



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.



Rapport

R96:1979

**Grundförstärkning med
skarvade stålplålar i
Gamla stan, Stockholm**

**Studier och jämförande
analyser av tre byggnader
förstärkta med olika plåtyper**

**Olle Hagblom
Ulf Stjerngren**

TEKNISKA HÖRSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FÖR VÄG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

Byggforskningen

R96:1979

GRUNDFÖRSTÄRKNING MED SKARVADE STÄLPALAR
I GAMLA STAN, STOCKHOLM

Studier och jämförande analyser av tre
byggnader förstärkta med olika påltyper

Olle Hagblom
Ulf Stjerngren

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 780606-7
från Statens råd för byggnadsforskning till AB Jacobson
& Widmark. Därutöver har även anslag erhållits från
Stockholms fastighetskontor (grundläggningssektionen)
utgörande del av BFR-projekt 740056-7.

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

R96:1979

ISBN 91-540-3086-2
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1979 955807

INNEHÅLL

FÖRORD	7
SAMMANFATTNING	9
1 INLEDNING.....	13
1.1 Bakgrund.....	13
1.2 Nackdelar med tidigare förstärkningsmetoder...	13
1.3 Projektmål.....	14
2 KV. POLLUX 1, 2.....	19
2.1 Beskrivning av förstärkningsobjektet.....	19
2.1.1 Byggnadsskador.....	20
2.1.2 Jordartsförhållanden.....	20
2.1.3 Bakgrund till val av förstärkningsmetod.....	23
2.2 Principiell beskrivning av grundförstärkningsmetoden.....	26
2.3 Praktisk beskrivning av arbetsutförande.....	29
2.3.1 Ingående arbetsmoment.....	29
2.3.2 Schaktning.....	29
2.3.3 Injektering och betongsprutning.....	30
2.3.4 Håltagning i grundmurar för konsoler.....	30
2.3.5 Förborrning genom fyllning med auger.....	30
2.3.6 Påslagning.....	30
2.3.7 Armering och gjutning.....	31
2.3.8 Kontaktinjektering.....	31
2.4 Provbekastning - tillåten pållast.....	34
2.4.1 Belastningsmetodik.....	34
2.4.2 Resultat av provbelastningen.....	35
2.4.3 Tillåten pållast.....	35
2.4.4 Utvärdering av bärigheten ur pressometermätningar.....	36
2.5 Kontrollåtgärder.....	38
2.5.1 Sättningsmätningar.....	38
2.5.2 Vibrationsmätningar.....	40
2.5.3 För- och efterbesiktningar (sprickkartering)..	41
2.5.4 Blindpåle i fyllning för korrosionskontroll...	42
2.6 Kostnader.....	42
2.6.1 Upphandlingsform.....	42
2.6.2 Kostnadernas fördelning.....	43
3 KV. NARCISSUS NR 4.....	47
3.1 Beskrivning av förstärkningsobjektet.....	47
3.1.1 Byggnadsskador.....	48
3.1.2 Jordartsförhållanden.....	48
3.1.3 Bakgrund till val av förstärkningsmetod.....	51
3.2 Principiell beskrivning av grundförstärkningsmetoden.....	52
3.3 Praktisk beskrivning av arbetsutförande.....	55
3.3.1 Förberedelsearbeten.....	55
3.3.2 Schaktning.....	55
3.3.3 Förstärkning av grundmurar.....	56
3.3.4 Påslagning.....	56
3.3.5 Armering och gjutning.....	60

3.4	Provbekastning.....	60
3.4.1	Bekastningsmetodik.....	60
3.4.2	Resultat av provbekastningen.....	61
3.5	Kontrolllåtgarber.....	62
3.5.1	Såttningmåtningar.....	62
3.5.2	För- och efterbesiktningar.....	64
3.6	Kostnader.....	64
3.6.1	Upphandlingsform.....	64
3.6.2	Kostnadernas förberling.....	64
4	KV. ATOMENA.....	69
4.1	Beskrivning av förstärkningsobjektet.....	69
4.1.1	Byggnadsskador.....	70
4.1.2	Jordartsförhållanden.....	70
4.1.3	Bakgrund till vald förstärkningsmetod.....	72
4.2	Principiell beskrivning av förstärkningsmetoden	72
4.3	Praktisk beskrivning av arbetsutförande.....	73
4.3.1	Ingående arbetsmoment.....	73
4.3.2	Montering av dragstag, fackverk och förankringar	78
4.3.3	Förstärkning av väggar före håltagning.....	78
4.3.4	Pålning.....	78
4.3.5	Schaktning.....	79
4.3.6	Bilning av hål för balkar.....	79
4.3.7	Armering och gjutning.....	79
4.3.8	Efterarbeten.....	79
4.4	Provbekastning.....	80
4.5	Kontrolllåtgarber och störningsmoment.....	80
4.5.1	Såttningmåtningar.....	80
4.5.2	Störningsmoment p g a hög ljudnivå.....	80
4.6	Kostnader.....	80
4.6.1	Upphandlingsform.....	80
4.6.2	Kostnadernas förberling.....	80
5	SAMMANFATTNING OCH JÄMFÖRANDE ANALYSER.....	85
5.1	Allmänna synpunkter.....	85
5.2	Tekniska jämförelser.....	86
5.2.1	Förberedelser, schaktning.....	86
5.2.2	Förstärkning före håltagning.....	86
5.2.3	Pålar.....	87
5.2.4	Lastöverförande konstruktioner.....	89
5.3	Miljömässiga jämförelser.....	89
5.3.1	Begränsning i nyttjande av egen fastighet.....	89
5.3.2	Pålningmetodernas inverkan på egen fastighet..	90
5.3.3	Inverkan på grannfastigheter.....	91
5.3.4	Arbetsmiljö.....	91
5.4	Kostnadsjämförelser.....	92
5.4.1	Allmänna synpunkter.....	92
5.4.2	Jämförelser av genomsnittskostnader.....	93
6	SYNPUNKTER PÅ FÖRBÄTTRINGAR OCH UTVECKLING.....	95
6.1	Skarvanordningar.....	95
6.2	Neddrivningsutrustning.....	95
6.3	Stoppslagning.....	97
6.4	Lastöverförande konstruktioner.....	97

6.5	Synpunkter på uppföljning av kommande förstärkningsprojekt	97
6.5.1	Olika arbetsmoments relativa inverkan på sättningarna	97
6.5.2	Provbelastningar. Kontroll av horisontalrörelser	98
	LITTERATUR	99
	BILAGOR	101

FÖRORD

Husen i Gamla stan representerar ett unikt byggnads- och kulturminnesmärke vars bevarande är ett riksintresse. Byggnaderna vilar dock i stor utsträckning på osäker grund - speciellt inom strandzonerna - vilket medfört omfattande sättningskador. Under senare år har därför vissa hus grundförstärkts, huvudsakligen genom den s.k. tryckpålningssmetoden som innebär att huslasterna förs ned till grusåsen genom skarvade betongpålar nedpressade med huset som motvikt.

Beroende bl.a. av de speciella förhållanden som normalt råder i Gamla stan, trånga och ur arbetssynpunkt besvärliga källarutrymmen och heterogena svårforcerade fyllnadsmassor, har dock tryckpålningssmetoden vissa nackdelar varför det är angeläget att utveckla alternativa ändamålsenliga metoder för grundförstärkning.

Mot ovanstående bakgrund och med anslag från BFR påbörjades under våren 1978 en uppföljning av en ej konventionell grundförstärkning med skarvade stålspålar av fastigheten kv. Pollux 1, 2 vid Skeppsbron. Senare har även - på initiativ av och med anslag från Stockholms fastighetskontor (del av BFR-projekt 740056-7) - ytterligare två förstärkningsprojekt, kv. Narcissus nr 4 och kv. Atomena, med alternativa pålningsmetoder studerats parallellt med arbetena i kv. Pollux.

Uppföljningen omfattar både den tekniska och den ekonomiska sidan samt även hur förstärkningarna påverkar grannfastigheterna.

Syftet med föreliggande uppföljning är - förutom att studera metodernas lämplighet - att denna redovisning skall kunna tjäna som vägledning för fastighetsägare, projektörer m.fl. vid val av förstärkningsmetodik och som ett grovt underlag för kalkylering av förstärkningskostnader. Det är även vår förhoppning att detta arbete skall initiera fortsatt utveckling och förbättring av förstärkningsmetoderna.

För uppföljningens praktiska genomförande vill jag tacka medhjälpare av alla kategorier från berörda konsulter och entreprenörer. Håkan Bohms initiativ och engagemang har även haft stor betydelse för att denna rapport har kunnat komma till stånd.

Lidingö i februari 1979

Ulf Stjerngren

SAMMANFATTNING

Tidigare förstärkningsmetodik

Grundförstärkning av sättningsskadade byggnader i Gamla stan har under de senaste årtionena huvudsakligen utförts med den s k tryckpålningsskivningsmetoden. Med hjälp av domkrafter och med husets som mothåll trycks härvid knappt meterlånga skarvade pålelement ned till stopp i grusåsens ytlager. Pålarna sattes tidigare i gropar direkt under grundmurarna med åtföljande arbetstekniska problem. Numera gjuts normalt en tjock, kraftigt armerad betongplatta med förstagningar (konsoler) in i grundmurarna varefter pålarna trycks inne i källarlokalerna genom ursparningar i betongplattan.

Metoden har dock vissa nackdelar. Vid nedpressning av pålarna kan byggnadsskador uppstå genom de stora lyftkrafter som uppkommer under tryckningen. Pålstopp mot hinder i fyllningen (trävirke, stenar, gamla grundrester o dyl) medför risk för framtida sättningsrörelser. Pålarnas grova dimensioner medför dessutom stor jordundantäckning och därmed risk för skador på intilliggande grundkonstruktioner.

Studerade projekt

Med hänsyn till att grundförstärkningsbehov föreligger för åtskilliga fastigheter i Gamla stan och till nämnda olägenheter med tryckpålarna har alternativa pålningsmetoder diskuterats. Ett primärt syfte är härvid att utveckla metoder anpassade till de besvärliga förhållanden som råder i Gamla stan (trånga källarlokalerna, svårforcerad fyllning, sättningsskadade byggnader och känslig miljö). Andra önskemål är god bärförmåga, hög livslängd, liten tvärsektion, låg korrosionsrisk och rimlig ekonomi.

I syfte att studera nämnda premisser har en uppföljning av tre förstärkningsobjekt utförts. I dessa har tre olika, i Gamla stan tidigare ej prövade påltyper använts. De tre studerade projekten är kv Pollux 1, 2 (vid Skeppsbron), kv Narcissus nr 4 (vid Järntorget) och kv Atomena (vid Riddarhustorget). De båda förstnämnda byggnaderna har 4 våningar och källare, den senare 2 våningar utan källare. Byggnaderna är uppförda under 1600-1700 talet och har mer eller mindre omfattande sättningsskador.

Förstärkningsprinciper

Vid samtliga projekt baseras förstärkningsarbetena på en gemensam huvudprincip - lasterna överförs till nya stålpålar via en betongkonstruktion (balkar eller hel betongplatta) - men uppvisar i övrigt stora olikheter såväl vid beträffar pålarnas utseende och bärförmåga som utformningen av lastöverförande konstruktioner. Ur neddrivningssynpunkt har två principiellt sett olika metoder

använts dels med tryckluftshejare slagna pålar i kv Pollux och Kv Narcissus och dels till berg foderrörsborrade pålar i kv Atomena.

Efter nedborrningen av foderrören i Kv Atomena nedsattes stål-
ämnen (\emptyset 95 mm) till berg inuti foderrören varefter mellanrum-
met injekterades med cementbruk. Såväl foderrören som stål-
ämnena skarvades successivt genom svetsning. Den tillåtna lasten
för dessa pålar är hög, 710 kN.

I kv Pollux utfördes pålningen med jämförelsevis tunga X-for-
made stål-pålar (SW-stålpålar, tillverkare Smedjebackens vals-
verk). Pålar, vilka är skyddade mot korrosion genom utvån-
dig epoxibehandling (tjocklek 0,4 mm), drevs i 1 à 2 m långa
element som successivt skarvades genom påsvetsade skarvplåtar
och bultförband. Genom fyllningen sattes pålar i förborrade
(auger, \emptyset 200 mm) bentonitstabiliserade hål. Pålar slogs till
stopp någon eller några m över bergytan med hjälp av en tung
tryckluftshejare. Tillåten pållast är 470 kN.

I kv Narcissus utfördes pålningen med lätta plastöverdragna rör-
pålar (stålplåstpålar \emptyset 76,1 x 4 mm) vilka slogs till stopp i
åsens övre lager med hjälp av en lätt tryckluftshejare. Skarv-
ningen av dessa pålar utfördes med särskilda skarvhylsor efter
värmning av plastskiktet (tjocklek 1,8 mm) vilket har korro-
sionsskyddande funktion. Tillåten last på denna påle är låg,
140 kN.

Utförda provbelastningar på pålar i kv Pollux och kv Narcissus
tyder på att dessa i huvudsak är spetsbärande. Med tilltagande
nedslagningsdjup i åsen ökar dock mantelbärligheten. Någon nämn-
värd skillnad ur deformationssynpunkt för de båda påltyperna
har ej iakttagits (sättning 5 à 8 mm för aktuella brukslasten).

