arbetet och bidrog till att de slagdynor som användes fick dimensioneras upp betydligt innan de höll för påfrestningarna. Men när arbetet väl flöt var den lilla hydraulhejarens drivningsförmåga förvånande god i det förvisso löst lagrade åsmaterialet.

Efter en tids arbete beslöts som nämnts att pålarna skulle stopptryckas med domkrafter. I samband med detta slopades även slagningen med den lilla hydraulhejaren och pålarna trycktes från start med domkrafter. Domkrafternas maximala kapacitet var 900 kN och pumparnas reglerutrustning möjliggjorde att denna belastning kunde pulseras, dvs pålarna belastades cykliskt mellan 0-900 kN med ca 2 sekunders varaktighet hos belastningen. Vid

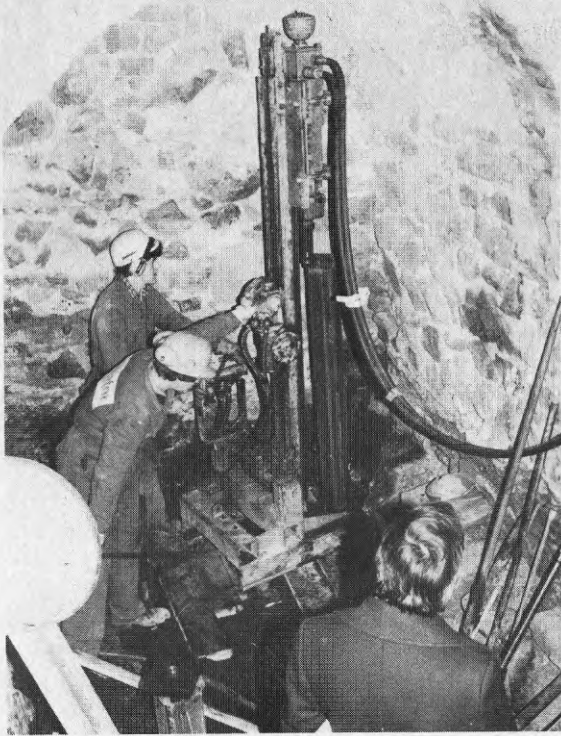


Bild 19: Slagning av SW-pålar med lätt hydraulhejare monterad på fristående gejder med fotplatta.

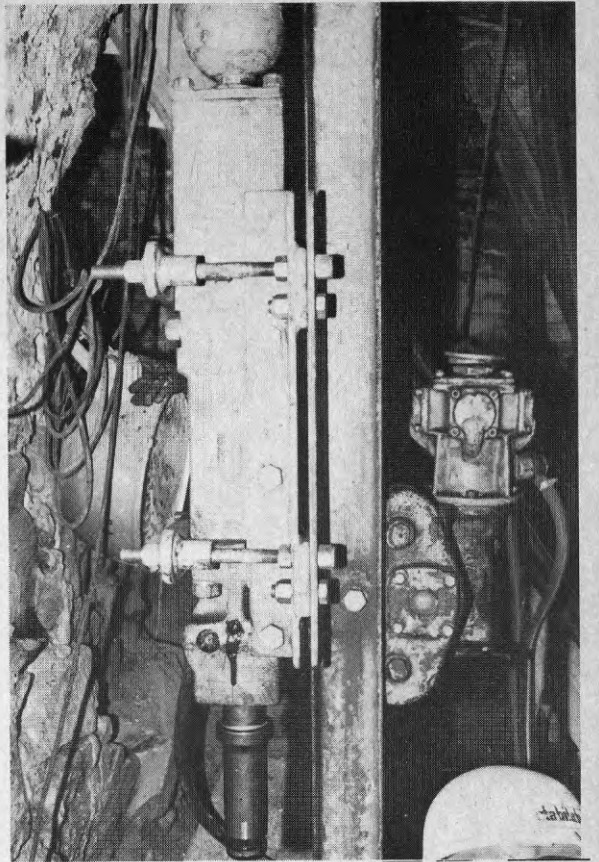


Bild 20: Detalj av hydraulhejaren. Matning sker med tryckluftspel.

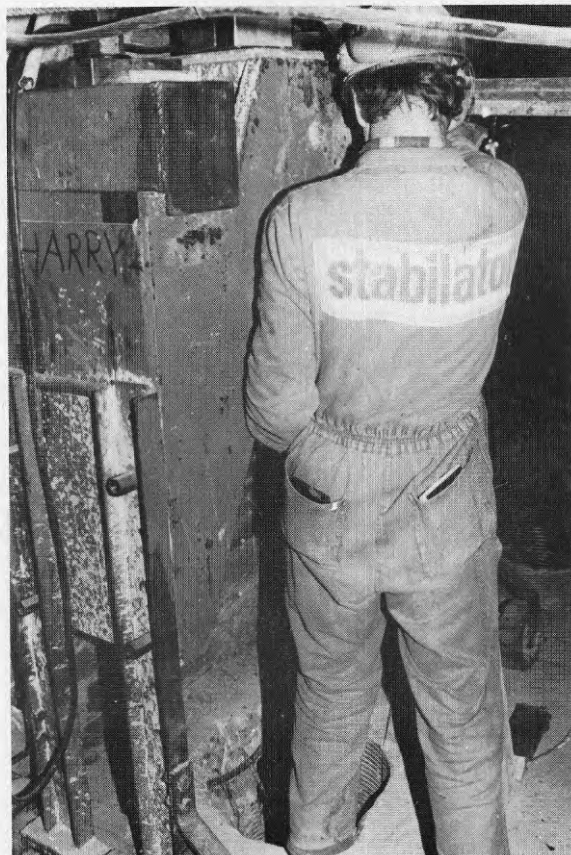


Bild 21: Hydraulisk nedpressning av stålplåtar. Bilden visar det tryckok som används som mot-håll.

påltryckningen användes byggnaden som mothåll genom att ett tryckkok (se bild 21) förankrades med 2 st GWS-stag i den nya bottenplattan.

Pålelementens längder var, förutom det första elementet i varje påle, genomgående 1,0 m. Det första elementet som sattes i ett förborrat hål genom fyllningen var 2,0 m.

Pålarna levererades från fabrik i färdiga längder och med monterade skarvplattor. Mått- och vinkelnoggrannheten hos skarvarna var dock inte helt indvändningsfri utan problem med snedbelastning och krökning av pålar uppstod i något fall vid tryckningen.

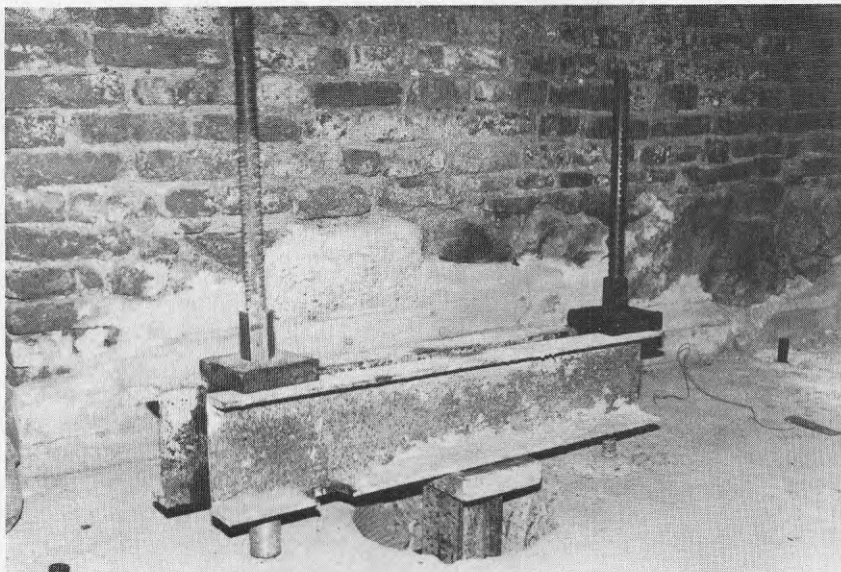
Påltryckningen gick till största delen problemfritt, möjligen tack vare att åsmaterialet i detta läge är lösare lagrat än vad som är normalt i Gamla Stan. I rum 025 och 026 förekom dock vissa svårigheter med att passera sten-kappan på åsmaterialets yta. Man tvingades därvid tillgripa pumpning (cyklisk belastning 0-900 kN) för att passera ytskiktet. I något fall kröktes därvid pålen. Av den totala pålningstiden utgjordes 10-15% av ställtider, dvs tid för att passera hinder eller klara av andra problem.

3.4.7 Tillkommande arbeten

När renoveringsarbetena inleddes uppenbarades att byggnadens kondition speciellt vid den allvarligaste rörelse-zonen var sämre än förutsett varför förstärkning av byggnadsstommen utfördes av grundförstärkningsentreprenören. Förstärkningen innebar att byggnadens bägge långväggar

förbands med dragstag i nivå med bjälklaget över källaren och att två st dragstag $\phi 25$ förband de bägge mellanväggarna runt rum 026. Vidare innebar utfallet av skal-muren i rum 027 att hela detta rum (valv och väggar) sprutades med betong. Injektering och förstärkning av trappspindeln i rum 026 samt andra skadade delar utfördes. Som tillkommande arbete utfördes slutligen förspänningen av pålarna (bild 22).

Bild 22: Pålarna förspändes till 150 kN belastning innan de göts in i betongplattan för att minska och utjämna rörelserna då brukslasten påfördes.



3.5 Uppföljning

3.5.1 Kontrollåtgärder

I grundförstärkningsentreprenörens antagande ingick vibrationsmätningar i 5 st punkter för att kontrollera vibrationsutbredningen under pålningsarbetet samt sättningsmätning i 21 punkter under hela arbetsperioden. Vibrationsmätarnas och sättningsdubbarnas placering framgår av figur 9 där också omgivande bebyggelses grundläggningssätt framgår.