De tre pålningsmetoderna syns uppfylla de krav som rimligtvis
kan ställas ur bärlighetssynpunkt. De till berg borrarade stål-
ämnespålar i kv Atomena ger den säkraste grundläggningen
eftersom denna blir praktiskt taget helt sättningsfri. Skillna-
den i detta hänseende i förhållande till de båda övriga pål-
typerna bedöms dock ha underordnad betydelse.

I kv Pollux gjordes ett försök att utvärdera pålarnas bärlighet
med hjälp av pressometermätningar i åsgruset. Beräkningarna för-
svåras härvid av pålarnas speciella geometri (X-sektion) och
störningseffekter under neddrivningen genom skarvplåtarna. I
princip kan dock konstateras att den ur pressometermätningarna
utvärderade brottlasten var avsevärt lägre än pålarnas bruks-
last. Resultatet talar för att pålar i huvudsak är spets-
bärande.

Pålarnas livslängd hänger i stor utsträckning samman med risken
för korrosionsangrepp, vilken erfarenhetsmässigt är störst för
den del av pålen som står i fyllningen. Utförda mätningar i
fyllningens korrosivitet tyder även på att så är fallet. Samt-

liga pälarna har dock ett gott korrosionsskydd, speciellt de foderrörsborrade kringgjutna stålärmspälarna i kv Atomena. Även de båda andra pältyperna bedöms ha ett tillfredsställande korrosionsskydd genom sin plastöverdragning (Stålplastpälarna) resp epoxibehandling (SW-pälarna). Som skydd mot invändig korrosion har stålplastpälarna dessutom fyllts med cementbruk. I kv Pollux har en kontrollpåle nedsatts i fyllningen under i övrigt samma förutsättningar som för de övriga pälarna. Avsikten är att denna påle efter viss tid skall tas upp för kontroll av eventuell korrosion.

Jämförande tekniska synpunkter

Ur nyttjandesynpunkt finns vissa principiella skillnader mellan de tre pältyperna. Den höga tillåtna lasten på stålärmspälarna i kv Atomena medför en tämligen gles placering av dessa vilket begränsar antalet pälarna. För att kunna utnyttja denna bärförmåga krävs god valfrihet vad beträffar pälarnas placering. Från borrteknisk synpunkt medför detta som regel ej särskilda problem men utrymmenas storlek och tillgänglighet kan begränsa valfriheten. Ur ekonomisk synpunkt förutsätts dock att bergytan ej ligger allt för djupt under mark, högst 20 å 25 m. Vidare måste utrymmena vara tillgängliga för en foderrörsborrmaskin och takhöjden vara minst 2, helst 2,5 m.

Rörpälarna i kv Narcissus har en ur arbetssynpunkt för Gamla stans trånga källarutrymmen stor fördel därigenom att de har låg vikt och är lätta att skarva och driva ned. Neddrivning och skarvning sköts manuellt av två man och kräver en förhållandevis begränsad takhöjd (1,5 å 2 m). För de tyngre SW-pälarna krävs ett avsevärt arbete att flytta och montera den tunga pälhejaren mellan pällägena. Med den använda pälhejaren krävs dessutom en takhöjd av ca 2,5 m. Båda dessa pålningsmetoder, speciellt för de lätta rörpälarna, kräver dock att hinder i fyllningen kan forceras t ex genom förborring.

Ekonomiska jämförelser

Direkta ekonomiska jämförelser mellan de tre provobjekten är svåra att utföra med tanke på de olika yttre förutsättningar som råder. Dessutom har arbetena förstagångskaraktär och därmed sammanhängande inkörningskostnader. Med denna reservation beträffande kostnadernas jämförbarhet kan för de aktuella projekten konstateras att den per m² våningsyta framräknade kostnaden var lägst i kv Narcissus (entreprenadkostnad 1.060 kr/m² våningsyta) och högst i kv Atomena (entreprenadkostnad 2.060 kr/m² våningsyta). I kv Pollux låg motsvarande kostnad ungefär mitt emellan dessa värden (1.450 kr/m² våningsyta). Den per m² våningsyta framräknade kostnaden är dock generellt sett högre för en byggnad med färre antal våningar, vilket förklaras av att vissa kostnader (för schakter, håltagningar i grundmurar, bärande betongkonstruktivner) får en jämförelsevis större an-

del i en låg byggnad jämfört med i en hög byggnad. Genomsnittskostnaden per m² våningsyta för kv Atomena (2 våningar) blir därför ej helt jämförbar med de båda övriga projekten (4 våningar). Dessutom är kostnadsanalysen för kv Atomena delvis baserad på en förhandskalkyl (gäller kostnader utöver pålningsarbetet och projektering).

Även för enbart pålningsarbetena gäller motsvarande rangordning för genomsnittskostnaden mellan de tre objekten. Kostnaden för kv Pollux har dock i detta fall närmat sig kostnaden för kv Atomena. Orsaken härtill var att pålningskostnadens relativa andel var högre för kv Pollux än för de båda övriga projekten.

Inverkan på egna och angränsande fastigheter

I samband med förstärkningsarbetena erhöles sättningar i de egna fastigheterna. I kv Atomena och kv Narcissus uppgick dessa till maximalt 20 å 30 mm och i kv Pollux till 30 å 40 mm. I kv Pollux - den enda fastigheten i vilken ordinarie verksamhet pågick under grundförstärkningen - observerades dessutom ökad sprickbildning under arbetets gång.

Beträffande inverkan på grannfastigheter kunde för kv Pollux konstateras att fastigheterna vägg i vägg med den grundförstärkta byggnaden (kv Pollux 3 och 13) utsattes för besvärande sprickbildning och erhöles sättningar av storleken 10 å 20 mm. Fastigheter belägna i angränsande kvarter i förhållande till förstärkningsprojekten har dock varit skadelösa eller i några fall erhållit små skador.

Sammanfattningsvis kan sägas att de tre pålningsmetoderna ur kvalitativ synpunkt gett ett gott resultat. Ur praktisk synpunkt kan dock metoderna utvecklas och förbättras, särskilt vad beträffar neddrivningsteknik och forcering av hinder i fyllning för slagna pålar. För att få bättre vetskap om slagna pålars verknings sätt och för bedömning av lämpliga stoppslagningskriterier och tillåtna laster för slagna pålar bör ytterligare provbelastningar utföras.

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

I gamla stan har många byggnader under senare år utsatts för stora sättningar vilka lett till allvarliga skador. Skadorna är störst i anslutning till och utanför den medeltida strandlinjen där jorden i stor utsträckning består av fyllning med hög organisk halt. Fyllningen underlagras direkt eller via ett tunt lerlager av åsgrus.

Grundläggningen inom denna zon är heterogen. Närmast den medeltida strandlinjen, där fyllningens tjocklek är minst, har grundmurarna ofta direkt kontakt med åsgruset ibland via rustbäddar av trä. Med tilltagande tjocklek hos fyllningen mot de nuvarande kajkonstruktionerna står grundmurarna normalt på träpålar, ofta i kombination med en rustbädd.

Till följd av landhöjningen har rustbäddar och påltoppar småningom höjts över vattenytan vilket medfört successiv förmultning av trävirket med sättningsskador hos byggnaderna som följd. Beroende av den heterogena grundläggningsmetodik som tillämpats varierar skadorna i hög grad.

1.2 Nackdelar med tidigare förstärkningsmetoder

För att bemästra skadorna har vissa hus inom denna zon grundförstärkts under 1900-talet. Förstärkningarna har härvid huvudsakligen utförts enligt nedanstående principiella metoder varvid den senare i stort sett varit allena rådande sedan 1950-talet.

- Sektionsvis schaktning och undergjutning av grundmurarna till åsgrus (endast i anslutning till den medeltida strandlinjen.
- Sektionsvis kapning av rötskadade träpålar och successiv undergjutning av dessa ned till betryggande nivå under grundvattenytan.
- Tryckning av betongpålar (delpålar) ner till grusåsen med huset som motvikt. Lastöverföring till de nya pålarna sker antingen genom balkar under grundmurarna eller genom en hel armerad betongplatta under hela byggnaden med konsoler in i grundmurarna.

De båda senare metoderna har dock nackdelar. Metoden med kapning och undergjutning, dvs. när de ursprungliga träpålarna bibehålls, medför nackdelar därigenom att pålarna har mycket skiftande kvalitét och bärförmåga. Normalt finns inga relationsritningar som visar pålningens utförande (pålarnas antal, dimensioner, pållängder, stoppslagning m.m.) vilket medför osäkerheter såväl vid projekteringen som vid uppskattning av kostnaderna. En sådan förstärkning måste därför föregås av noggranna utredningar, omfattande främst provgropar och provbelastningar. Dessutom får en sådan förstärkning begränsad varaktighet.

Även metoden med tryckpålar har nackdelar. Vid nedpressningen av pålarna kan skador uppstå, speciellt vid lätta byggnader och pulserande laster. De tämligen grova dimensionerna (25 å 30 cm) medför stor jordundanträngning och därmed sammanhängande risk för skador på befintliga grundkonstruktioner (pålar,

golv, m.m.). Eftersom pålarna normalt stoppat i åsens ytlager, ibland även på trävirke, äldre pålar och grundrester eller annat hinder i fyllningen, finns även viss risk för framtida sättningsrörelser orsakade av en komprimering av åsmaterialet (alternativt fyllningen) under pålspetsarna (orsakad genom vibrationer från nya pålningsarbeten o.dyl.).

1.3 Projekt mål

Med hänsyn till att grundförstärkningsbehov föreligger för åtskilliga byggnader i Gamla stan och till att tidigare använda förstärkningsmetoder är bristfälliga föreligger önskemål att utveckla alternativa och mer ändamålsenliga metoder. Flera alternativ har härvid diskuterats men förstärkning med någon typ av skarvbara stålpålar bedöms medföra vissa fördelar. Det är angeläget att välja metoder med vettig anpassning till de speciella förhållanden som råder i Gamla stan, trånga källarlokaler med besvärliga arbetsförhållanden samt oftast heterogen och svårforcerad fyllning. Följande primära önskemål bör om möjligt uppfyllas.

- Pålarna skall ha god bärförmåga och hög livslängd.
- Pålarna bör ha god flexibilitet för att i begränsad omfattning kunna motstå sidosrörelser i fyllningen.
- Pålarnas tvärsnitt bör vara liten för att undvika sidopressning av jord.
- Pålarna bör ha tillfredsställande säkerhet mot korrosion.
- Arbetsmaskiner och arbetsmetoder utformas med anpassning till trånga källarutrymmen.
- Forcering av hinder i fyllningen (t.ex. genom förborring) bör kunna utföras.
- Metoden skall vara ekonomiskt konkurrenskraftig

Mot ovanstående bakgrund påbörjades under våren 1978 en uppföljning av grundförstärkningen för fastigheten kv. Pollux 1, 2. Det ursprungliga BFR-projektet (nr 78.06.06-7 "Grundförstärkning med skarvade stålpålar") avsåg enbart uppföljning av detta arbete. Senare har dock - främst på initiativ från Stockholms fastighetskontor (grundläggningssektionen) som bedriver ett mer övergripande BFR-projekt angående grundförstärkningsfrågor i Gamla stan ("Grundförstärkningsmetodik på utfylld mark i Gamla stan", BFR-projekt 74.00-56-8) - uttryckts önskemål om att parallellt med kv. Pollux även studera två andra projekt, kv. Narcissus nr 4 och kv. Atomena, där förstärkningen utförs med alternativa pålningsmetoder. Uppföljningen av dessa båda objekt har utförts med en viss begränsning i omfattningen jämfört med kv. Pollux. En samlad redovisning av de tre projekten med vissa jämförande analyser har dock ansetts vara värdefull. Redovisningen av grundförstärkningen för de tre fastigheterna omfattar objektvis nedanstående sex punkter jämte en gemensam sammanfattande och jämförande analys.



Fig. 1 Orienteringsplan visande förstärkningsobjektens planläge.

- Beskrivning av förstärkningsobjekt
- Beskrivning av förstärkningsmetodik
- Praktisk beskrivning av förstärkningsarbetets utförande.
- Provbekastning (endast kv. Pollux och kv. Narcissus).
- Kontrollåtgärder.
- Kostnader.
- Sammanfattande analyser (gemensam för samtliga objekt).

Läget i plan för de tre objekten framgår av ovanstående orienteringsplan, Fig. 1.

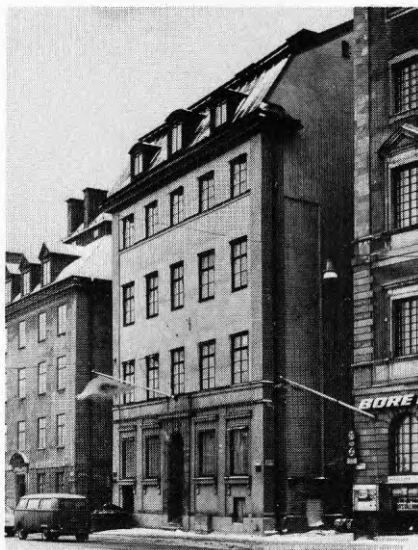
TABELL 1. Sammanställning av byggnads- och grundförstärkningsdata

<u>BYGGNADSDATA</u>	<u>Kv. Pollux 1, 2</u>	<u>Kv. Narcissus 4</u>	<u>Kv. Atomena</u>
Byggtid	1700-talet	ca 1650	Slutet av 1600-talet
Grundläggning före förstärkning	Rustbädd och träpålar	Kallstensmurar på åsgrus eller rustbädd på fyllning	Kallstensmurar på rustbädd och träpålar samt källarresten från äldre byggnadsverk
Antal våningar, konstruktion	4 vån. + vindsvån. och källare Tegel + träbjälklag	4 vån. + vindsvån. och källare Tegel + träbjälklag	2 vån. + vindsvån. Tegel + träbjälklag
Byggnadsyta	340 m ²	340 m ²	720 m ²
Därav pålförstärkt del	340 m ²	180 m ²	720 m ²
Ägare (byggherre)	SAC (Sparbankernas arkitektkontor och centralupphandling AB)	AB Stadsholmen (Familjebostäder AB)	Byggnadsstyrelsen
<u>FÖRSTÄRKNINGSARBETEN (1978-79)</u>			
Konstruktör	AB Jacobson & Widmark	Stockholms fastighetskontor	Tyréns
Geoteknik	AB Jacobson & Widmark	Hagconsult	—
Entreprenör			
Bygg } Pålar }	Byggnads- & Industriservice AB, BINAB	ABV AB Grundförstärkningar	Citybyggen Stabilator
Pålmaterial	SW-stålpålar 155 x 21	Stålpålar ø 76,1 x 4	Stålkärnepelare ø 95 kringgjutna i foderrör
Pålningsslag	Pålar (förborrade genom fyllning), tung tryckluftshejare i åsgrus	Pålar slagna med lätt tryckluftshejare ned i åsgrus och igjutna	Foderrör borrade till berg. Invändig stålkärnepelare med kringgjutning
Korrosionsskydd	Epoxibehandling	Polyetenplast	Foderrör + kringgjutning
Tillåten pållast	470 kN	142 kN	710 kN

TABELL 1 (fortsättning)

	<u>Kv. Pollux 1, 2</u>	<u>Kv. Narcissus 4</u>	<u>Kv. Atomena</u>
Pållängd, medel	13,5 m	8 m	16 m
Pållängd, min.	4 m	3 m	10 m
Pållängd, max.	18 m	19 m	19 m
Antal	108 st	183 st	79 st
Total pållängd	1475 m	1476 m	1262 m
Total last på pålar	51.000 kN	26.000 kN	56.000 kN
Lastöverförande bärverk	Betongplatta med konsoler in i grundmurarna	Betongbalkar med konsoler in i grundmurarna	Genomgående balkar och konsoler in i väggar
Förstärkning bef. grundmurar	Betongsprutning + injektering	Inborrade bultar + betongpåggjutning	Påggjutna tunna balkar + genomgående bultar

2 KV. POLLUX 1, 2



Fotografi taget från Skeppsbron

2.1 Beskrivning av förstärkningsobjektet

Fastigheten ligger vid Skeppsbron (nr 22) mellan Skottgränd och Stora Hoparegränd och har yttermåtten ca 14 x 24 m. Byggnaden har fem våningar över mark och en källarvåning. Den uppfördes ursprungligen i början av 1700-talet men har senare under 1700- och 1800-talet förändrats genom på- och ombyggnader i olika etapper. Fastigheten är helt moderniserad och ägs för närvarande av Sparbankernas Arkitektkontor och Centralupphandling AB, SAC. Den utnyttjas helt för kontorsändamål.

Byggnadens konstruktiva utformning är helt konventionell - tjocka bärande tegelväggar med enkla valv i källaren och träbjälklag i övriga plan. Källargolv (golv på mark) låg före grundförstärkningen på nivå ca +1,1, motsvarande knappt 1,5 m under gatunivån. Vid utförande av det nya golvet (hel armerad betongplatta) sänktes detta ca 0,5 m vilket har förbättrat möjligheten att utnyttja källarlokalerna. Den nya takhöjden i rummens mitt blir drygt 2,5 m i valvmitt och ca 2,0 m längs anfangen till bärande väggar.

För byggnadens grundläggning saknas arkivuppgifter. Provgropar i källaren (grävda av A. Orrje AB) visade dock att delen närmast Skeppsbron var grundlagd med kallstensmurar vilka - via en trärustbädd - vilade på träpålar. Avskärningsnivån för dessa låg normalt mellan ± 0 och +0,2. I ett senare skede konstaterades dock för den inre delen av byggnaden att träpålar delvis saknades, ett faktum som senare fick avgörande betydelse

vid valet av förstärkningsmetod. Kallmuren vilade här på en rustbädd lagd direkt i jord (fyllning).

Vid framgrävningen av rustbäddar och träpålskallar konstaterades kraftiga rötangrepp i trävirket, i första hand vad beträffade rustbädden. I vissa fall hade förmultningen gått så långt att stora hålrum uppkommit mellan grundmuren och träpålarna. Den successiva förmultningen av virket har lett till uppkomst av sprickor i byggnaden samtidigt som en viss omfördelning av vägglasterna i källaren måste ha skett.

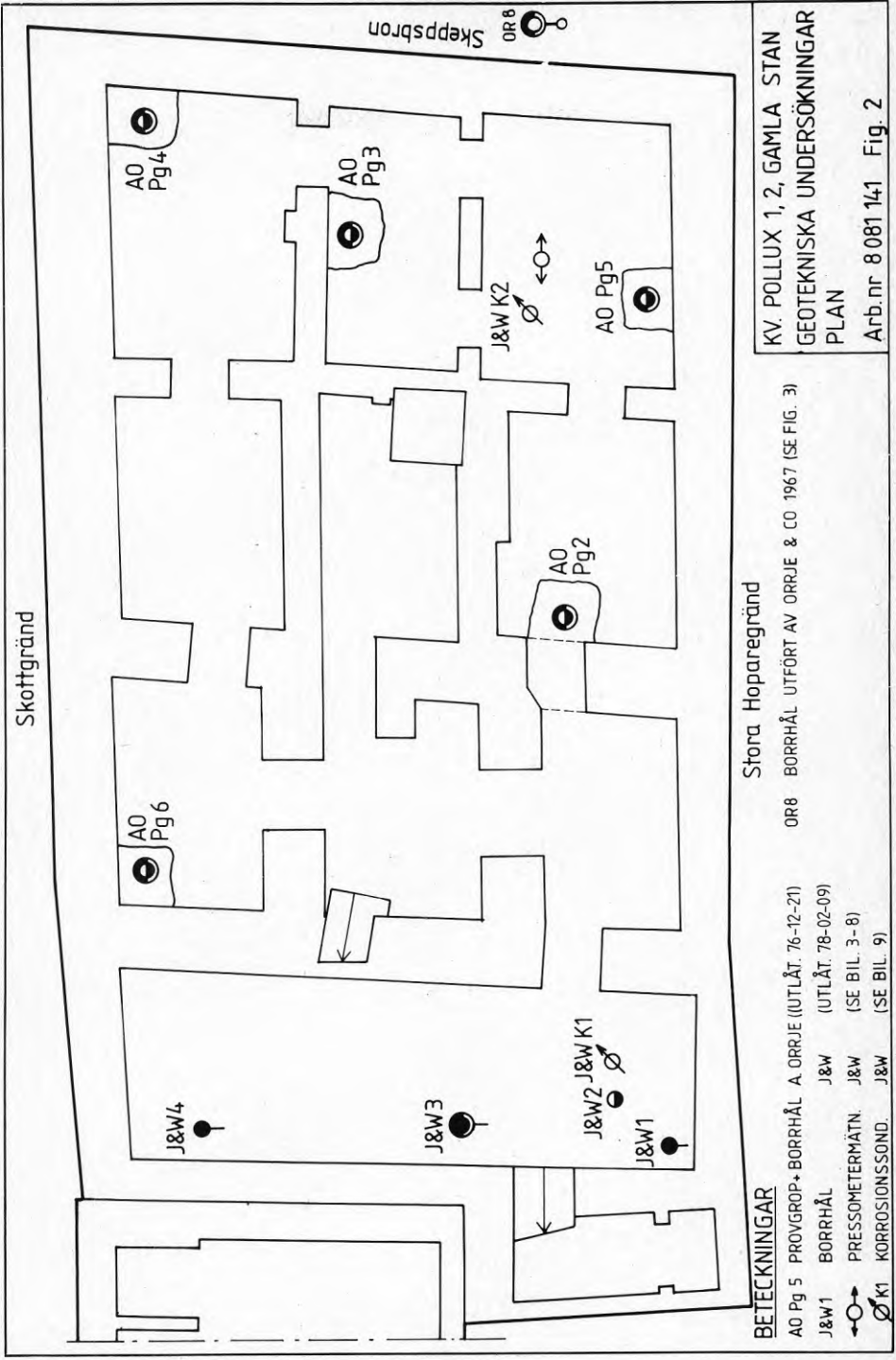
2.1.1 Byggnadsskador

Under senare år har besvärande sprickbildning uppkommit i fastigheten. Skadorna har förvärrats, speciellt under den senaste 10-årsperioden varvid grova sättningssprickor uppkommit i bärande murverk och källarvalv. En utvändig besiktning av grändfasaderna visar genomgående förekomst av sneda sättningssprickor vars lutningsriktning visar att sättningarna ökar från Skeppsbron inåt gränderna. Denna uppfattning får stöd av de precisionsavvägningar som tidigare utförts på ett antal sättningsdubbar inom området. Dessa mätningar, vilka utfördes genom f.d. "Kansliet för saneringsfrågor inom staden mellan broarna" försorg, påbörjades 1968-69 med avvägningar i medeltal en gång om året. I den aktuella fastigheten finns tre dubbar monterade; en i hörnet Skeppsbron-Stora Hoparegränd och de båda övriga i fasaderna mot Skottgränd resp. Stora Hoparegränd ca 20 m in från fasaden mot Skeppsbron. Den totala uppmätta sättningen under perioden 1969-75 uppgår för dubben vid hörnet mot Skeppsbron till ca 15 mm och för de båda övriga till ca 25 mm motsvarande en genomsnittlig sättningshastighet av 2,4 resp. 4,2 mm/år. Sättningshastigheten har dock ökat under den senare delen av mätperioden.

2.1.2 Jordartsförhållanden

Under perioden 1976-78 har flera undersökningar utförts från källaren. Som framgår av sammanställningen på Fig. 2 har undersökningar utförts av Alfred Orrje AB (utlåtande daterat 76-12-21) och av AB Jacobson & Widmark (utlåtande daterat 78-02-09). A. Orrjes undersökningar omfattar provgroppsgrävningar och sonderingar, i huvudsak koncentrerade till den östra delen. J&W har - förutom konventionella sonderingar och provtagningar inom den västra delen - även utfört korrosionssondering (modell NGI) huvudsakligen i fyllningsjord i två punkter samt in situ-mätningar med pressometer (mätsond \varnothing 44 mm, slitsrörsutrustning) i friktionsjorden under fyllningen i en punkt. Neddrivningen av mätsonden utfördes med hjälp av den vid påslagningen använda tryckluftshejaren. Dessutom har Orrje & Co år 1967 från gatunivån omedelbart utanför fasaden mot Skeppsbron utfört en jord-bergsondering med kontinuerlig provtagning ned till berg, Fig. 3.

Utförda undersökningar visar att jorden består av fyllning vilande på åsgrus på berg. Fyllningens tjocklek varierar normalt mellan 4 å 6 m men minskar lokalt till 2 å 3 m i



den nordvästra delen av fastigheten. Den består överst av ett 0,5 å 1 m tjockt skikt med tämligen grov friktionsjord (sand och grus) men blir mot djupet mer finkornig och är här svartfärgad på grund av hög organisk halt (10 - 30 %). I samband med påslagningen har diverse hinder i fyllningen konstaterats (stenar, trävirke m.m.). Jordgrundens principiella uppbyggnad framgår av principsektionen tvärs Skeppsbron, Fig. 4.

Uppgifterna om åsmaterialets sammansättning och tjocklek är begränsade. Enligt den av Orrje & Co utförda provtagningen till berg i Skeppsbron (borrhål OR 8, Fig. 3) består åsmaterialet här huvudsakligen av sand och grus varvid de grövre fraktionerna syns öka med djupet där jorden närmast berget är stenig. Självfallet kan inga noggranna uppgifter beträffande jordens innehåll av sten erhållas genom en sådan provtagning. Åsmaterialets totala tjocklek var här ca 11 m motsvarande en bergnivå ca -17. Enligt en sammanställning av tidigare utförda borrhningar faller bergytan svagt mot sydväst och ligger som lägst på nivån ca -20 inom den aktuella byggnaden.

Såväl de av A. Orrje som de av J&W utförda sonderingarna har genomgående stoppat mot sten eller block i åsens ytlager, vilket antyder att det sandiga-grusiga åsmaterialet i ytan täcks av en kappa med grövre stenig och blockig jord.