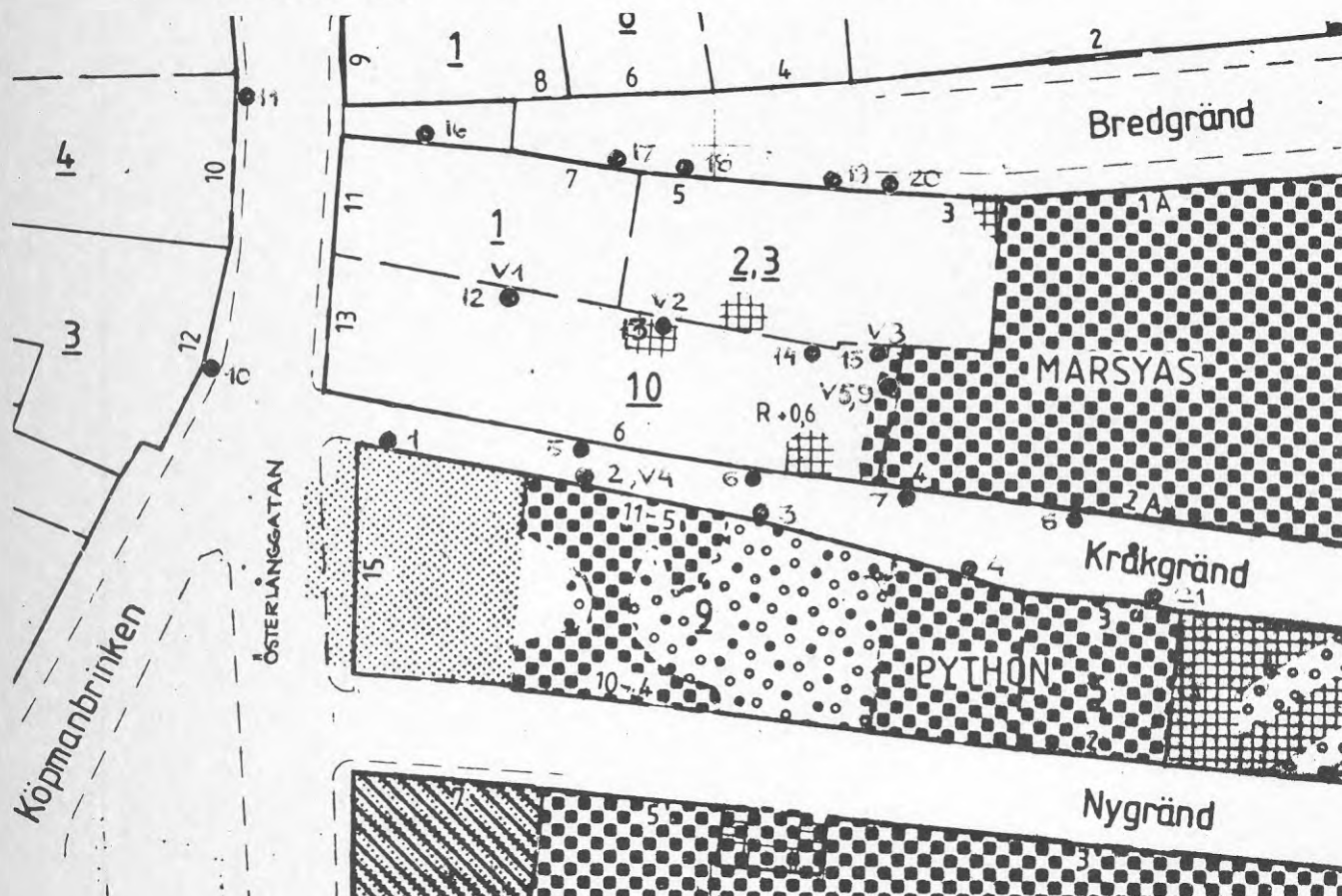
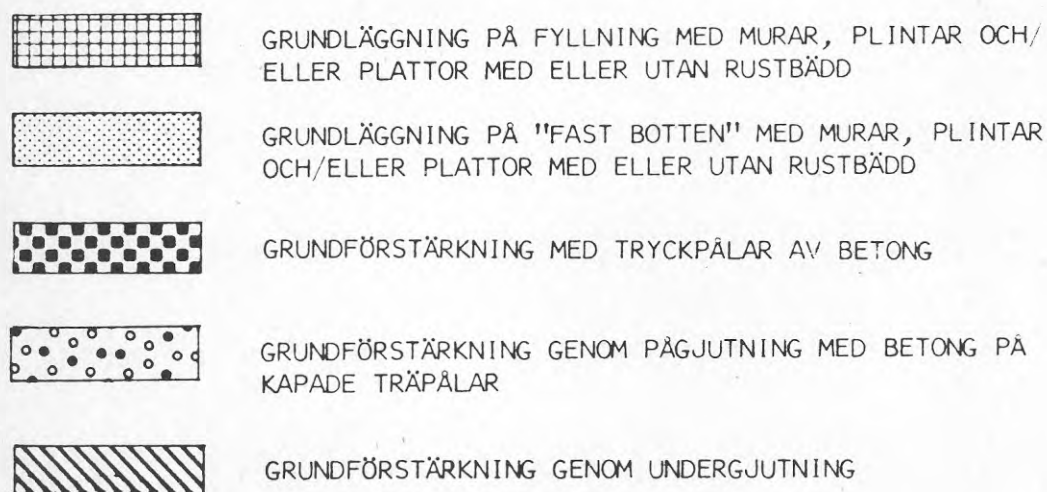


Fig 9. Placering av sättningsdubbar och vibrationsmätningpunkter.

Vibrationsmätningar utfördes endast under den period som pålning med hydraulhejare pågick. Vid mätningarna registrerades den vertikala svängningshastigheten. Resultaten i de olika punkterna framgår av nedanstående tabell.

	V1	V2	V3	V4	V5
Maxutslag (mm/s)	>10	3	3	7,2	1,7
Medelutslag (mm/s)	≤2,3	≤0,8	≤0,5	≤0,9	≤0,4
Minutslag (mm/s)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2

Maxutslag i punkt V1 inträffade den 8/1 och 10/1. Den 8/1 slogs påle 43 till stopp mot en sten 3 m under golvet och måste dras upp igen. Den 10/1 slogs påle 43 på nytt, denna gång till stopp 3,5 m under golvet. Av de övriga mätarna visade endast V2 något större utslag än medelvärdet vid dessa tidpunkter.

Maxutslag i punkt V2 inträffade den 5/12. Detta datum utfördes augerborrning för påle 47 och 42 samt slagning av påle 34. Maxutslag i punkt V3 inträffade även denna dag. På övriga mätare noterades detta datum utslag under medelutslaget.

Maxutslag i punkt V5 inträffade den 12/1. Den dagen slogs påle nr 48 och uttag under väggen gjordes vid påle 33. Förutom i punkt V3, där utslaget blev något över medelutslaget, blev utslaget i samtliga övriga punkter mindre än medelutslaget.

De maximala svängningshastigheterna i de olika mätpunkterna kan alltså inte direkt hänföras till pålslagningen. Tvärtom finns på några protokoll från vibrationsmätningarna klart angivet att några av de uppmätta toppvärdena ej orsakats av pålningsarbete. Källan till vibrationstopparna har inte heller kunnat dokumenteras.

Resultaten från de sättningmätningar som utfördes framgår av fig 10-15. Totalsättningen under mätperioden (grundförstärkningsperioden) framgår av nedanstående tabell.

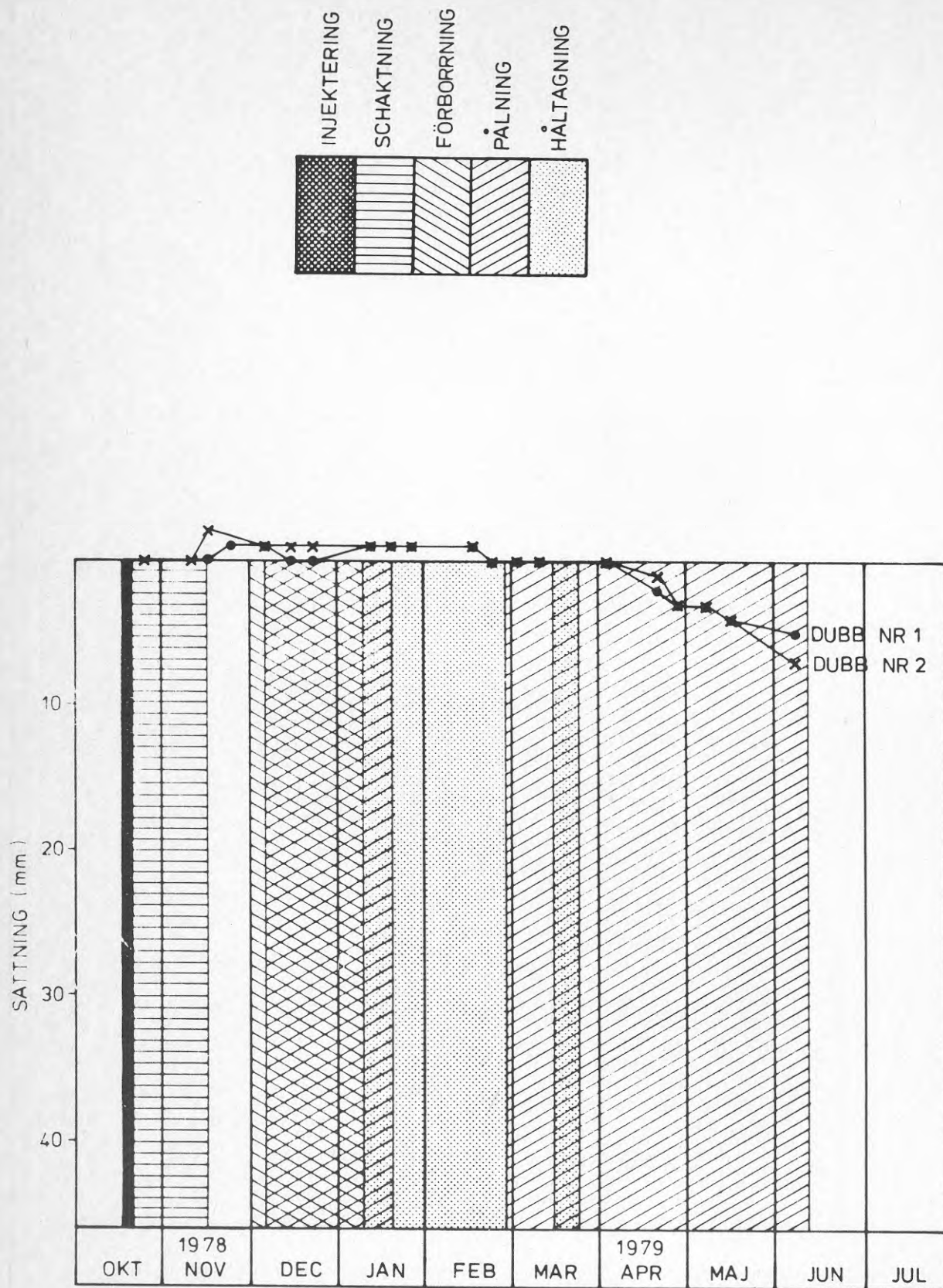


Fig 10. Sättningsmätning dubb 1 och 2.