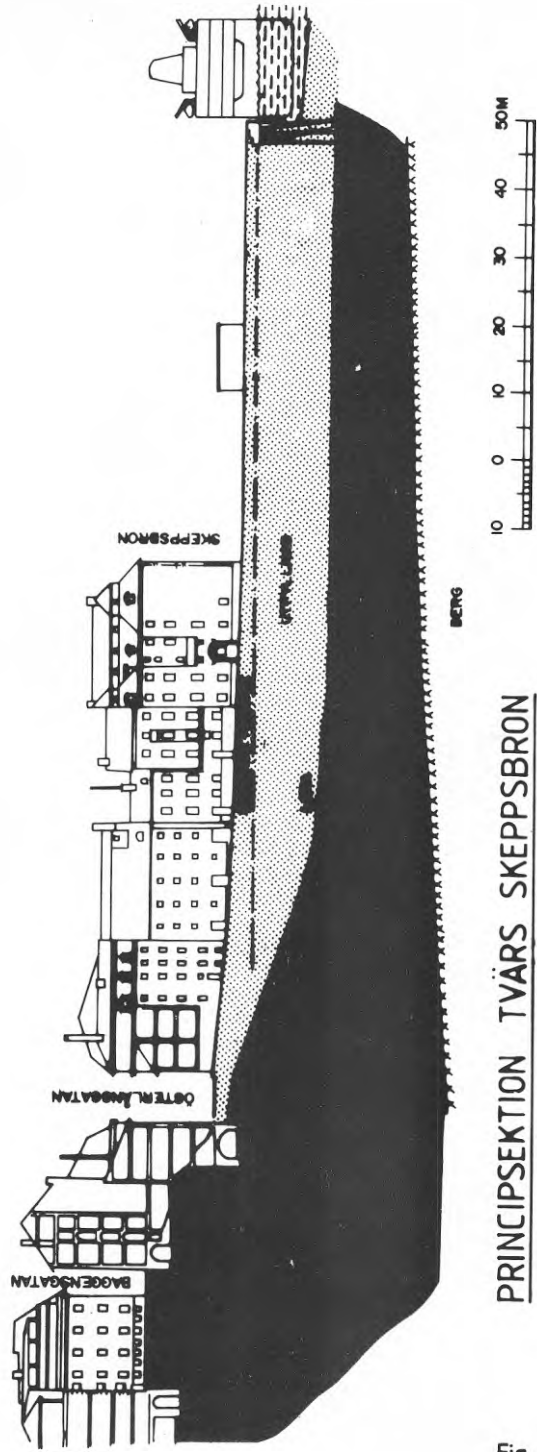
Pressometermätningarna i åsmaterialet (Bil. 1-5) inom byggnadens östra del uppvisar en tämligen stor spridning såväl vad beträffar gränstryck (p_j) som pressometermodul (E_p). Som framgår av sammanställningen på Fig. 10 varierar gränstrycken normalt mellan 0,6 och 3,0 MPa medan pressometermodulen normalt varierar mellan 5 och 15 MPa, motsvarande medelfast till fast lagring hos åsmaterialet. En viss trend till ökande gränstryck och moduler med djupet kan spåras till 7 å 8 m djup i åsgruset. I det steniga materialet närmast bergytan minskar dock mätvärdena avsevärt.

Mätningarna av fyllningens korrosivitet i de två punkterna till ca 4 resp. 5,5 m djup visar att korrosionshastigheten ställvis är tämligen hög med värden varierande mellan 1 och 5 å 6 mm/100 år. Korrosionshastighetens variation med fyllningsdjupet framgår i detalj av diagrammet på Fig. 5. De förhållandevis höga uppmätta värdena på korrosionshastigheten har föranlett att pålarna före neddrivningen rostskyddats genom epoxibehandling (jfr nedan under pkt 2.2).

I grusåsen har mätningar endast utförts i ytskiktet. Korrosiviteten var här mycket låg ($<10^{-3}$ mm/år).

2.1.3 Bakgrund till val av förstärkningsmetod

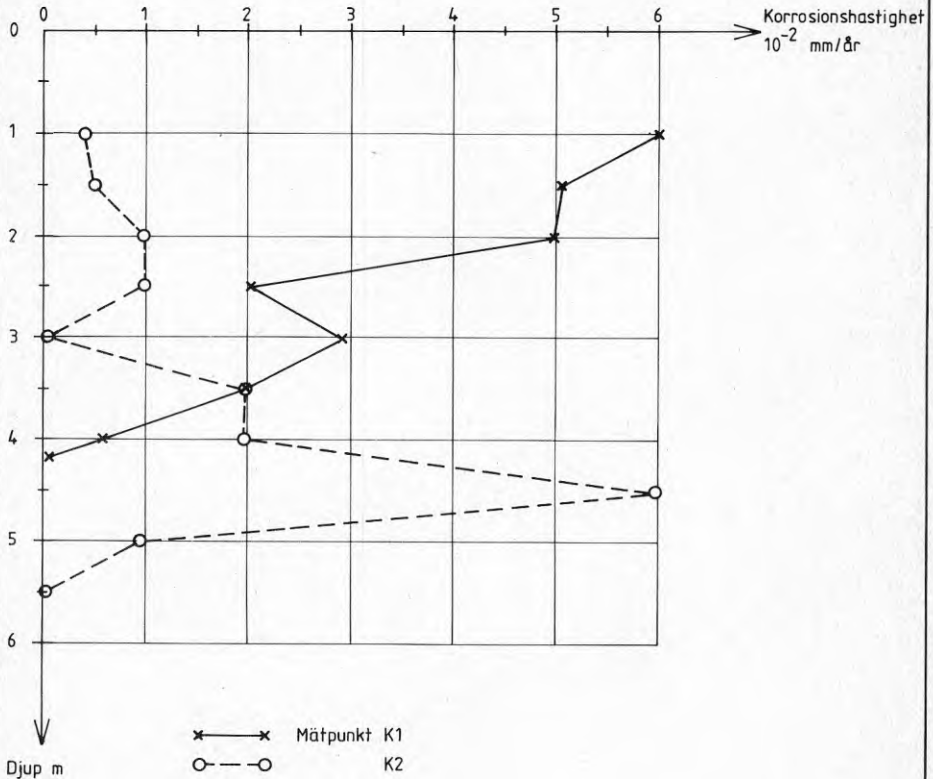
Med utgångspunkt från den rikliga förekomst av träpålar som konstaterades vid grävningen av provgröpar bedömdes såväl ur teknisk som ekonomisk synpunkt en lämplig metodik vid grundförstärkningen vara att behålla befintliga träpålar efter sektionvis kapning av dessa på betryggande nivå under grundvattnetytan med efterföljande successiva undergjutning av grundmurarna. Efter provbelastning av ett antal pålar bedömdes till-



PRINCIPSEKTION TVÄRS SKEPPSBRON
(TAGEN VID FERKENS GRÄND)

Fig. 4

Resultat av korrosionssondering i fyllning (ref.nivå $\approx \pm 0$)



× — × Mätpunkt K1
 ○ — ○ K2

Mätpunkternas läge enl. fig. 2

ANM.

Uppmätt korrosionshastighet i ytan av åsgruset $< 10^{-3}$ mm/år.

KV. POLLUX 1, 2, GAMLA STAN
 KORROSIONSSONDERING (TYP NGI)
 MÄTPUNKTER K1 OCH K2
 Arb.nr 8 081 141 Fig. 5

låten pållast kunna väljas till 60 kN (6 Mp). Vid otillräckligt antal tråpålar skulle konventionella skarvade tryckta betongpålar lokalt kunna komplettera tråpålarna.

Senare grävningar under grundmurarna inom den västra delen visade dock att tråpålar i stor utsträckning saknades och att grundmurarna här vilade på rustbädd lagd direkt i fyllningen. Därför måste förstärkningsförslaget omarbetas och alternativa metoder diskuterades, bl.a. konventionell nedtryckning av skarvade betongpålar. Denna metod förkastades dock med hänsyn till ovan nämnda nackdelar. I samråd mellan beställare, konsult och entreprenör diskuterades alternativa, icke konventionella pålningsalternativ. Med utgångspunkt från de primära önskemål och förutsättningar som diskuterats under punkt 1 upprättades det förslag till grundförstärkning som beskrivs nedan.

2.2 Principiell beskrivning av grundförstärkningsmetoden

Grundförstärkningen av kv. Pollux 1, 2 är utförd med s.k. "SW-stålpålar" (tillverkade av Smedjebackens Valsverk AB) med dimension 155 x 21 mm. Pålarna, vars totala antal är 108, har X-formad sektion (se Fig. 6), medelvikten 48 kg/m, tvärsnittsarea ca 60 cm², styvheten EI 1382 kN/m². Bärförmågan enligt SBN 75, pålningsklass A eller B, uppgår till 400 å 500 kN. För detta projekt har tillåten last valts till 470 kN och är baserad dels på provbelastningar och dels på diskussioner med Stockholms byggnadsnämnd.

Pålarna drevs ned i form av 1 - 2 m långa element som successivt skarvades genom påsvetsade skarvplåtar och bultförband enligt tillverkarens anvisningar. Skarven är jämnstark med pålen i övrigt. Neddrivningen av pålarna i åsen avsågs så långt som möjligt bli utförd med vibrationshejare vilken normalt är effektiv i friktionsjordar och som dessutom kräver avsevärt mindre utrymme än en tryckluftshejare. Stoppslagningen skulle dock utföras med en tung tryckluftshejare.

Pålarna skyddas mot avrostning genom epoxibehandling med en total tjocklek av 0,4 mm, påförd genom strykningar efter sandblästring av pålämnena. Behandlingen utfördes i ett initialskede av entreprenören men i ett senare skede på fabrik av tillverkaren.

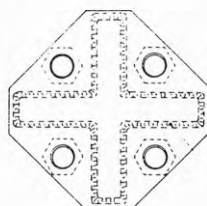
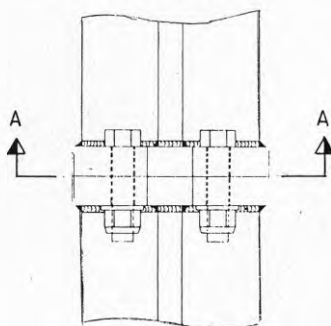
Lastöverföringen från grundmurarna till pålarna sker via en hel 70 cm tjock kraftigt armerad betongplatta med förtagningar (konsoler) in i grundmurarna. Pålarnas placering och plattans principiella utformning framgår av Fig. 7 (pålplan). Pålarna gjuts in 200 mm i pålplattan och avslutas med en 15 mm påsvetsad toplåt (200 x 200 mm).

För att minska risken för snedställning av pålarna i fyllningen utfördes normalt förborrning genom denna (auger, \varnothing 200 mm) var efter borrhålet stabiliserades med bentonitsuspension. Någon ytterligare rakhetskontroll av pålarna har ej ansetts nödvändig. Ett ytterligare syfte med förborrningen var att minska vibrationerna vid neddrivningen och därmed risken för skador på egen och omgivande fastigheter.

Pålelement
med skarvplåt

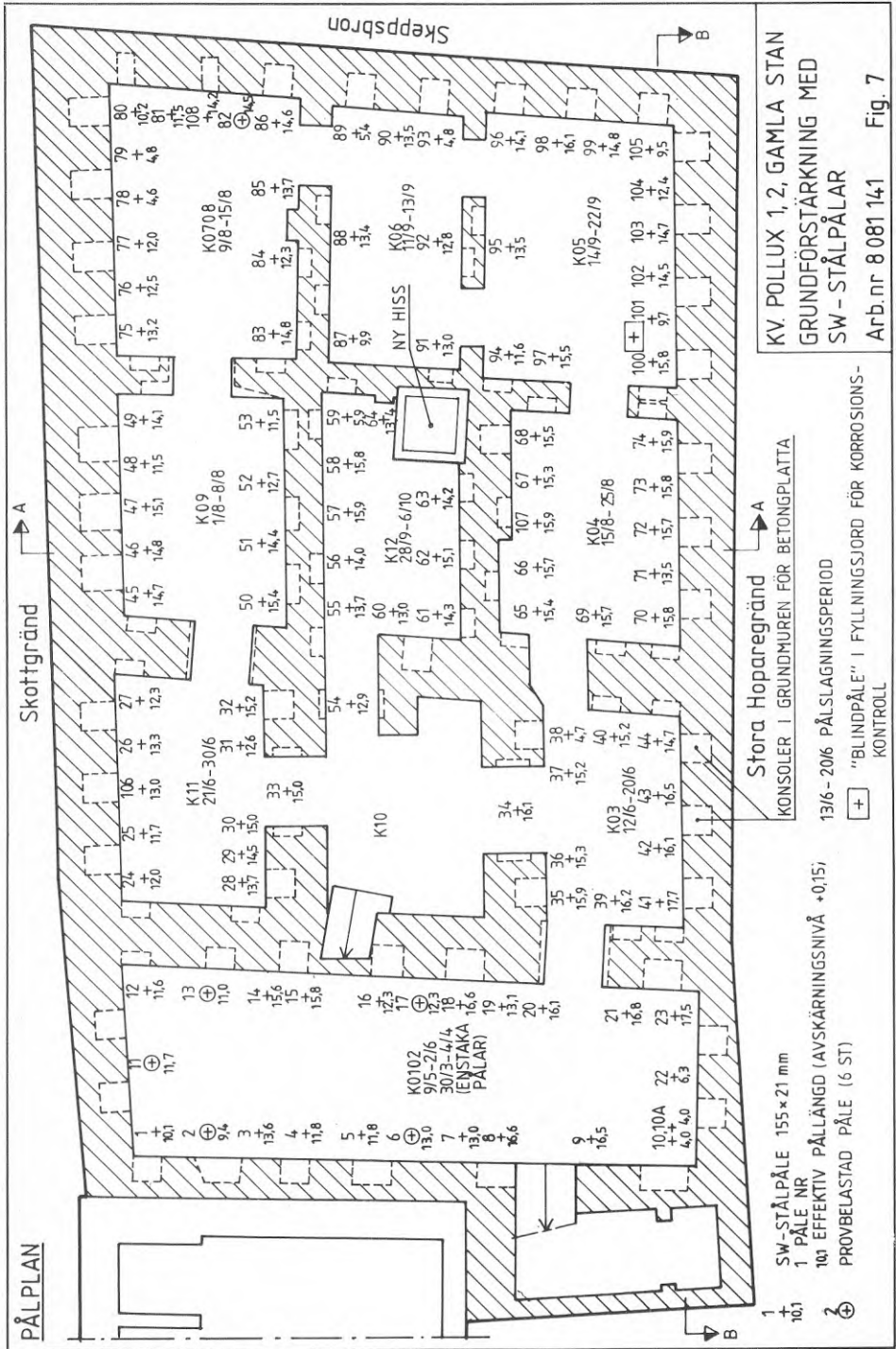


Detalj av skarv



Sektion A-A

Fig. 6 SW-stålpåle 155 x 21 mm med skarvanordning



2.3 Praktisk beskrivning av arbetsutförande

2.3.1 Ingående arbetsmoment

De olika arbetsmomenten omfattar i stort sett följande aktiviteter:

- Schaktning för blivande betongplatta
- Injekttering och betongsprutning av grundmurarna
- Uppborrning för konsoler i grundmurarna
- Förborrning genom fyllning med augerborr
- Påslagning
- Armering och gjutning av bärande betongplatta
- Kontaktinjekttering mellan betongplatta och grundmur

Arbetena igångsattes under december 1977 i de innersta utrymmena (längst bort från Skeppsbron) och drevs sedan etappvis i riktning mot Skeppsbron där den sista gjutningen av golvplattan utfördes i slutet av oktober. I ett inledningsskede utfördes dock arbetena enligt det ursprungliga förstärkningsförslaget (träpålsalternativet) varför förstärkningen med stålplåtar påbörjades först i mars 1978. Nedan följer en kortfattad beskrivning av de ingående arbetsmomenten. Jfr även fotobilagan.

2.3.2 Schaktning

För att kunna driva arbetena rationellt erfordrades vissa inledande arbetsinsatser. Dessa omfattade i första hand håltagning i grundmurar mellan vissa rum för uttransport av schaktmassor samt bortbilning av betonggolv med varierande tjocklek och kvalitét i samtliga källarum (bilmaskin typ Tex 30).

Schaktningen till underkant för den nya betongplattan utfördes dels med en liten hydraulgrävare (fabrikat "Bobcat") och dels genom handschakt. Schaktmassorna transporterades på enklaste sätt med skottkärror till ett transportband vilket - via en fönsterglugg i ytterväggen mot Skottgränd - mynnade i en container i gränden. Under schaktningsarbetet konstaterades att grundmurarna med tilltagande schaktdjup i stor utsträckning inkräktade på källarutrymmena varför omfattande bilning måste utföras, vilket avsevärt försvårade schaktningsarbetena. Dessutom måste i stor utsträckning hindrande trärustbädd kapas vilket utfördes med eldriven motorsåg.

I samband med schaktningen måste tämligen omfattande pumpning utföras av inträngande grundvatten.

2.3.3 Injektering och betongsprutning

För att förbättra sammanhållningen hos stenmurarna, vilka lokalt hade stora håligheter, utfördes tämligen omfattande injektering av dessa. Injekteringsarbetena utfördes med utrustning typ Simplex Gr 4 med kolloidkvarn och omrörare. Injekteringsbruket bestod av snabbcement, vatten och expanderande tillsats av typ Betokem-In. Åtgången av injekteringsbruk varierade starkt.

För att kvarhålla injekteringsbruket samt lösa stenar och block i murens yta utfördes normalt betongsprutning av murytorna före injekteringen. Härvid användes ett sprutaggregat typ Meyco Piccola.

2.3.4 Håltagning i grundmurar för konsoler

Håltagningen i grundmurarna för betongplattans konsoler utfördes till en början genom borrar med handhållen BBC-24 bormaskin typ Tex 10, MHG 18. Denna metod var dock förhållandevis tidsödande och ersattes i ett tämligen tidigt skede med diamantborrning (borrkronor \varnothing 102 - 165 mm). Med denna utrustning borrades en "krans" av hål längs periferin till den blivande konsolen varefter den centrala kärnan bilades bort, ett förhållandevis tidsödande arbetsmoment.

2.3.5 Förborrning genom fyllning med auger

Förborrning genom fyllningen utfördes med en hydrauldriven augerborr (\varnothing 200 mm) vilken monterades i grävmaskinen.

De med auger borrhade hålen genom fyllningen stabiliserades med hjälp av bentonitsuspension. Förborrningen utfördes normalt med gott resultat men i enstaka fall måste hålen, på grund av hinder i fyllningen, flyttas i sidled. Som tidigare nämnts måste hinder i ytan, huvudsakligen rustbäddar och annat trävirke, i stor utsträckning undanröjas före borrarbningen. I några borrhål närmast Skeppsbron måste dock borrarbningen avbrytas före åsytan på grund av hinder i fyllningen.

2.3.6 Pålslagning

Efter nedsättning av skarvade pålelement till åsens överyta i de förborrade hålen drevs pålarna under successiv skarvning ned i grusåsen. I ett inledningskede utfördes slagningen med hjälp av vibrohejare, fabrikat MICASA MOH24G. Med denna förhållandevis smidiga och föga utrymmekrävande utrustning kunde pålarna normalt drivas ca 4 m ned i åsen och med skarvlängder om 2 m.

Drivningen med vibrohejaren medförde dock vissa problem ur vibrations synpunkt. Vid mätningar i grannfastigheten, kv. Pollux nr 13, registrerades normalt tämligen låga vibrationer (<1 mm/s). Vid ett senare tillfälle registrerades dock

en avsevärt högre svängningshastighet, ca 16 mm/s. Detta höga värde kan dock ha förorsakats av att spänningar utlösts i samband med en momentan sättningsrörelse i byggnaden.

Av säkerhetsskäl slogs pålarna i fortsättningen med enbart tryckluftshejare varvid två storlekar av fabrikat Atlas Copco användes, Ph 5 (vikt ca 400 kg) och Ph 180 K (vikt ca 800 kg). Den lättare hejaren, vilken kunde monteras i grävmaskinen, utnyttjades för att slå pålen genom åsens ytlager (max. 4 å 5 m ned i åsen) varefter den slutliga drivningen samt stoppslagningen utfördes med den tyngre hejaren.

Neddrivningen med den tyngre hejaren motsvarade i genomsnitt ungefär halva pålens totala längd. Hanteringen av denna tunga och utrymmeskrävande hejaren medförde praktiska svårigheter. Normalt upphängdes hejaren med hjälp av en luftdriven haspel i en stålårsställning. Den arbetsamma och tidsödande hanteringen berodde i stor utsträckning på låg och varierande takhöjd (valv) samt dålig bärighet hos underlaget (vattenmättad, delvis flytbenägen jord). Dessutom måste skarvlängderna normal minskas till 1 m.

Pålningen omfattade totalt 108 pålar med en sammanlagd effektiv längd av 1475 m motsvarande en medellängd för pålarna av ca 13,5 m. Den normala maximala avvikelser från medellängden var ca $\pm 3,5$ m. För 4 pålar erhöles stopp i övergångszonen mellan fyllning och åsgrus. Stoppens karaktär hos dessa pålar tyder på att de stoppat mot sten eller block. De bedömdes därför ha tillfresställande bärighet och ersattes ej.

Pålarnas nedträngning i åsen framgår av sektionerna A och B på Fig. 8 och 9.

2.3.7 Armering och gjutning

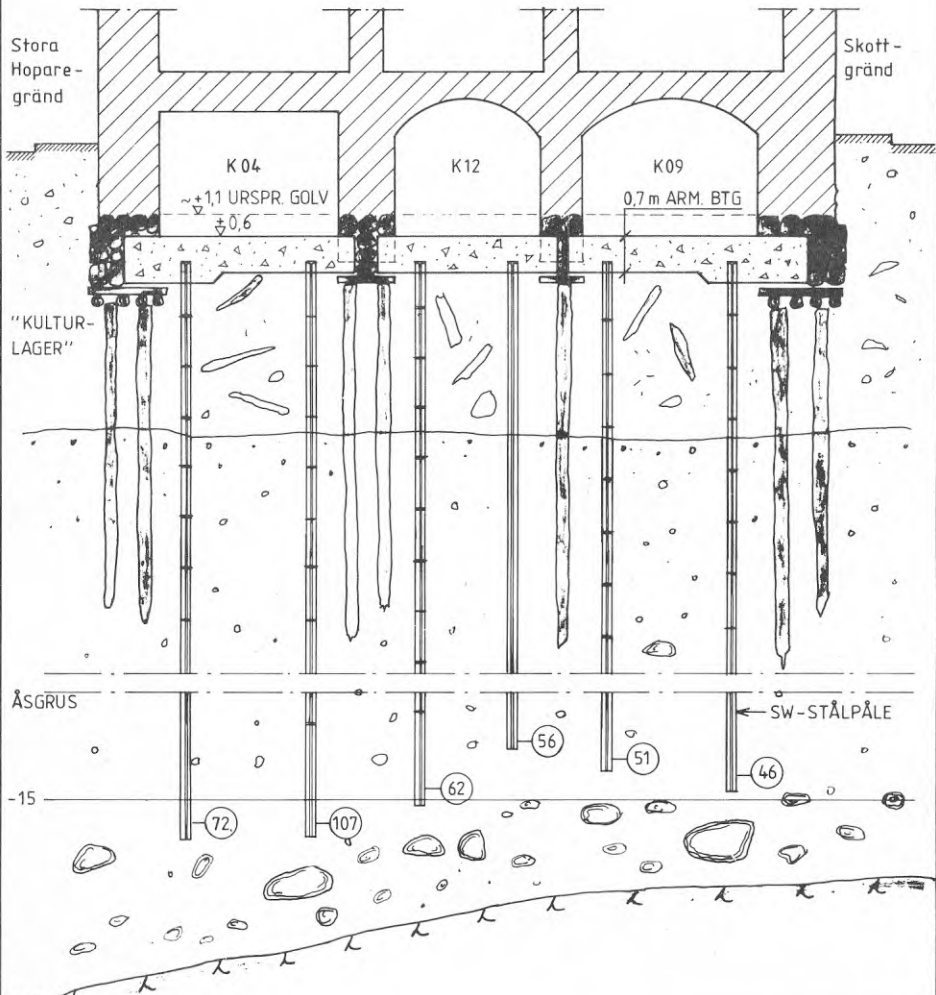
Armering och gjutning av den normalt 70 cm tjocka betongplattan utfördes etappvis varvid gjutetapperna i stort sett överensstämde med källarrummens storlek (jfr Fig. 7). I syfte att kunna öka belastningen på plattan förtjockades denna längs ytterväggarna och lokalt även invändigt till 90 cm för den hälften av byggnaden som ligger närmast Skeppsbron.

Före armeringen påfördes ett bärlager med singel på schaktbotten varpå armeringen uppklossades på träbitar. Betongen till de olika gjutetapperna tillfördes med hjälp av en betongpump och utlades under vibrering.

2.3.8 Kontaktinjektering

Injektering av hålrummet mellan grundmur och betongplatta utfördes för att undvika sättningar i denna zon. Arbetet utfördes med samma utrustning som vid injekteringen av grundmurarna.