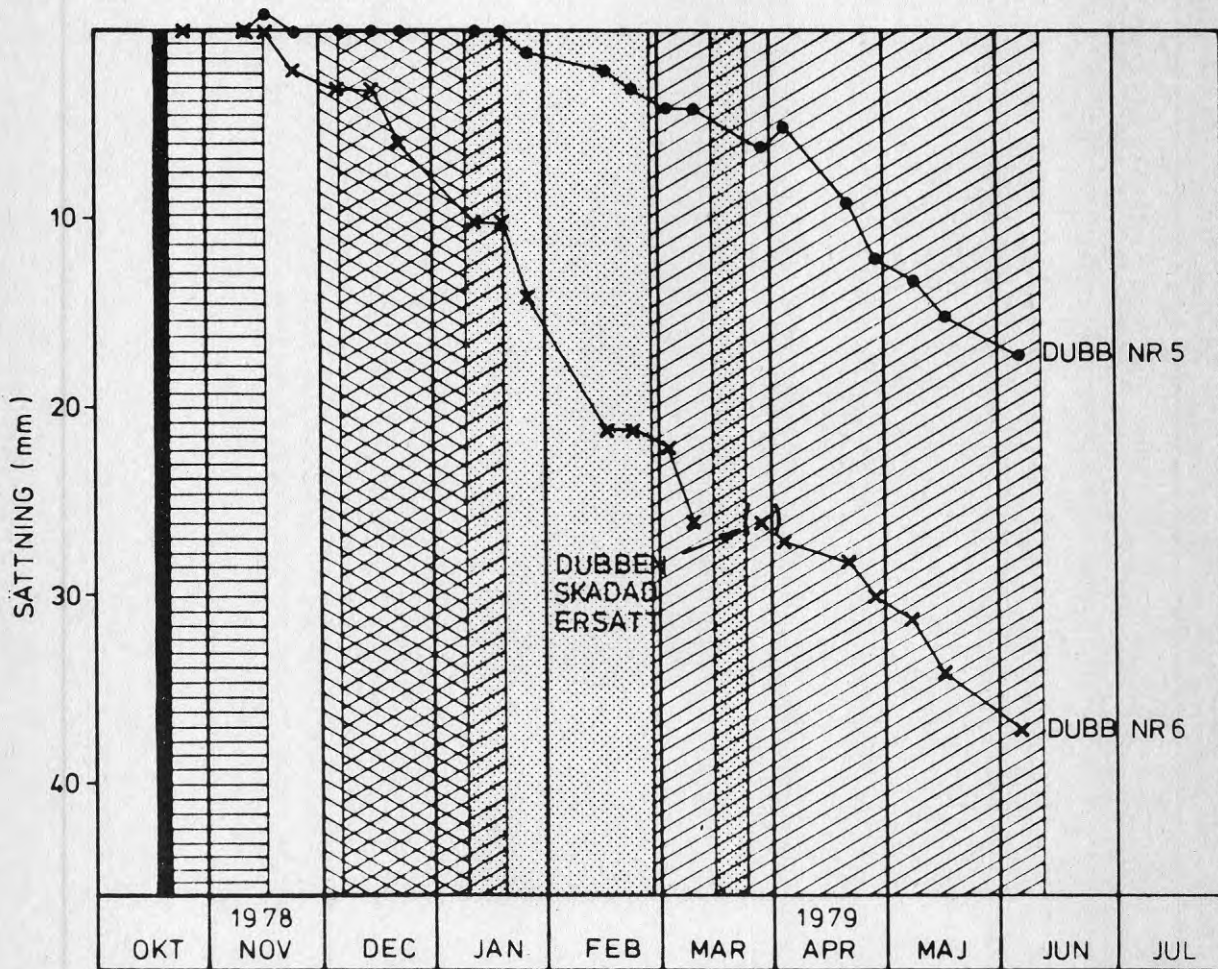
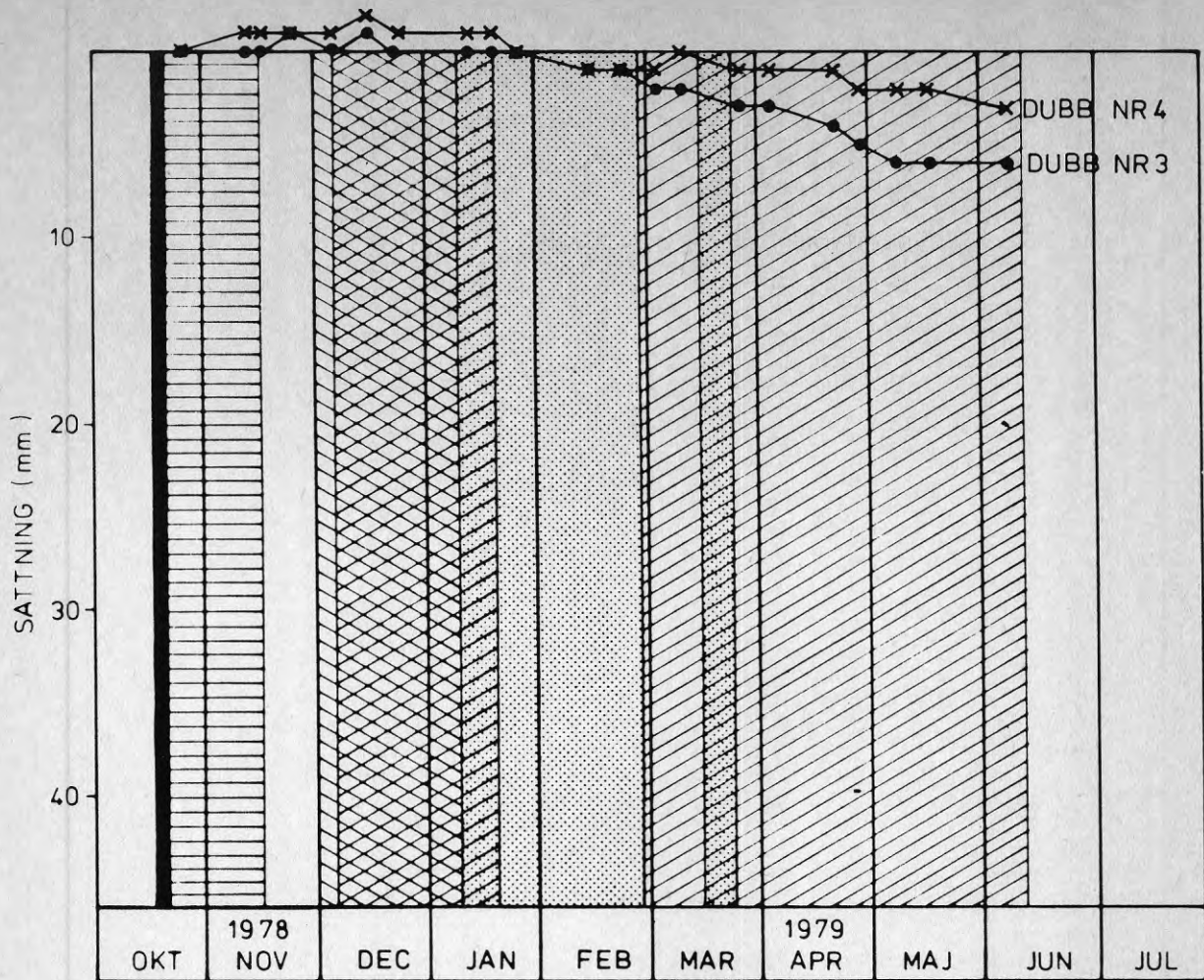


Fig 11. Sättningsmätning dubb 3, 4, 5 och 6.

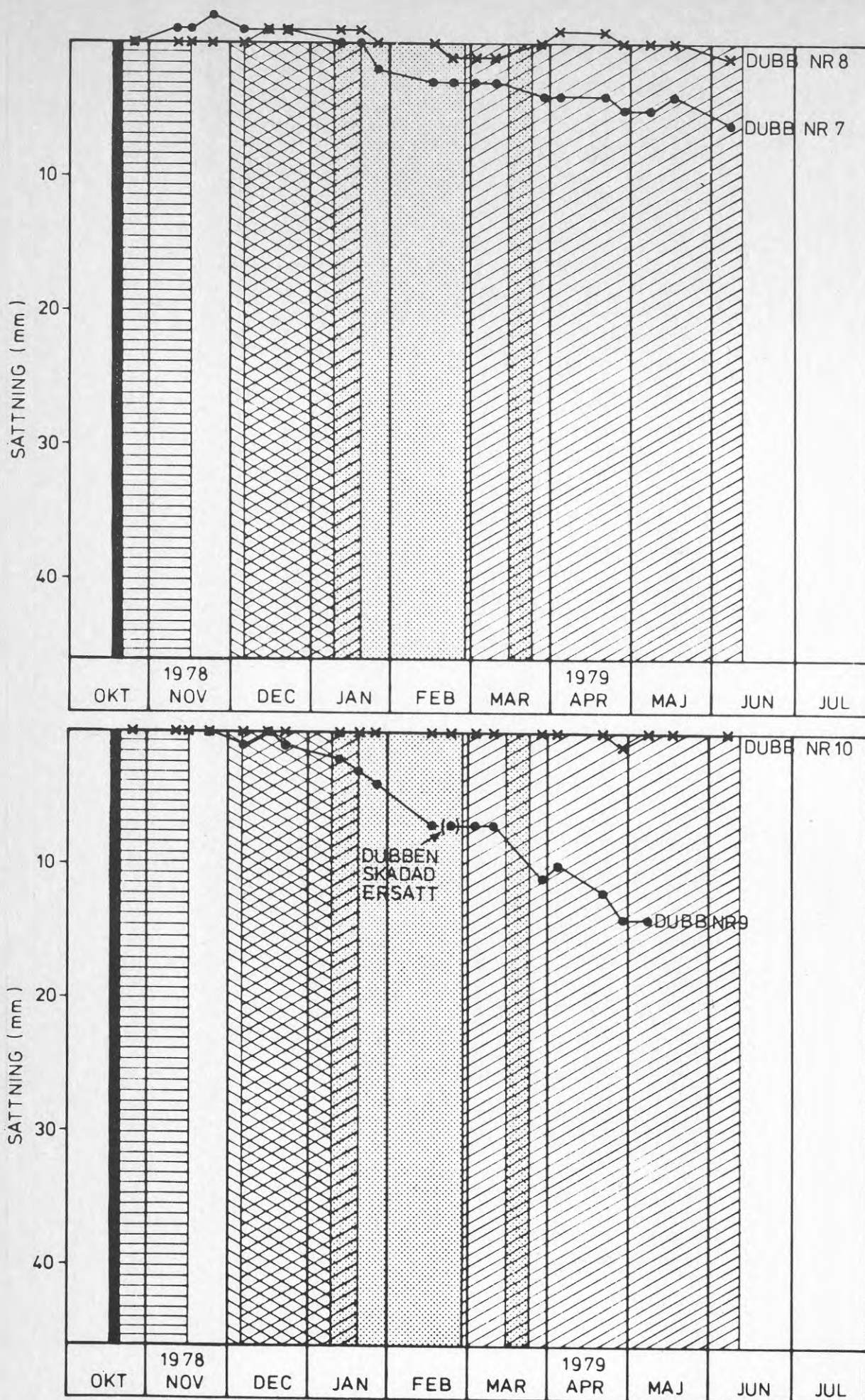


Fig 12. Sättningsmätning dubb 7, 8, 9 och 10.

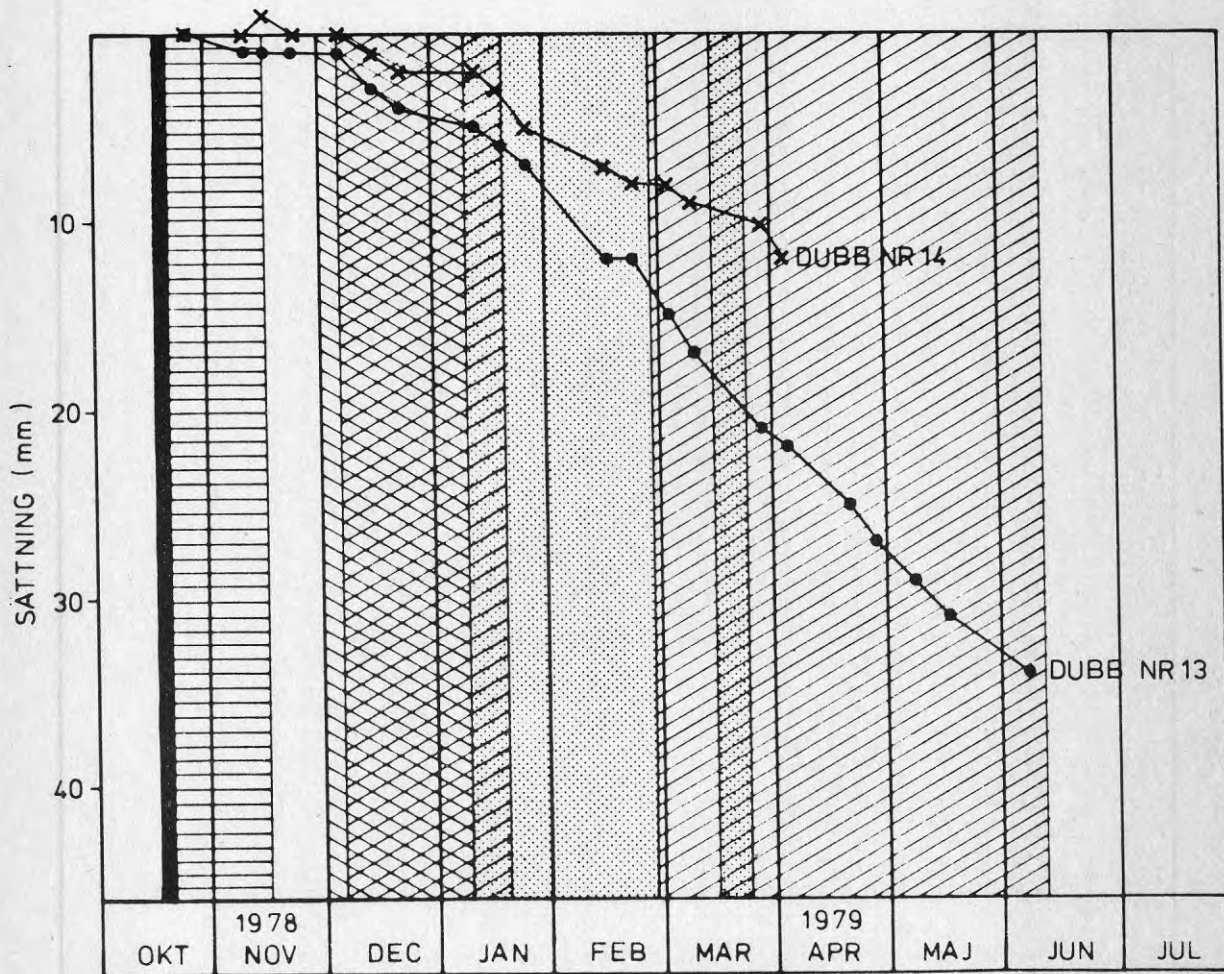
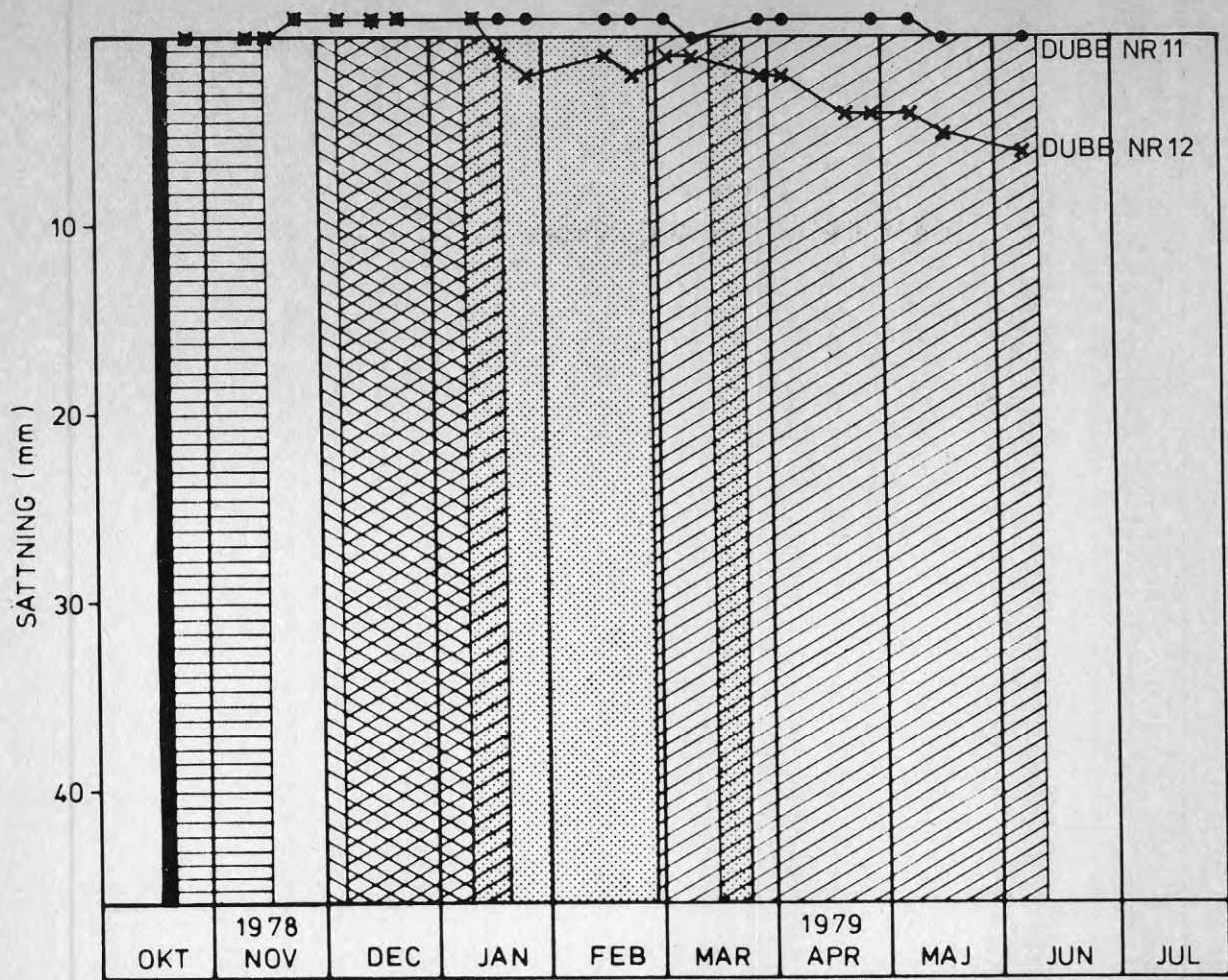


Fig 13. Sättningsmätning dubb 11, 12, 13 och 14.