TVÄRSEKTION, A-A



ANM

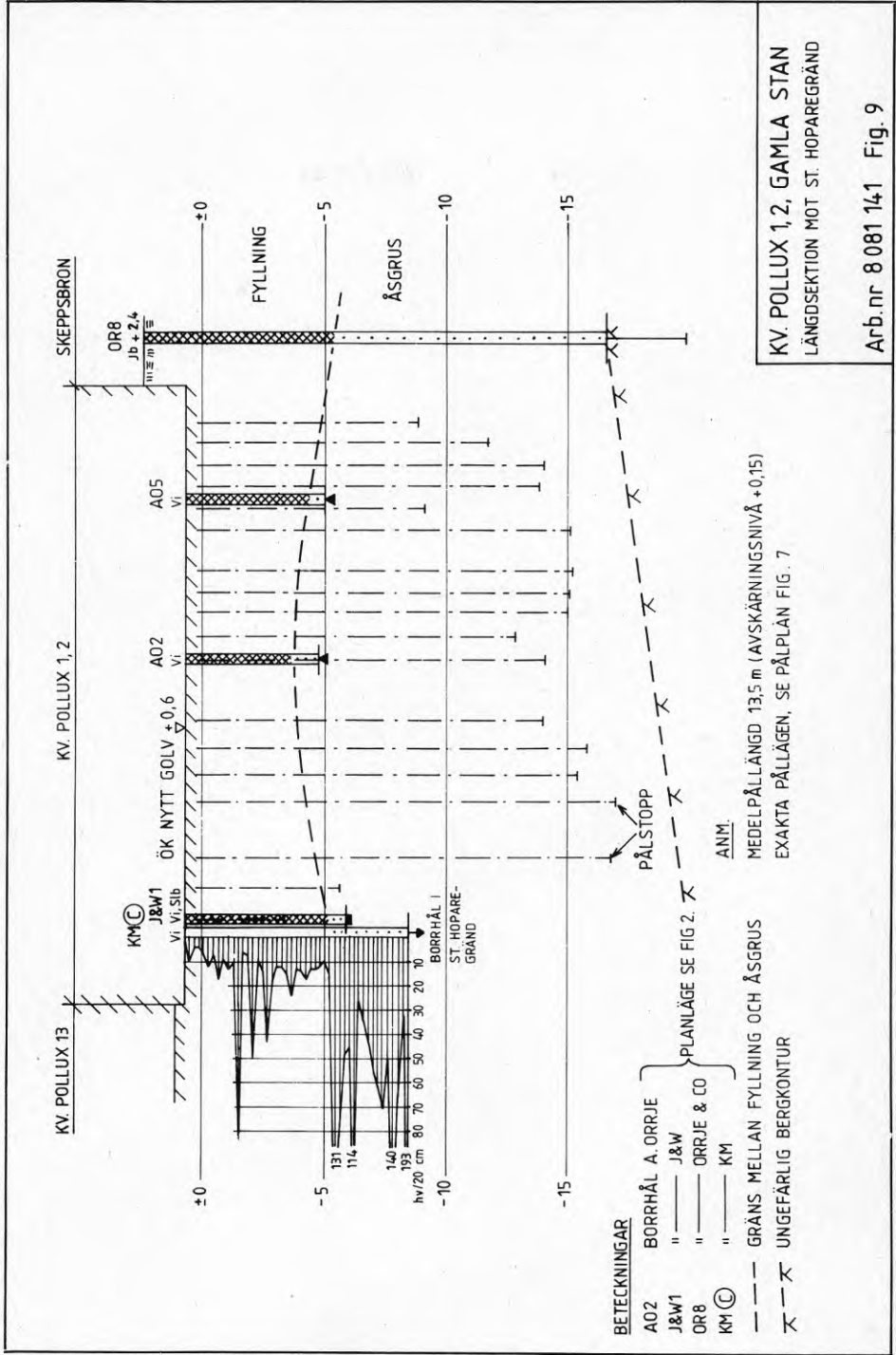
72 = PÅLE NR ENL. PÅLPLAN

EFFEKTIV MEDELPÅLLÄNGD 13,5 m

EXAKTA EFF. PÅLLÄNGDER, SE PÅLPLAN BIL.

KV. POLLUX 1,2, GAMLA STAN
GRUNDFÖRSTÄRKNING MED
SW-STÅLPÅLAR

Arb.nr 8 081 141 Fig. 8



2.4 Provbelastning - tillåten pållast

2.4.1 Belastningsmetodik

För bestämning av pålarnas bärförmåga har provbelastning av totalt sex pålar utförts varav fem inom byggnadens västra del (pålar nr 2, 6, 11, 13 och 17) och en inom den östra delen (nr 82). Provbelastningen utfördes enligt metoden med stegvis pålastning varvid avsikten var att driva belastningen så långt att pålens kryplast kunde utvärderas, dvs. den last för vilken kryprörelserna hos pålspetsen ökar markant. Tillåten pållast skulle därpå väljas med minst 1,2-faldig säkerhet relativt den lägst uppmätta kryplasten.

Provbelastningarna utfördes med hjälp av en domkraft genom ursparingar i den armerade betongplattan och med denna som mot-håll. Domkraften ansattes mot ett pålok (HEB-balkar) förankrat i betongplattan med ingjutna dragstag. Följande arbets- och mätprogram tillämpades.

- Deformationerna mättes med 3 mätklockor varav 2 placerades diagonalt för mätning av pålens rörelser och 1 för mätning av rörelser i betongplattan.
- Provtryckningen påbörjades med en påförd last av 50 kN (5 Mp) varvid pålens och betongplattans rörelser noterades. Därefter avlastades pålen till 0.
- Den egentliga provtryckningen utfördes med laststeg om 50 å 100 kN (anpassade till erhållna deformationer). Avläsning av rörelserna skedde med följande tidsintervall för varje laststeg: Direkt efter lastens påförande samt efter 1, 2, 4 och 8 minuter. Lasten hölls under mätperioden konstant.
- Provtryckningarna protokollfördes avseende dels mätta deformationer för varje laststeg och dels ett last-deformationsdiagram jämte pålens krypning som funktion av lasten.

De sex provpålarerna drevs med trycklufthejare, modell Atlas Copco PH 180 K, till varierande sjunkningshastighet vid slagningens upphörande. Den maximala provtryckningslasten för vardera pålen uppgick till 750 kN. Resultatet av provtryckningarna framgår av Bil. 6-11 samt av nedanstående tabell.

TABELL 2. Data för provpålar

Påle nr	Effektiv pållängd m	Sjunkning vid "stopp" mm/min	Sättning vid brukslast mm	Sättning total mm
2	9,2	100	8,5	17,5
6	13,0	50	7,5	
11	8,3*)	200	15	45
13	11,0	5, 4, 3	7	13
17	12,3	50	7,5	15
82	14,5	5, 4, 3	8,5	16

*) Pålen senare slagen till 11,7 m, sjunkning 7, 5, 4 mm/min

2.4.2 Resultat av provbelastningen

Vid provtryckningar enligt ovanstående förutsättningar uppnåddes pålens kryplast endast för påle nr 11. För denna påle erhöles en kryplast av ca 500 kN vid en sjunkning vid slagningens upphörande av 200 mm/min.

För de övriga fem pålarna - där sjunkningshastigheten vid slagningens upphörande varierade mellan ca 5 och 100 mm/min - var kryplasten genomgående större än 750 kN, motsvarande en säkerhet mot krypbrott >1,6 vid aktuell brukslast, 470 kN. En intressant iakttagelse för dessa fem pålar är att deformationsdiagrammen, trots de tämligen stora avvikelserna i sjunkningshastighet före provbelastningen, endast uppvisar små olikheter. Som framgår av ovanstående tabell varierar sättningen vid brukslast inom det snäva intervallet 7 - 8,5 mm. En viss skillnad i krypbenägenhet kan dock spåras vid en jämförelse mellan de båda ytterlighetsfallen provpåle nr 2 (sjunkning 100 mm/min) och provpålarna 13 och 82 (sjunkning 3 å 5 mm/min). Som framgår av lastdeformationsdiagrammen för de båda sistnämnda pålarna ligger arbetskurvan för dessa närmare den linje som motsvarar pålens elastiska sammantryckning (pelarlinjen) jämfört med provpåle nr 2. Denna avvikelse kan även spåras hos krypkurvan. Arbetskurvan för de båda provpålarna nr 6 och 17 överensstämmer i stort sett med de hårdare drivna pålarna nr 13 och 82.

Lastöverföringen påle/jord sker - att döma av arbetskurvans utseende jämfört med "pelarlinjen" - huvudsakligen via spetsen. Den sektionsändring som uppstår på var eller varannan meter genom skarvplåtarna försvårar dock tolkningen av hur lasterna förs över till jorden. Det mest sannolika är att spetsbärligheten fördelas mellan dessa skarvplåtar, dvs. lasten upptas successivt på flera nivåer.

För provpålarna nr 17 och 82 registrerades en kvarstående deformation efter avlastning till 3 resp. 2 mm. För provpåle nr 17 har dessutom utförts en provbelastning under 24 timmar med konstant last, 470 kN (brukslast). Härvid erhöles en momentan deformation av 9 mm med motsvarande återfjädring efter avlastning. Någon krypning hos pålen registrerades således ej för detta belastningsfall.

2.4.3 Tillåten pållast

På grundval av de utförda provbelastningarna föreslogs en tillåten pållast av ca 500 kN vid neddrivning av pålen med godkänd tryckluftshejare och med en sjunkningshastighet vid slagningens upphörande av 100 mm/min. Ett starkt argument för detta ställningstagande var den obetydliga sättningskillnad som erhöles för provpålarna slagna med varierande stoppkriterier. Någon nämnvärd fördel med den hårdare slagningen ansågs därför ej föreligga. Tvärtom har ett mildare stoppslagningskrav klara fördelar eftersom detta dels ger kortare pålar (bättre pållningsekonomi) och dels begränsar vibrationerna och därmed sammanhängande risk för besvärande sprickbildning i omgivande byggnader under pållslagningen.

Förslaget att välja tillåten belastning till 500 kN/påle vid en maximal sjunkning av 100 mm/min diskuterades med berörda byggnadsinspektörer i kommunen. Dessa ansåg dock att underlaget för att tillåta denna last var otillräckligt och rekommenderade därför en reduktion av tillåten pållast till 400 kN vid slagning till en maximal sjunkning av 100 mm/min. Som ett alternativ härtill diskuterades en högre tillåten last med ett hårdare stoppslagningskrav. Från byggnadsinspektionens sida accepterades en tillåten last av 470 kN (pålningsklass A med 1 mm avrostning) vid en sjunkning av 5 ä 10 mm/min under 3 på varandra följande minuter med avtagande tendens. Med hänsyn till att konstruktören önskade utnyttja så hög tillåten last som möjligt har sistnämnda alternativ använts vid dimensioneringen.

2.4.4 Utvärdering av bärigheten ur pressometermätningar

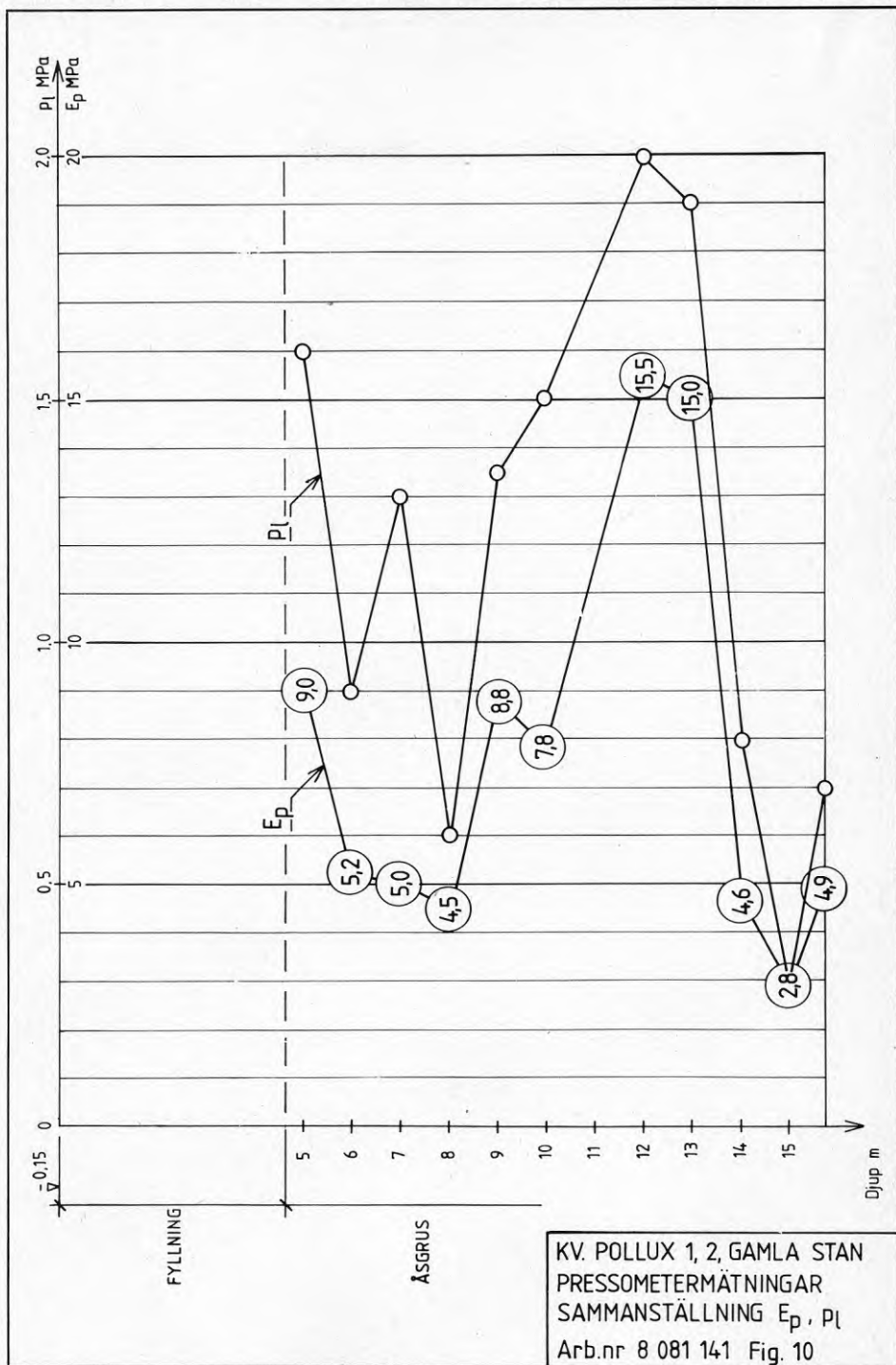
Bärförmågan hos en påle erhålls generellt som summan av spetsbärigheten och friktionen längs pålens mantelyta. En bedömning av bärigheten på basis av konventionella bärighetsformler är svår att utföra eftersom någon säker metod för bestämning av friktionskoefficienten mellan jord och påle inte existerar. Enligt den franska firman Technique Louis Menard kan brottslasten för en påle ur pressometermätningar i princip utvärderas enligt formeln

$$P_{\text{brott}} = k \cdot A_{\text{sp}} \cdot p_1 + S \cdot A_m$$

där den första termen avser spetsbärigheten och den andra motståndet längs mantelytan. I formeln är

- k = bärighetsfaktor (beroende av jordart och nedslagningsdjup)
- A_{sp} = pålens tvärsnittsarea
- p_1 = gränstryck vid pålspetsen
- S = mantel motstånd som funktion av gränstryck (högre värde vid spetsen)
- A_m = pålens mantelyta

Beräkningen av bärigheten för aktuella pålar på basis av utförda pressometermätningar försvåras dels av pålarnas speciella geometri (X-sektion) och dels av den störning som uppkommer i jorden genom sektionsändringen vid skarvplåtarna. Utan hänsyn tagen till skarvarnas inverkan och med en mantelyta beräknad med utgångspunkt från en omkrets av 50 cm (fyra kvartscirkelbågar. $r = 6,7$ cm + fyra ändytor). För en 13,5 m lång påle nedslagen ca 9 m i friktionsjord under fyllningen erhålls härvid beräkningsmässigt en brottslast av ca 200 kN (20 Mp) varvid merparten av lasten (ca 90 %) överförs genom friktion längs pålens mantelyta. Beräkningen har utförts med ett övre och ett undre genomsnittligt värde för p_1 av 1,0 resp. 1,5 MPa. Vidare förutsätts att pålen ej slagits till stopp mot block eller berg.