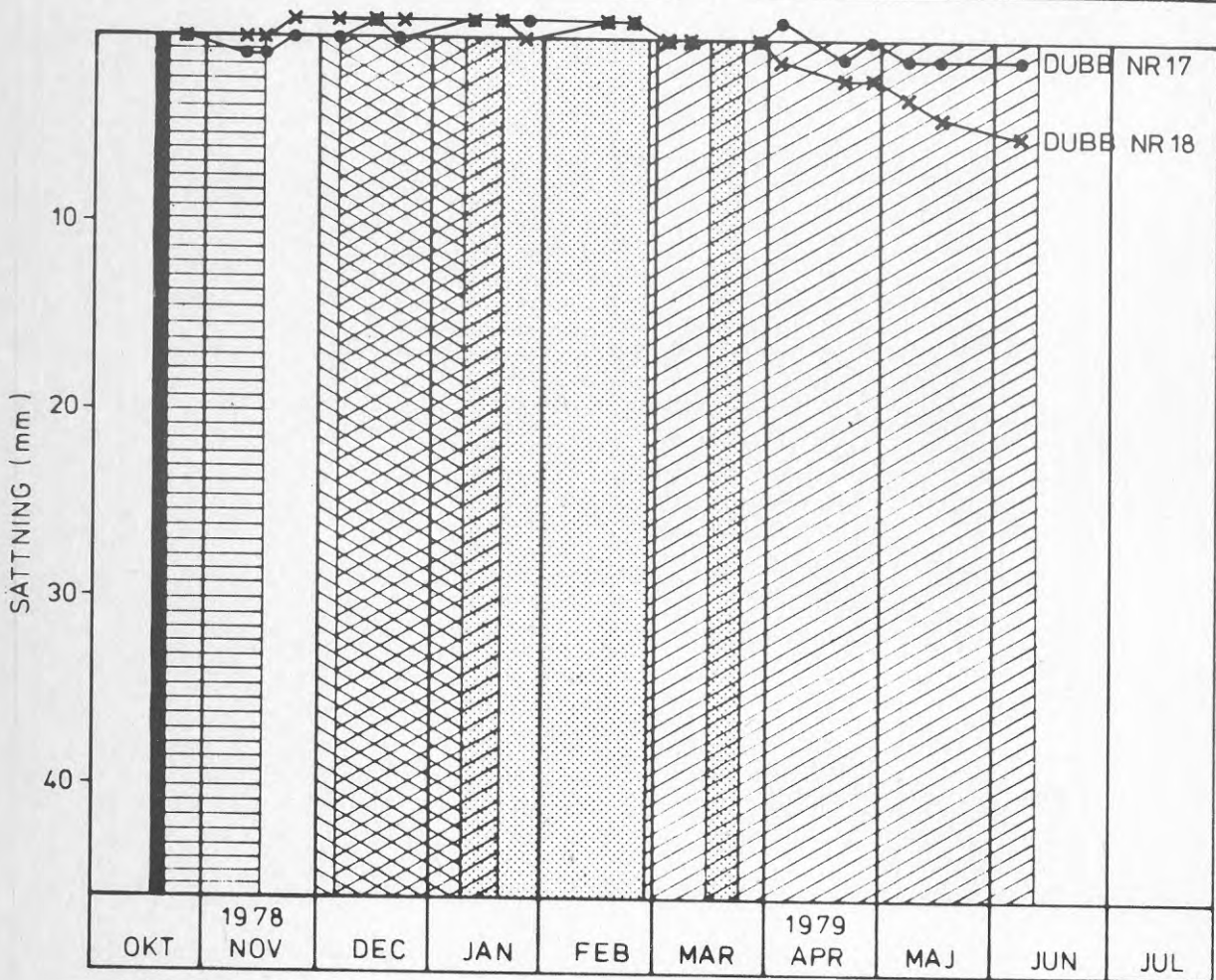
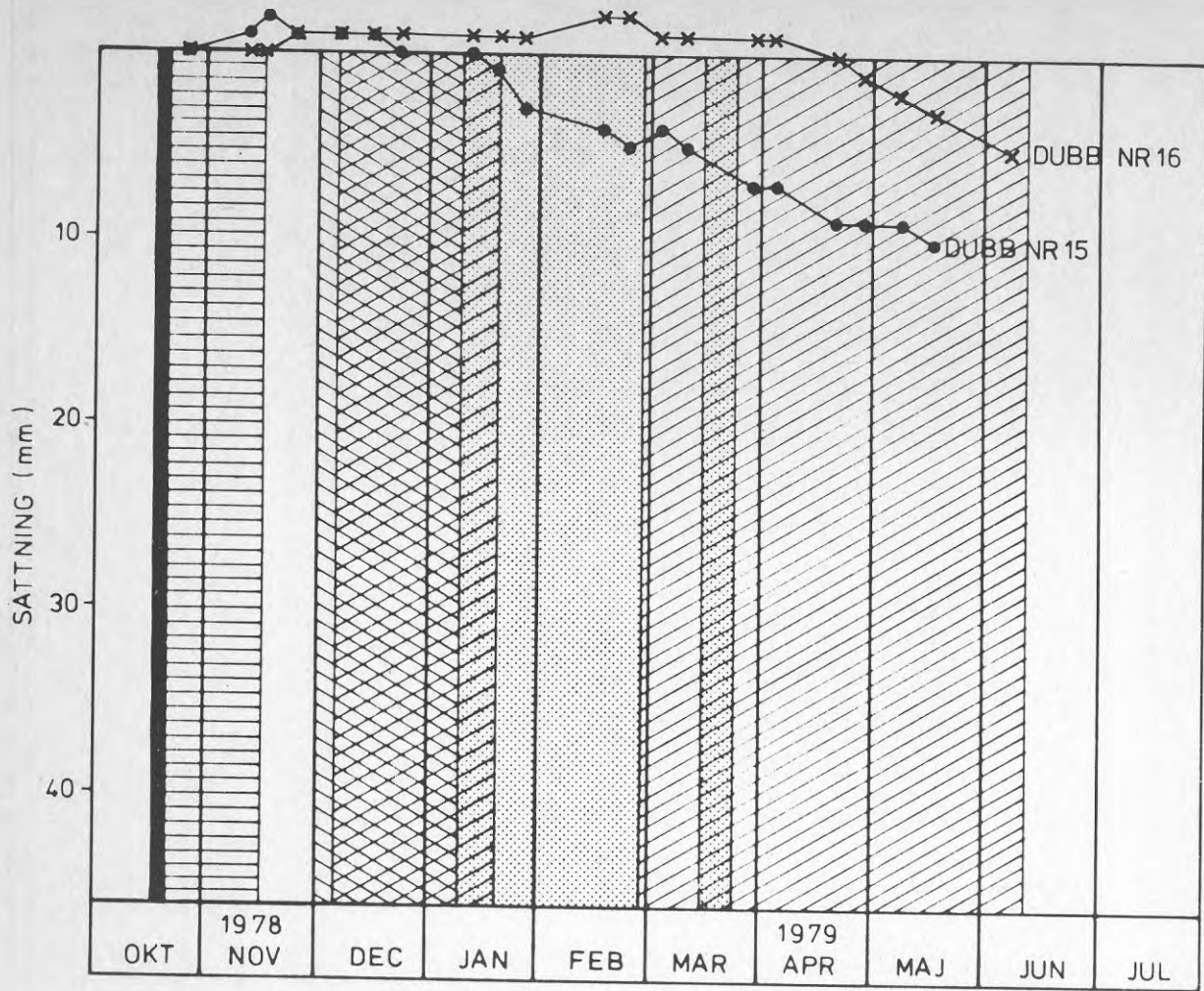


Fig 14. Sättningsmätning dubb 15, 16, 17 och 18.

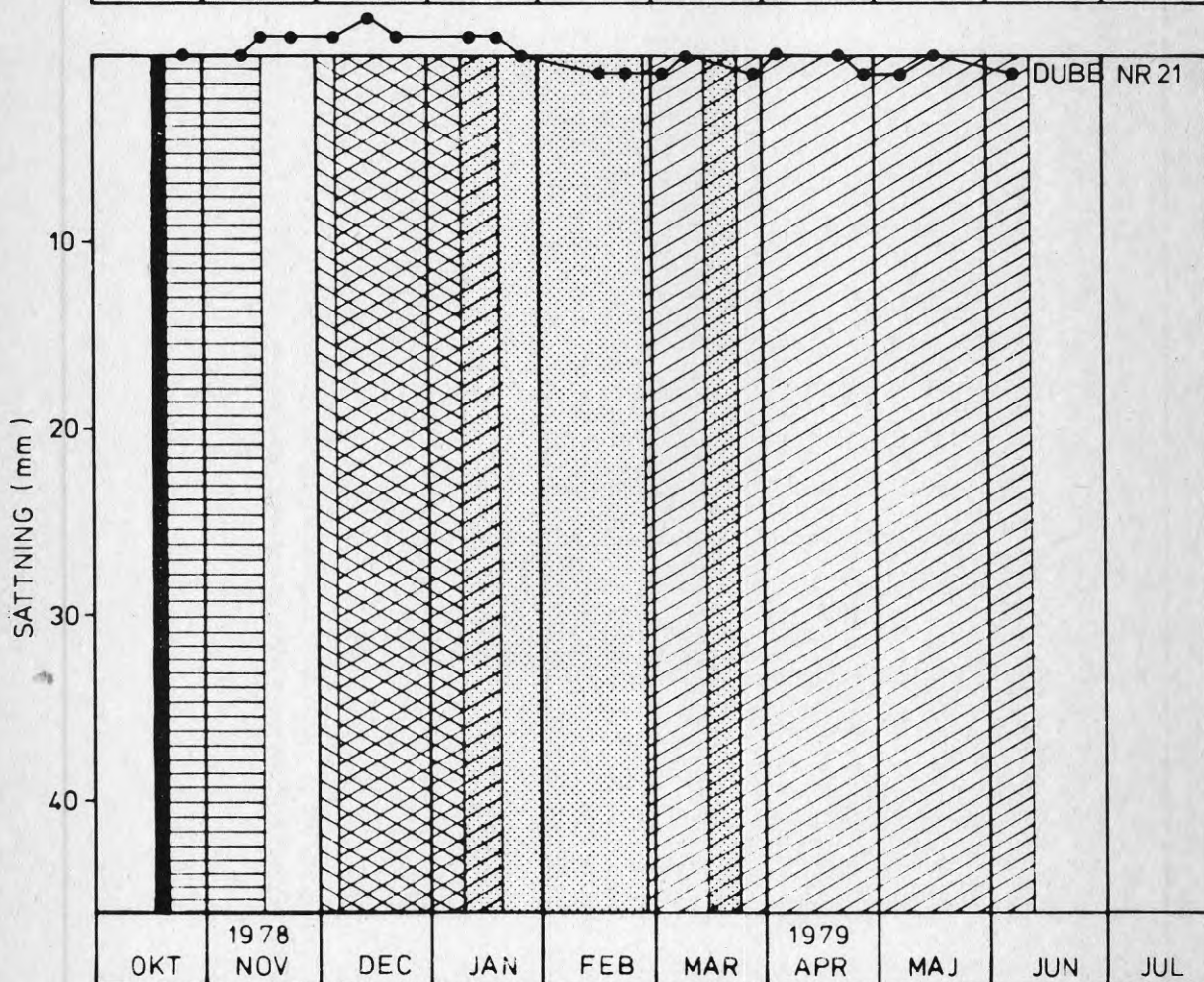
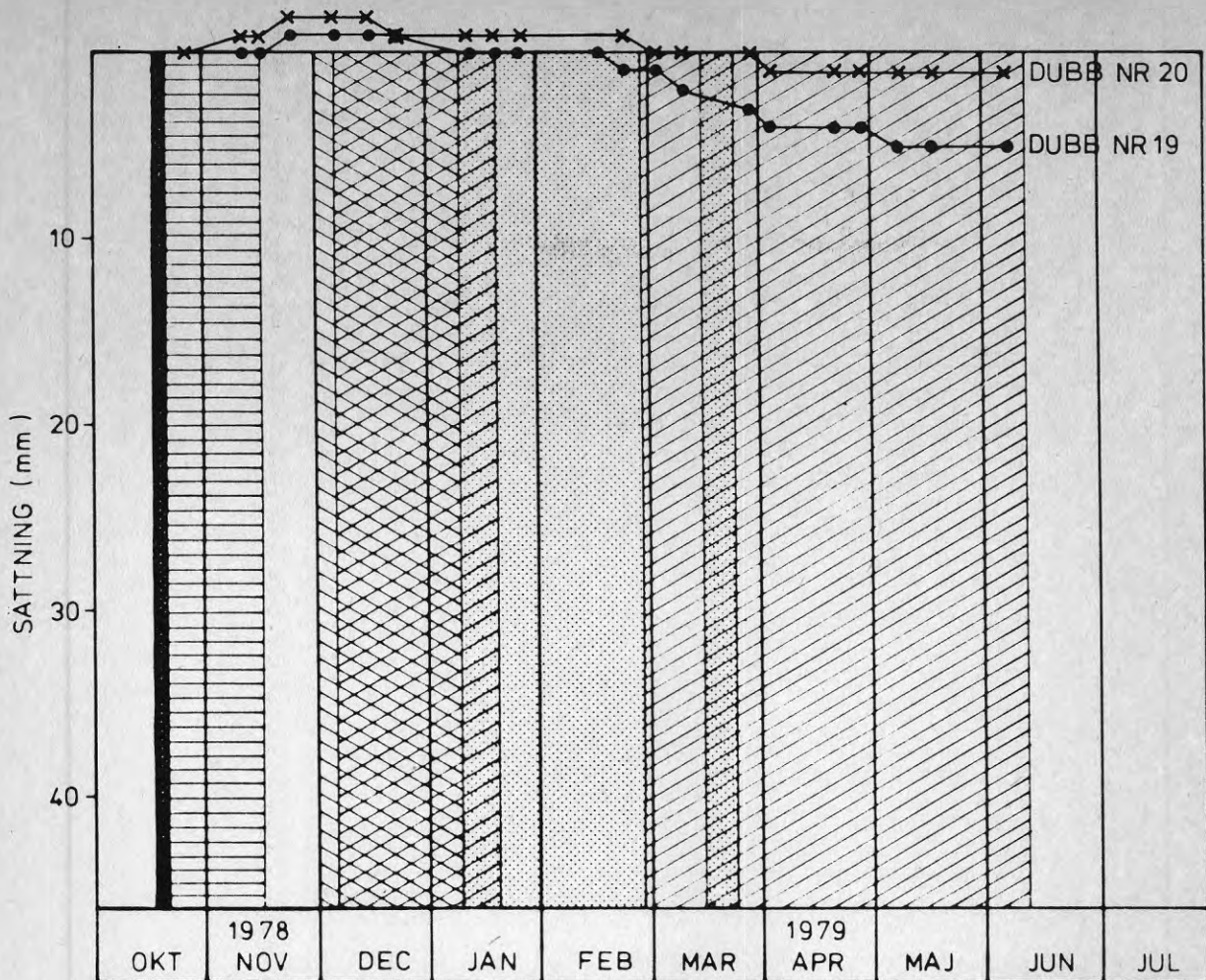


Fig 15. Sättningsmätning dubb 19, 20 och 21.

Punkt	Sättning mm	Punkt	Sättning mm
1	5	12	6
2	7	13	34
3	3	14	12
4	6	15	10
5	17	16	5
6	37	17	1
7	1	18	5
8	6	19	5
9	14	20	1
10	0	21	1
11	0		

Av de angränsande fastigheterna är Marsyas 11 (dubb nr 7, 8 och 9) samt Python 5 och delar av Python 9 (dubb nr 2, 3, 4 och 21) tidigare grundförstärkta med nedpressade betongelementpålar av betong eller (punkt 4) med kapning och påggjutning av träpålar. Övriga fastigheter, Pegasus 3 och 4 (punkt 10 och 11) samt Marsyas 1, 2 och 3 (punkt 16-20) är grundlagda direkt eller via trärustbädd på friktionsjord eller fyllning. Se fig 9.

Ur sättningsmätningarna kan noteras följande.

Den egna fastigheten satte sig 10-40 mm i den grundförstärkta delen. Sänkning av golvnivån (schaktning för den nya bottenplattan) orsakade inga sättningar i byggnaden. Förborring genom fyllningen orsakade ingen sättning under den enda vecka då den var den enda sättningsfarliga aktiviteten. Sättningarna påbörjas först i och med att pålningen påbörjas. I rum 029 (dubb nr 9, 14 och 15) uppkom emellertid endast mindre sättningar under påslagning med hydraulhejare, först när håltagning i grundmurarna inleddes accelererades sättningsförloppet. Även dubbarna 5, 6 och 13 uppvisar samma mönster, sättningshastigheten ökade klart när arbetet med håltagningen inleddes. Även vid dubb 12, där ingen grundförstärkning utfördes, inträffade sättningar i och med att håltagningen i grundmurarna inleddes.

I grannfastigheterna inträffade inte någon sättning i någon mätpunkt förrän arbetet med håltagning i grundmurarna inleddes. Då inträffade för den närmaste delen av Marsyas 11, som har direktkontakt med den grundförstärkta delen, sättningar på 3-5 mm (dubb 7 och 9). Vid övriga dubbar inträffade praktiskt taget ingen sättning under detta arbetsmoment. Däremot inträffade sättningar på 0-7 mm i grannfastigheterna under den period påtryckning och gjutning av ny bottenplatta pågick. Orsakerna till dessa sättningar står huvudsakligen att finna i två faktorer nämligen komprimering av det lösa åsmaterialet p g a påinstallationen samt den "naturliga" sättning som pågår inom Gamla Stans utfyllnadsområden. De största sättningarna under denna period inträffade nämligen i punkt 2, 3, 18 och 19, som ligger i närheten av 1300-talets strandlinje enl Hans Hansson, där sättningarna erfarenhetsmässigt är störst.

Sammanfattningsvis kan sägas att de sättningar som orsakades av grundförstärkningsarbetet huvudsakligen drabbade den egna fastigheten. Angränsande fastigheter påverkades endast i liten omfattning. Den främsta orsaken till inträffade sättningar står att finna i de håltagningar som utfördes i grundmurarna för den nya lastöverföringen. Tryckningen av pålarna orsakade en packning av åsmaterialet med påföljande sättning hos byggnaderna. Denna var dock mindre än sättningen p g a håltagningar. Att sättningarna i den grundförstärkta delen (dubb nr 5, 6, 9, 13, 14, 15) fortsatte med praktiskt taget oförminskad hastighet efter håltagningarnas avslutande kan förklaras dels med att det tog en viss tid innan plattan gjutits färdig och dels att byggnadens anpassning till den nya lastöverföringen kräver vissa rörelser som tog viss tid. En ytterligare sättningsskapande faktor är den tyngd (betongplattan) som vilade på fyllningen innan ingjutning och inspänning av pålarna slutförts.

3.5.2 Pålning

En uppföljning av pålningen visar att alla pålar utom två (2 och 13) kunde drivas till stopp på berg eller högst 2-3 meter över bergnivån. Till detta skall läggas påle 43 som inte kunde drivas djupare än 3,5 m och fick flyttas. Pålstoppnivåerna för pålraden närmast Kråkgränd framgår av figur 16. Vid stopptryckning erhöles 0-sjunkning för sista taljan för samtliga pålar utom två. Detta, plus fjädringens storlek vid stopptryckning, tyder på att pålarna huvudsakligen är spetsbärande.

Den maximala tryckkraft som användes vid påltryckningen var 900 kN. Denna tryckkraft behövde i medeltal utnyttjas för drivningen av de sista 2,8 m av varje påle. Maxkraften användes huvudsakligen som pulserande last. Resultatet tyder ändå på att tryckningen gick tämligen problemfritt. Den tid som åtgick till att avhjälpa svårigheter i form av stopp eller snedstyrning mot stenar och block eller andra pålningsproblem utgjorde ca 15% av den totala påltryckningstiden.

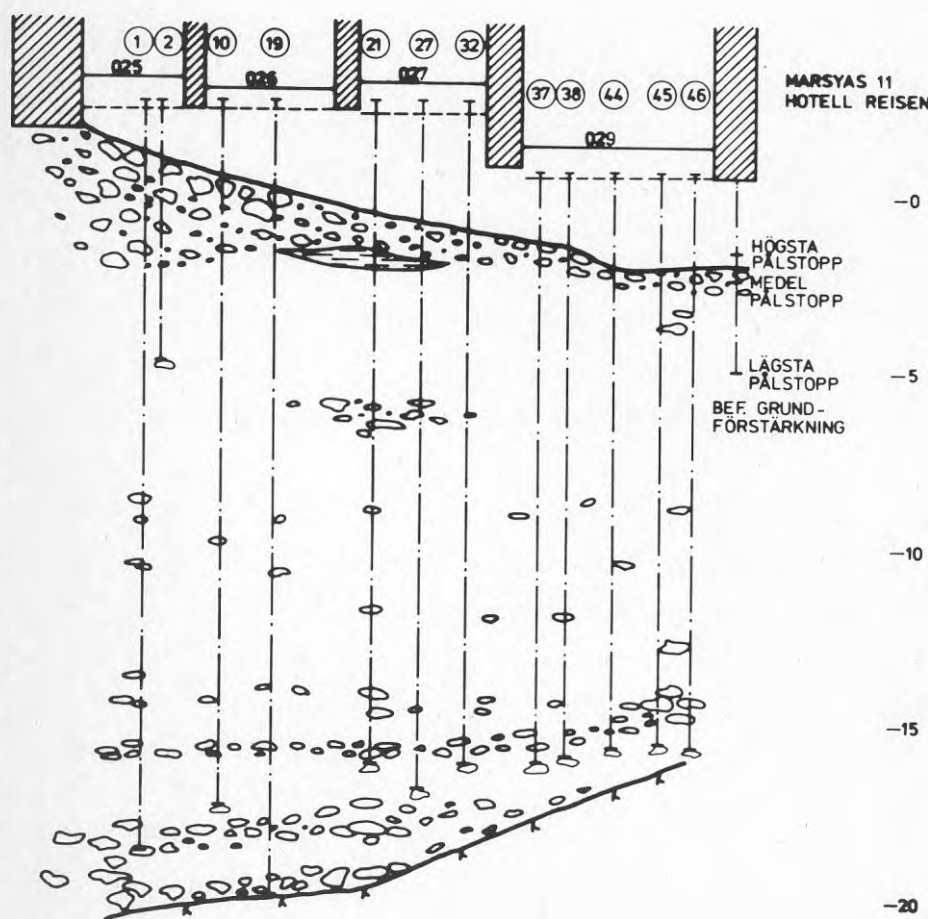


Fig 16. Pålstoppnivåer. Sektion längs Kråkgränd.