Den ur pressometermätningarna beräknade brottslasten är således avsevärt lägre än brukslasten, vilket styrker ovanstående antagande att pålarna i huvudsak är spetsbärande, varvid en viss del av lasten sannolikt överförs till jorden via skarvplåtarna.

2.5 Kontrollåtgärder

Omfattande och komplicerade grundförstärkningsarbeten åtföljs ofta av sprickbildning, i första hand i den förstärkta fastigheten men även i de närmast omgivande byggnaderna. Detta gäller särskilt för äldre byggnader som tidigare undergått sättningar.

Ett arbetsmoment som vid förstärkningen av kv. Pollux var särskilt känsligt var slagningen av stålplåarna, vilket alstrade vibrationer i omgivande mark och byggnader. Ur sättnings synpunkt är detta ofta en riskfaktor genom den omlagrings- och packningseffekt som erhålls i jorden, speciellt om denna är löst lagrad. I ogynnsamma fall kan skador även uppstå genom att de vibrationer som överförs till byggnadsstommen blir särskilt kraftiga. Sådana risker kan generellt påräknas där vibrationer alstras i samband med byggnadsaktiviteter i direkt anslutning till befintliga byggnader, men husen i Gamla stan är genom hög ålder, heterogen grundläggningsmetodik samt tidigare inträffade sättnings-skador särskilt känsliga för störningar.

Schaktningen för betongplattan och håltagningar för konsolerna medför temporära försvagningar av grundkonstruktionen och kan därför också ha medfört sättningar.

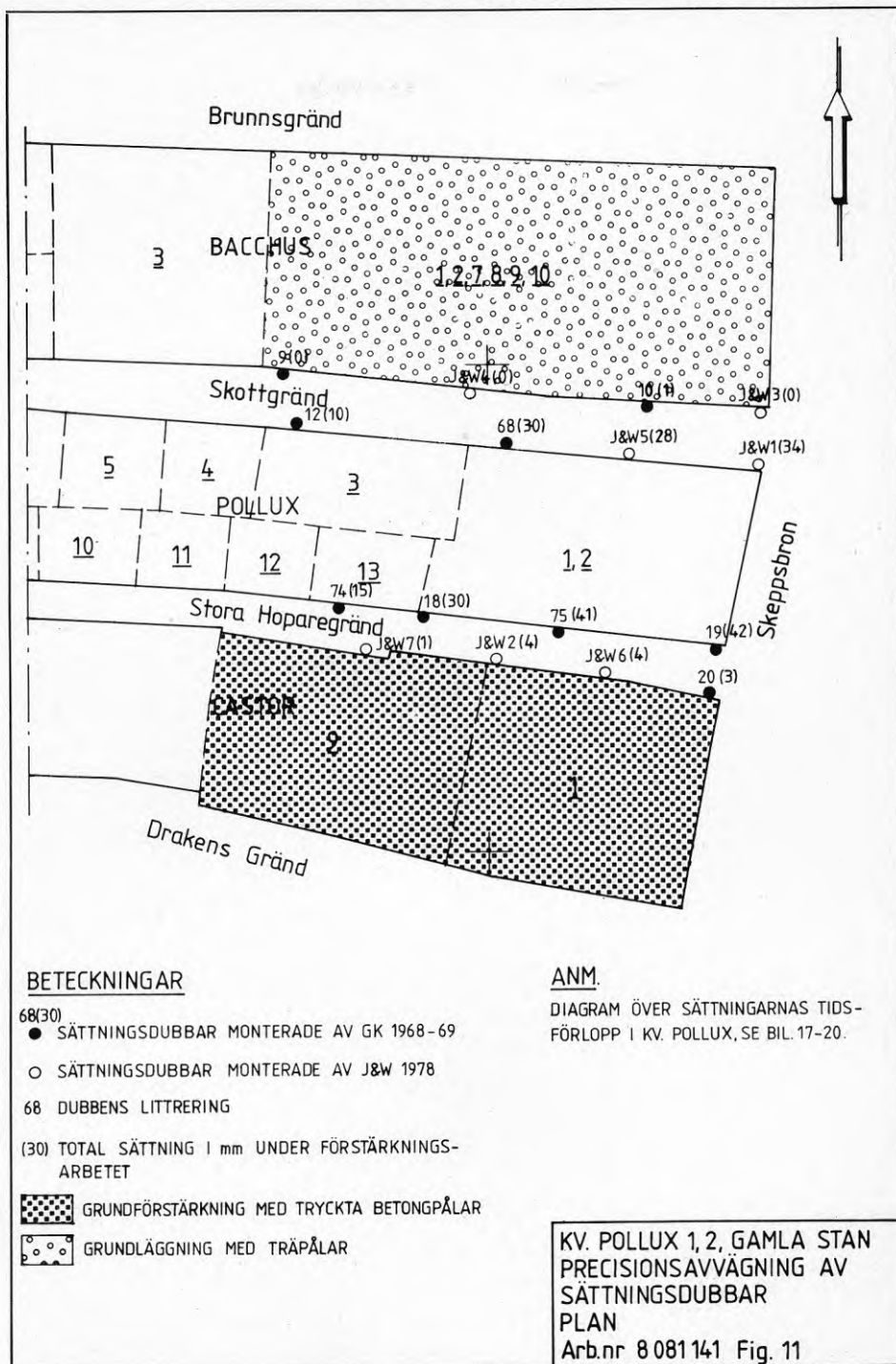
Av dessa skäl har tämligen omfattande kontrollåtgärder utförts under förstärkningsarbetet både för den aktuella byggnaden och för grannfastigheterna. Kontrollen har omfattat följande moment.

- Sättningsmätningar
- Vibrationsmätningar
- För- och efterbesiktningar (sprickkartering)
- Blindpåle i fyllning för korrosionskontroll

2.5.1 Sättningsmätningar

Sättningsmätningar har utförts genom avvägning av totalt 16 ståldubbar monterade utvändigt i hussocklarna såväl i den grundförstärkta som i angränsande byggnader i kv. Pollux, kv. Bacchus och kv. Castor. Dubbarnas placering framgår av Fig. 11.

Resultatet av mätningarna framgår av Fig. 11 där sättningarnas totala storlek under förstärkningsperioden finns redovisade och av Bil. 12 - 15 som i diagramform visar sättningsutvecklingen för de åtta dubbarna i kv. Pollux där de största sättningarna inträffat. Nedan återges i korthet några intressanta informationer som framkommit vid mätningarna.



De största sättningarna har uppmätts i den grundförstärkta byggnaden och varierar här mellan ca 30 och 40 mm. Som framgår av sättningsdiagrammen är sättningsförloppen tämligen väl synkroniserade med arbetsordningen - från den inre delen i riktning ut mot Skeppsbron. Förhållandena exemplifieras särskilt väl av dubbarna 19 och 68 (Bil. 15). Som synes sker inga eller endast små sättningar under byggesemestern i juli.

Efter arbetenas avslutande har praktiskt taget inga sättningar uppmätts. För efterkontroll kommer ytterligare någon avvägning att utföras.

I de båda angränsande fastigheterna, kv. Pollux 3 och 13, uppgick den totala sättningen till 10 å 15 mm (dubbar 12 och 75). Sannolikt var dock sättningarna större närmast övergången mot den grundförstärkta byggnaden men mätpunkter saknas här.

Mätningarna i angränsande fastigheter på ömse sidor om gränderna (kv. Castor och kv. Bacchus) visar att praktiskt taget inga sättningar uppkommit i den med träpålar grundlagda byggnaden i kv. Bacchus nr 1, 2, 7-10 (byggnadsår 1901). I de båda med tryckta betongpålar grundförstärkta husen i kv. Castor nr 1 och nr 9 uppmättes däremot smärre sättningsrörelser av storleken 1 - 4 mm.

2.5.2 Vibrationsmätningar

Mätningar av vibrationer i samband med påslagningen utfördes i grannfastigheten mot Stora Hoparegränd nr 2 (kv. Pollux nr 13). Dessa mätningar utfördes främst med anledning av besvärande vibrationer i samband med användning av vibrohammaren.

En första mätning utfördes 78-03-31 i två mätpunkter (på golv och på vägg) i översta våningen. Under två 5 min. långa perioder och med samtidig användning av vibrohammaren mättes vibrationerna med hjälp av vibrationsmätare typ B&K 2551. Under båda perioderna var svängningshastigheten låg, <1 mm/s.

En förnyad mer omfattande försöksserie utfördes 78-04-04 varvid den tidigare utnyttjade vibrometern kompletterades med en skrivare och dessutom anslöts till en givare i pannrummet i källaren. Vid denna mätning registrerades vibrationerna omväxlande från både tryckluftshejare och vibrohammare och dessutom även vid varierande kapacitet hos dessa.

Mätningarna visade principiellt att vibrationerna var större längst upp i byggnaden jämfört med i källaren. Vid användning av tryckluftshejaren erhöles genomgående låg svängningshastighet (<1 mm) med avtagande storlek vid minskning av slaghöjden.

Vid användning av vibrohammaren var förhållandena mer komplicerade. De största vibrationerna erhöles härvid under gång vid en utnyttjad kapacitet av ca 75 % och i samband med avstängningen varvid normalt svängningshastigheter om 1,5 å 2 mm/s registrerades. Tillfälliga kraftigare vibrationer bedömdes dock kunna inträffa vid besvärliga passager i fyllningen (stenar, rustbäddar o.dyl.) varvid pålen "skakade" på samma nivå under kortare eller längre period.

Mätningarna den 4 april medförde inga ändringar i påslagningsslagmetodiken men det beslöts att kontinuerliga mätningar skulle utföras i två punkter i källardelen.

Under perioden 10 april - 18 maj registrerades endast små vibrationer ($v < 1$ mm/s). För dagarna 18 - 19 maj uppgav fastighetsägaren att vibrationerna ökat kraftigt. En kontroll av registreringsremsan bekräftade detta och visade att vibrationsnivån under korta perioder den 18 maj var avsevärt högre än 1 mm/s. Den högsta registrerade svängningshastigheten var ca 16 mm/s. En samtidig enkel besiktning av fastigheten visade att nya sprickor uppkommit i väggarna såväl ut- som invändigt.

Med anledning härav avbröts all påldrivning med vibrohammare under de fortsatta arbetena.

2.5.3 För- och efterbesiktningar (sprickkartering)

För- och efterbesiktningar har utförts för de tre fastigheter- na kv. Pollux nr 13, kv. Castor nr 1 samt kv. Bacchus nr 1, 2, 7-10 (jfr Bil. 16). Vid dessa besiktningar har nedanstående iakttagelser gjorts.

I fastigheten kv. Pollux nr 13 (Stora Hoparegränd 2), belägen i anslutning till och omedelbart väster om den grundförstärkta fastigheten, har ett flertal skador uppkommit under grundförstärkningen. Vid förbesiktningen 1977-11-17 registrerades invändigt i begränsad omfattning härfinna-medelgrova sprickor (max. sprickvidd 2 mm) i golv, väggar och tak. I ytterfasaden, vilken nyligen var omputsad och i gott skick, fanns endast ett par fina sprickor i anslutning till entrén.