3.5.3 Tidsåtgång

Tidsåtgången för de olika arbetsmomenten räknat i dagsverken framgår av nedanstående tabell.

Arbetsmoment	Dagsverken
Injektering och betongsprutning av grundmurar, väggar och valv	76
Schaktning för ny bottenplatta	55
Förborrning genom fyllning	25
Håltagning i grundmurar för lastöverföring till ny betongplatta	59
Formsättning, armering och gjutning av ny betongplatta	160
Pålning	45
slagpål 152 lm	166
tryckpål 742 lm	

Totalt utfördes 639 dagsverken fördelade på 165 arbetsdagar. I tiderna ovan är "handräckningstider" typ för flyttning av pålningsutrustning, ställningsbygge för betongsprutning m m inberäknade i resp arbetsmoment. Resterande 53 dagsverken inkluderar etablering och avetablering, röjning, div rivning, snöskottning m m.

4 KOSTNADER

4.1 Upphandling

Entreprenaden upphandlades till fast pris. De ändringar som utfördes under entreprenaden, dvs ändringen av lastöverföringssystem, upphandlades separat till fast pris. Tilläggsarbeten i form av betongsprutning och injektering av väggar och valv, dragstagsförankringar och andra mindre tilläggsarbeten ersattes efter nedlagda kostnader.

4.2 Kostnadernas fördelning

Den totala entreprenadkostnaden uppgick till 1350 tkr + moms = 1465 tkr. Den genomsnittliga entreprenadkostnaden per m² byggnadsyta (150 m² = den grundförstärkta delen) blir således 9767 kr/m² inkl moms.

Kostnadernas fördelning på respektive ovan beskrivna arbetsmoment framgår av nedanstående tabell. För arbetsmomentet betongsprutning och injektering har inte någon relevant mängd kunnat dokumenteras varför någon sådan ej medtagits. Genomsnittskostnaden för enbart pålningsarbetet (momenten förborrning, pålning och korrosionsskydd) räknat per meter påle och uppburen last blir 0,45 kr/lm·Mp. I pålningskostnaden har då medräknats en fast andel på 183 tkr som motsvarar pålningskostnads andel av platsledning och övriga omkostnader. Alternativt kan pålningskostnaden beräknas till 846 kr/lm påle.

Den relativt sett höga kostnaden per meter påle och uppburen last kan delvis förklaras av att pålarna inte utnyttjas till full kapacitet. Pålarna är dimensionerade för 600 kN men utnyttjas endast till 390 kN med hänsyn till korrosionsrisken. Trots detta epoxibehandlades alltså påldelarna genom fyllningen. Delvis förklaras den också av yttre faktorer som krävde skonsam pålinstallation. Vid framtida normala grundförstärkingar torde alltså kostnaderna kunna reduceras.

Arbetsmoment	Mängd	Kostnad, tkr			Tot	Per vol
		Arbete	Maskiner	Mtrl		
Injektering och betongsprutning av grundmurar, väggar och valv	-	55	18,5	10,5	84	-
Schaktning för ny bottenplatta	67 m ³	40	-	7	47	701 kr/m ³
Förborrning genom fyllning (2-3 m)	50 pålar	18	13	2	33	660 kr/påle
Håltagning i grundmurar för lastöverföring till ny betongplatta	21 m ³ 1870 uppburna Mp	42,5	5,5	5	53	2524 kr/m ³ 23 kr/Mp
Formsättning, armering, gjutning av ny betongplatta	78 m ³	115	1	56	172	2205 kr/m ³
Pålning	894 lm	152	32	340	524	586 kr/lm
Korrosionsskydd (epoxibehandling)	150 lm	-	-	16,5	16,5	110 kr/lm
Röjning, rivning + diverse	-	25	-	-	25	-
Kontrollåtgärder (vibrations- och sättningsmätn.)	-	-	-	-	68	-
Etablering, el, vatten, småmaskiner o dyl	-	-	-	-	127	-
Platsadministration och teknisk ledning	-	-	-	-	200	-
Projekteringskostnader						
Konstruktionshandl					55	
Geoteknik					25	

Totalt

Entreprenadkostnader 1350 tkr + moms = 1465 tkr

Projekteringskostnader 80 tkr + moms = 83 tkr

Uppföljningen av arbetet visar att neddrivning av stål-pålar med domkrafter gick bra i det förvisso löst lagrade åsmaterialet vid kv Marsyas i Gamla Stan. Stålpålarnas ringa tvärsnittsyta gjorde att de nackdelar i form av stor mantelfriktion som betongelementpålar har i åsmaterial inte uppträdde. Hydraulisk nedpressning av pålar ger stora miljömässiga fördelar jämfört med slagning med tryckklufthejare eller vibrohejare. Dels är bullerstörningar praktiskt taget obefintliga, vilket kan vara en fördel om det förekommer annan verksamhet i byggnaden under grundförstärkningsarbetet, och dels är vibrationsnivån mycket låg vilket innebär att påverkan på grannfastigheter blir minimal. Packning av det lösa åsmaterialet kunde dock inte helt undvikas ens med denna metod utan sättningar i storleksordningen 5 mm bedöms ha uppkommit p g a pålningsarbetet. Den största nackdelen med hydraulisk påltryckning tycks vara att metoden ställer stora krav på pålarnas raket. Pålar som kröks p g a sten eller block i åsmaterialet eller p g a vinkelfel i skarvar blir svåra att trycka till pålfast botten utan att pålen knäcks i överänden (genom fyllningen). Rakhetskravet kan ju dock även uppfattas som positivt för slutresultatet!

Lastöverföringsprincipen med en tjock armerad betongplatta under hela byggnaden erbjuder stora fördelar vid pålningsarbetet. Pålningen kan utföras från en jämn och lättframkomlig yta. Däremot innebär tillverkningsmetoden, med uppbyggnad av förtagningssslitsar i bärande konstruktioner, skaderisker för den egna byggnaden. Huvuddelen av de sättningar som inträffade orsakades av håltagningar i och under grundmurarna. Det bör dock noteras att andra lastöverföringskonstruktioner som använts i Gamla Stan, balksystem av olika slag, är behäftade med samma nackdel. Med en hel bärande betongplatta undviks att koncentrerade punktlaster förs in i byggnadsstommen vid balkupplag vilket är en fördel.

I pållägena utfördes förborrning genom fyllningsjorden. Denna gjordes med augerborr försedd med specialgjorda fingerbits^{x)}. Borrtekniken fungerade tillfredsställande där jorden inte innehöll större stenar. Trärester kunde dock genomborras tämligen lätt.

Generellt kan följande slutsatser dras ur den studerade grundförstärkningsentreprenaden. Där pålningsmetoder skall användas vid grundförstärkningsarbeten i Gamla Stan måste dessa vara skonsamma för att inte den i många fall bräckliga bebyggelsen ytterligare skall skadas. Detta innebär att maskiner skall kunna arbeta vibrationsfritt och på små utrymmen utan att håltagningar och rivningar måste utföras för att få plats. Hydraulisk nedpressning av stålplåtar är en sådan metod. Samma krav gäller för lastöverföringar och schaktningsarbeten. I Gamla Stan är det angeläget att så små ingrepp som möjligt utförs i stomkonstruktioner. Lastöverföringar och schaktningsmetoder som kräver stora håltagningar är därför mindre lämpliga ur skadesynpunkt. En ny bärande hel betongplatta medför bilnings- och schaktningsarbeten i och under grundmurar vilket förorsakar skador. Metoden har dock en fördel gentemot ett nytt konsolbalksystem i det att lastfördelningen blir jämnare.

x) Fingerbits; se bild 13 sid 82

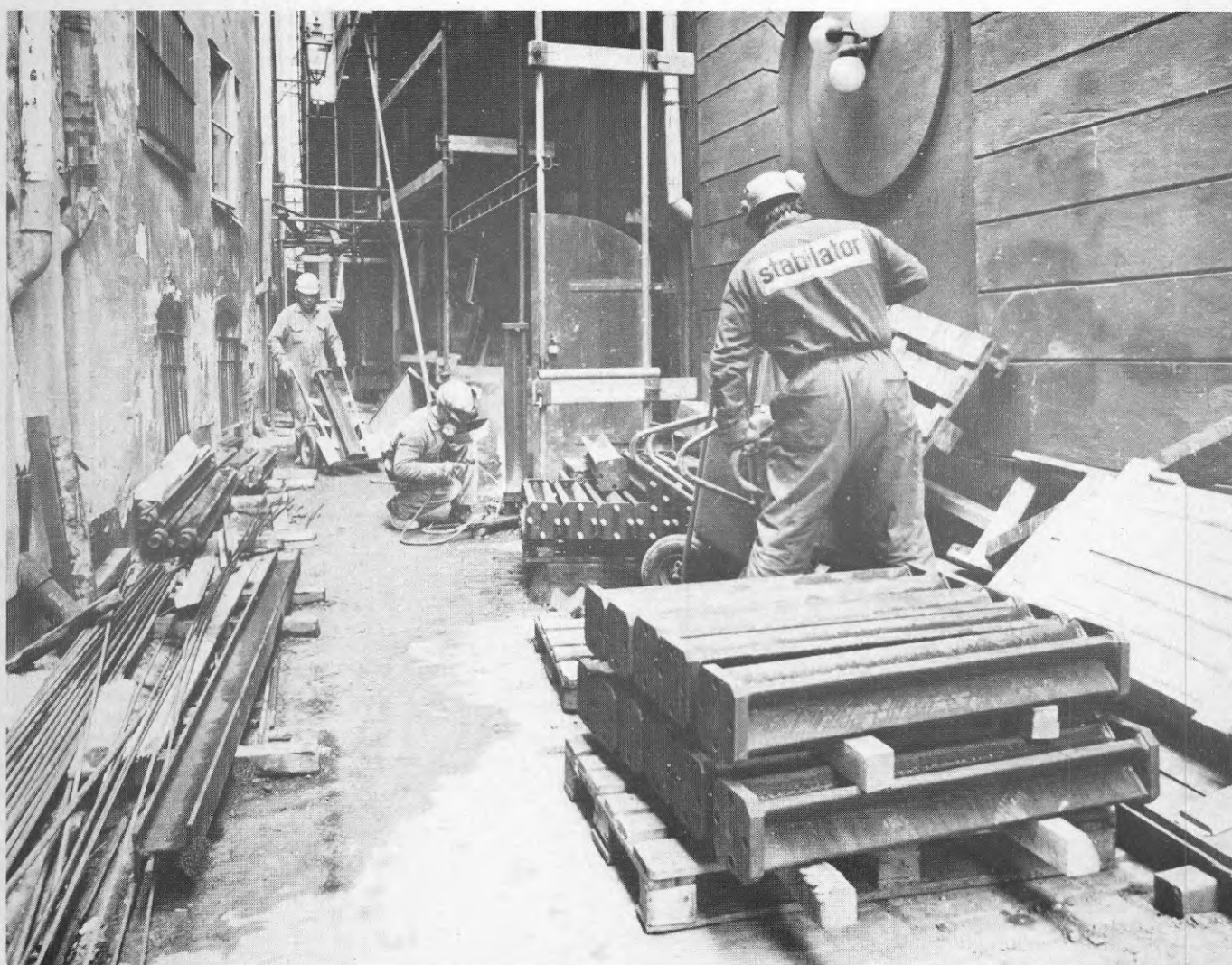


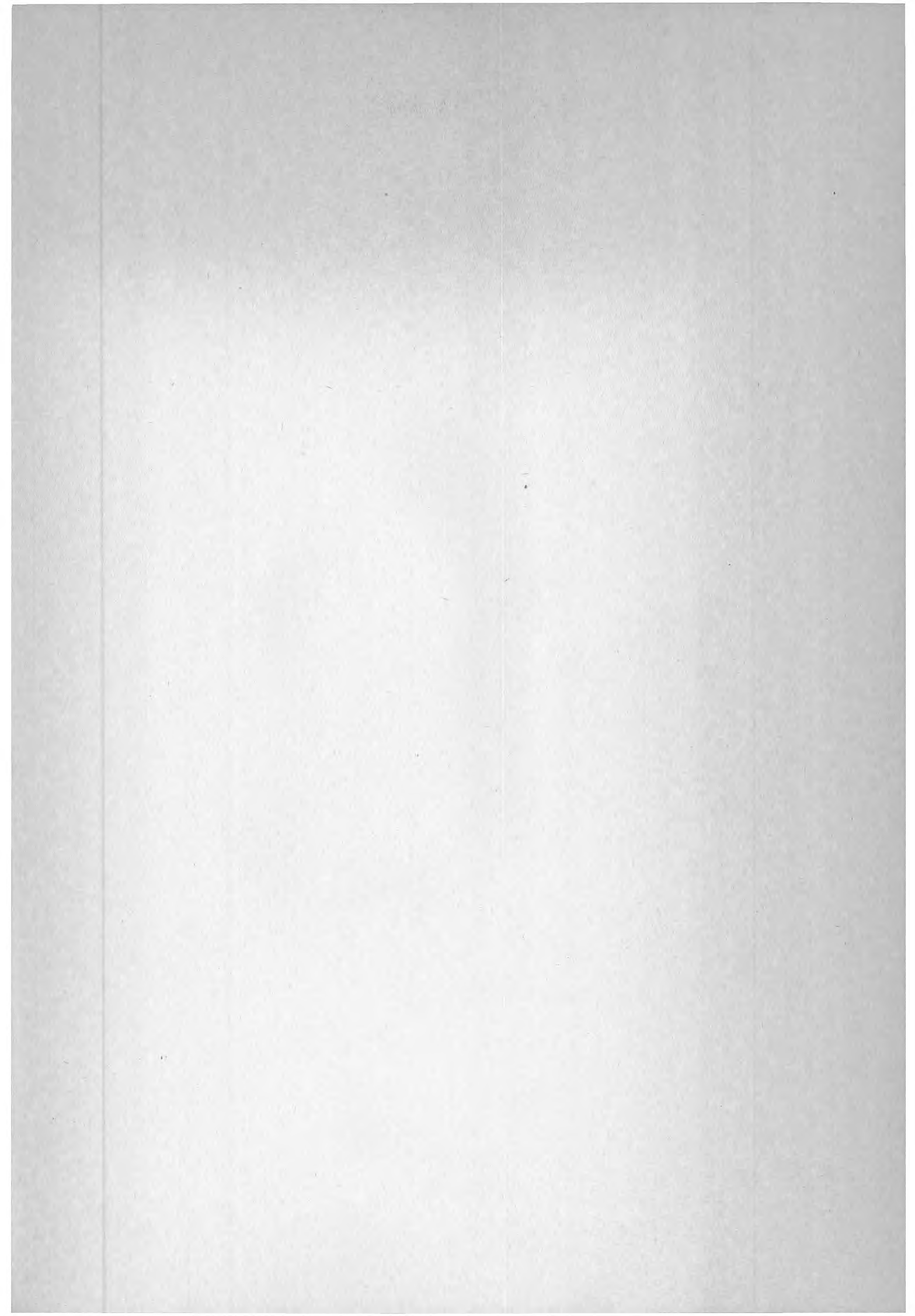
Bild 23: Utrymmet i Kråkgränd nyttjades bl a som upplag.
Foto Gösta Nordin.

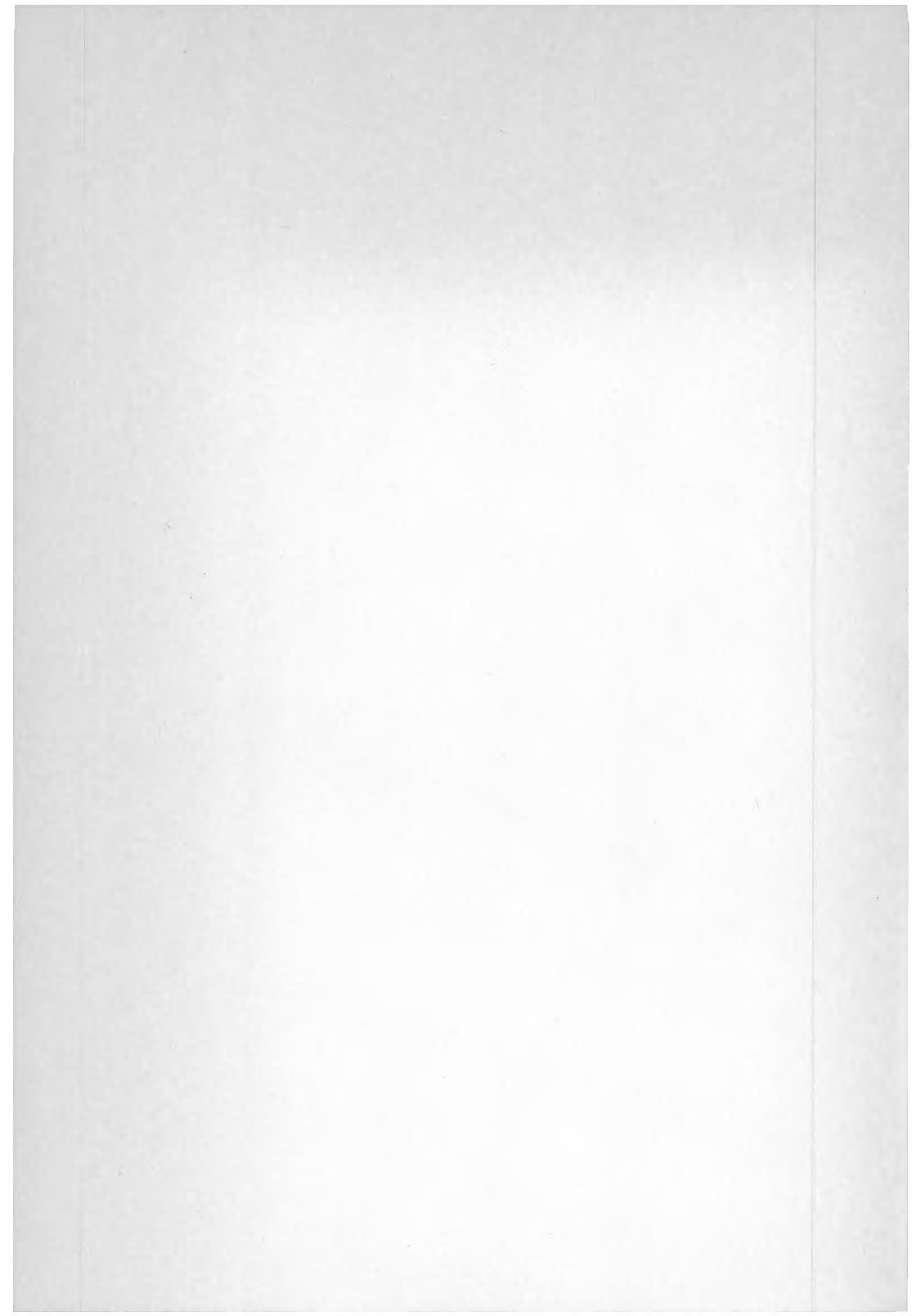


Bild 24: Nedpressning av SW-pålar. Foto Gösta Nordin.



Bild 25: Gjutning av betongplatta. Foto Gösta Nordin.





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
740056-7 från Statens råd för byggnadsforskning
till Stockholms Fastighetskontor, Stockholm.**

R113: 1980

ISBN 91-540-3334-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700213

**Abonnementsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirka pris: 35 kr exkl moms