Efterbesiktningen 1978-11-30 visade att ett flertal skador uppkommit under förstärkningsperioden, främst i trapphuset och i den östra delen av fasaden mot gränden (närmast kv. Pollux 1, 2). Även i övrigt i fastigheten har ett flertal nya sprickor uppkommit samt vissa tidigare sprickor vidgats. I den tidigare i stort sett oskadade fasaden hade inom den östra delen ett flertal sneda sättningssprickor uppstått i fönsterbröstningarna. Rikligt med sprickor hade även uppkommit invändigt i trapphusdelen i detta parti. Under förstärkningsarbetets gång har vissa fönster och dörrar justerats (genom hyvling). Svårigheter att öppna en del av dessa kvarstod vid efterbesiktningen.

Den sättningsdubb (nr 74) som fanns i fasaden till denna fastighet visar att sättningar av storleken 15 mm uppkommit under arbetet. Merparten av dessa sättningar inträffade under maj 1977, dvs. under den period när påslagningen i närmast angränsande utrymme pågick (rum K01-02). De underhandsbesiktningar som utfördes under sensommaren visar en viss tidsmässigt eftersläpning av skadorna.

I den med tryckta betongpålar grundförstärkta fastigheten kv. Castor nr 1 (Skeppsbron 24) iaktogs vid förbesiktningen 77-12-12 smärre sprickor med mycket ringa omfattning såväl ut- som invändigt. Vid efterbesiktningen 78-11-27 konstaterades att grundförstärkningsarbetena haft mycket liten inverkan

på byggnaden. Endast i två utrymmen på fjärde och femte våningen hade en spricka ökat något i omfattning samt en ny spricka uppkommit.

I den med träpålar grundlagda fastigheten kv. Bacchus nr 1, 2, 7-10 (Skeppsbron 20) iaktogs vid förbesiktningen i november-december 1977 en mängd hårfina-grova sättningssprickor, i huvudsak koncentrerade till källarvåningen. I övriga våningsplan fanns enstaka sprickor och i fasaden mot gränden inga sprickor. Vid efterbesiktningen 78-12-07 hade ett flertal nya, huvudsakligen hårfina sprickor uppkommit i första hand i de nedre våningsplanen. Anmärkningsvärt var att några grova sprickor i källaren hade minskat i storlek sedan förbesiktningen.

En jämförelse av resultaten från besiktningarna med resultaten från utförda precisionsavvägningar är intressant. För kv. Castor nr 1, där praktiskt taget inga skador uppkommit under förstärkningsarbetet, uppgick sättningarna till 3 å 4 mm medan för kv. Bacchus 1, 2, 7-10 där ett flertal nya fina sprickor uppkommit, praktiskt taget inga sättningar registrerades vid avvägningarna. Med hänsyn till resultatet av avvägningarna borde rimligtvis större skador ha uppkommit i kv. Castor än i kv. Bacchus. Ett flertal faktorer inverkar dock på om skador uppstår eller ej, främst byggnadens kondition, eventuella tidigare sättningar och storleken av uppkomna sättningsdifferenser. I fallet kv. Castor nr 1 har uppenbarligen byggnaden kunnat uppta de ojämna sättningarna genom ökade spänningar i konstruktionen utan motsvarande sprickbildning. I kv. Bacchus har de nya hårfina sprickorna sannolikt orsakats av en spänningsutjämning orsakad av vibrationer från slagningen av de nya pålarna. För denna teori talar det faktum att vissa sprickor i källarlokalerna minskat under arbetena.

2.5.4 Blindpåle i fyllning för korrosionskontroll

I samband med pålningsarbetena nedsattes i rum K 05 en "blindpåle" till fyllningens underkant. Pålen sattes i övrigt under samma betingelser som övriga pålar vad beträffar förborring, skarvning och rostskyddsbehandling. Avsikten är att efter viss tid (ca 10 år) ta upp pålelementen för kontroll av eventuella korrosionsangrepp.

2.6 Kostnader

2.6.1 Upphandlingsform

Ersättningen för grundförstärkningsarbetet är i huvudsak baserat på löpande räkningsförfarande, dvs. entreprenören får betalt efter verifierad nedlagd arbetsinsats uppdelad på timlöner, maskinhyror och material. I upphandlingen ingick även vissa fasta kostnader för

- platsadministration och teknisk ledning
- etablering, el, vatten, bodar, div. småmaskiner
- resor och traktamenten

Dessa poster var ursprungligen prissatta med utgångspunkt från en tid för arbetenas färdigställande per 78-06-01. Beroende av arbetets förlängda utsträckning i tiden har dessa kostnader senare uppjusterats.

2.6.2 Kostnadernas fördelning

Den totala kostnaden för grundförstärkningen uppgår till 2650 tkr, fördelad på följande två huvudposter

- entreprenadkostnader (endast grundförstärkningen) 2220 tkr
- konsultkostnader (projektering, byggadm., kontroll, uppföljning) 430 tkr

Konsultkostnadernas inbördes fördelning mellan de olika aktiviteterna var:

- konstruktion + geoteknik 200 tkr
- byggadministration och kontroll 140 tkr
- uppföljning (avvägning, seismik, besiktningar) 90 tkr

Av konsultkostnaderna kan ca 50 tkr hänföras till utredningar för det ursprungliga förstärkningsförslaget.

I entreprenadkostnaden har endast medtagits den del som kan hänföras till själva förstärkningsarbetet, i princip kostnader för arbeten utförda fram till 24 oktober när grundförstärkningen avslutades. I denna summa ligger även en kostnad av ca 100 tkr som ej direkt kan hänföras till själva förstärkningsmomenten men som ändå är nödvändiga för arbetenas bedrivande. Här ingår i huvudsak forceringskostnader för skiftarbete, kostnader i samband med flyttningar av oljetank och VVS-ledningar, diverse förbrukningsmaterial m.m. Dessutom ingår ca 50 tkr för "extraordinära" arbeten i rum K 0102 och K 12 (stilleståndskostnader vid övergång från träpålar till stödpålar, exceptionella problem p.g.a. trångt utrymme).

För att visa kostnadernas fördelning på olika arbetsmoment - uppdelade efter samma principer som redovisats ovan under punkt 2.3 i den praktiska arbetsbeskrivningen - har en uppspaltning av kostnaderna utförts enligt nedanstående tabell.

För varje arbetsmoment har den totalt ingående arbetsvolymen framtagits i en lämplig enhet varpå en genomsnittlig kostnad för resp. enhet beräknats. Tabellens tre sista kolumner visar fördelningen i % mellan arbetskostnad-maskinhyror-material (inkl. transporter).

TABELL 3. GRUNDFÖRSTÄRKINGSKOSTNADER (KV. POLLUX 1, 2)

Arbetsmoment	Arbetsvolym	Kostnad	Kostnadsfördelning i % mellan			Kostnad/arbetsmoment tkr
			Arbetskostnad	Maskinhyror	Material (inkl. transporter)	
Schaktning						
Inkl. bllning av betonggolv och grovplanering	197 m ³ (teor. fast volym)	950:-/m ³	60 %	20 %	20 %	187
Förstärkning av grundmurar						
Betongsprutning och injektering av grundmurar	245 m ³ (teor. grundmursvolym)	320:-/m ³	60 %	15 %	25 %	78
Konsoler (lastövertöring)						
Diamantborrning	4.990 (uppburna Mp)	62:-/uppb. Mp	60 %	40 %	-	304
Urbllning konsollupplag						
Kontaktinjektering (95 konsoler)						
Förborrning (3-5 m)	108 pålar	340:-/påle	35 %	55 %	10 %	37
Pålning						
Leverans, slagnig, kapning och montering av tryckfördelningsplatta	1.475 m (eff. medellängd 13,5 m)	430:-/m	25 %	10 %	65 %	634
Korrosionsskydd (epoxi)	1.475 m	120:-/m			100 %	177
Armering och gjutning						
Inkl. formsättning	148,5 m ³ (teor. volym)	1.570:-/m ³	45 %	1 %	54 %	233
Diverse bilningsarbeten			70 %	30 %	-	87
Platsadministration och teknisk ledning			40 %	15 %	45 %	194
Etablering, el, vatten, bodar, småmaskiner m.m.	FASTA KOSTNADER (fördelad på ingående arbetsmoment)					137
Resor och traktamenten						(145)
	Summa					2070

*Genomsnittlig fördelning av ovanstående kostnader(ej fasta kostnader)

Kommentarer till tabellen

Den totala kostnaden enligt tabellen blir ca 2070 tkr, dvs. den överensstämmer med fakturerad grundförstärkningskostnad minskad med de indirekta förstärkningskostnaderna + "extraordinära" kostnader i rum K 0102 och K 12 (2220 - 150 = 2070 tkr). Det kan diskuteras vad som i detta fall representerar den verkliga förstärkningskostnaden. För att vid kalkylering av kostnader för nya förstärkningsprojekt kunna utnyttja ovanstående tabell föreslås att den lägre summan (2070 tkr) används varpå man från fall till fall får bedöma storleken av förväntade extrakostnader.

Den fasta posten för "Diverse bilningsarbeten" inkluderar huvudsakligen bortbilning av utstickande grundmurar i samband med schaktningen samt erforderliga håltagningar i grundmurarna för transporter m.m.

Den valda enheten för konsolerna för överföring av lasterna från grundmurarna, "uppburen Mp" kan diskuteras men motiveras av den stora variationen i utformningen av slitsarna. En omräknad genomsnittlig kostnad per konsol (totalt 95 st) blir 3200 tkr.

Av materialkostnaden för "Pålning", 65 % motsvarande 280 kr/m, utgör i genomsnitt ca 2/3 kostnader för skarvanordningen (220 kr/skarv) och ca 1/3 för själva pålen.

Under "Armering och gjutning" har den teoretiska volymen använts (enligt konstruktionsritningarna). Den verkliga åtgången av betong var ca 20 % högre.

Genomsnittliga kostnader

Ur tabellen har vissa genomsnittskostnader för själva entreprenadarbetet beräknats.

Den genomsnittliga totala kostnaden räknad per m² för vissa ytenheter framgår av nedanstående tabell.

TABELL 4. Kostnader per ytenhet

Enhet	Storlek m ²	Entreprenad- kostnad kr/m ²	Entreprenad- + proj.kostnad kr/m ²
Byggnadsyta	340	6530	7790
Våningsyta	1530	1450	1730
Lägenhetsyta	980	2270	2700

Genomsnittskostnaden för enbart pålningsarbetet (momenten korrosionsskydd, förborring, pålning) räknad per m påle blir 700 kr/m, eller - räknat per m och uppburet Mp - 0,14 kr/m · Mp (pålningkostnad dividerad med total pållängd x husets vikt). I pålningskostnaden har medräknats en fast andel, 150 tkr, vars storlek står i proportion till pålningsens andel av den totala kostnaden.



Fotografi taget från Järntorget

3.1 Beskrivning av förstärkningsobjektet

Kv. Narcissus är beläget mellan Skeppsbron och Järntorgsgatan och gränsar till Södra Bankogränd och Norra Dryckesgränd i norr och söder. Fastigheten nr 4 består av två hus som upptar kvarterets västra del (mot Järntorget). Byggnadernas historia är delvis känd genom studier i mantalslängder o.dyl. Huset närmast Järntorget är uppfört under 1600-talets första hälft av apotekare Anders Månsson Bieber. Även det andra huset antas vara från ungefär samma tid. Fastigheten fick sin nuvarande utformning vid en om- och tillbyggnad år 1778 och har sedan dess utnyttjats för bostadsändamål med affärslokaler i gatuplanet. Nuvarande ägare är AB Stadsholmen.

Byggnaden omfattar fyra våningar jämte vinds- och källarvåning. Planmåttan är ca 15 x 21 m. Konstruktivt består byggnaden från bottenplanet och uppåt av murade tegelväggar med träbjälklag. Källaren, vars golvnivå trappas nedåt från Järntorget mot Skeppsbron (+2,4 till +1,2) har tegelvalv med varierad utformning (enkel- och dubbelvalv).

Grundläggningen av husen hade varierande utformning. Enligt provgröpar utförda år 1970 var grundmurarna mot Järntorgsgatan i väster lagda direkt på åsgrus. Inom den östra delen, där åsens överyta ligger lägre och där fyllningens tjocklek ökar, var grundläggningen utförd med trärustbädd lagd direkt i fyllningen. Rustbädden ligger på nivån ca ± 0 och har kraftiga rötangrepp. I vissa fall har förmultningen gått så långt att hålrum uppstått under grundmurarna.

3.1.1 Byggnadsskador

Till följd av multnadsprocesser i rustbädden och sättningar i fyllningen har fastighetens östra del utsatts för stora och ojämna sättningar, uppskattningsvis av flera dm storlek. Stora sprickor har härvid uppstått i tegelvalven i källaren och i in- och utvändiga väggar. Av tidigare skadebesiktningar framgår att den sättningsdrabbade delen av byggnaden blivit "hängande" mellan den med träpålar grundlagda grannfastigheten, kv. Narcissus nr 1 (uppförd år 1908), i öster och den del av byggnaden som är grundlagd på åsgrus.

På grund av de omfattande skadorna har fastigheten de senaste åren varit utrymd.

3.1.2 Jordartsförhållanden

Kvarteret Narcissus ligger på Stockholmsåsens östsluttning (lutning ca 1:2) ned mot Saltsjön. Den västra delen av den aktuella fastigheten har kontakt med naturligt åsmaterial, medan åsen i den östra delen är täckt av högst 6 m fyllning.

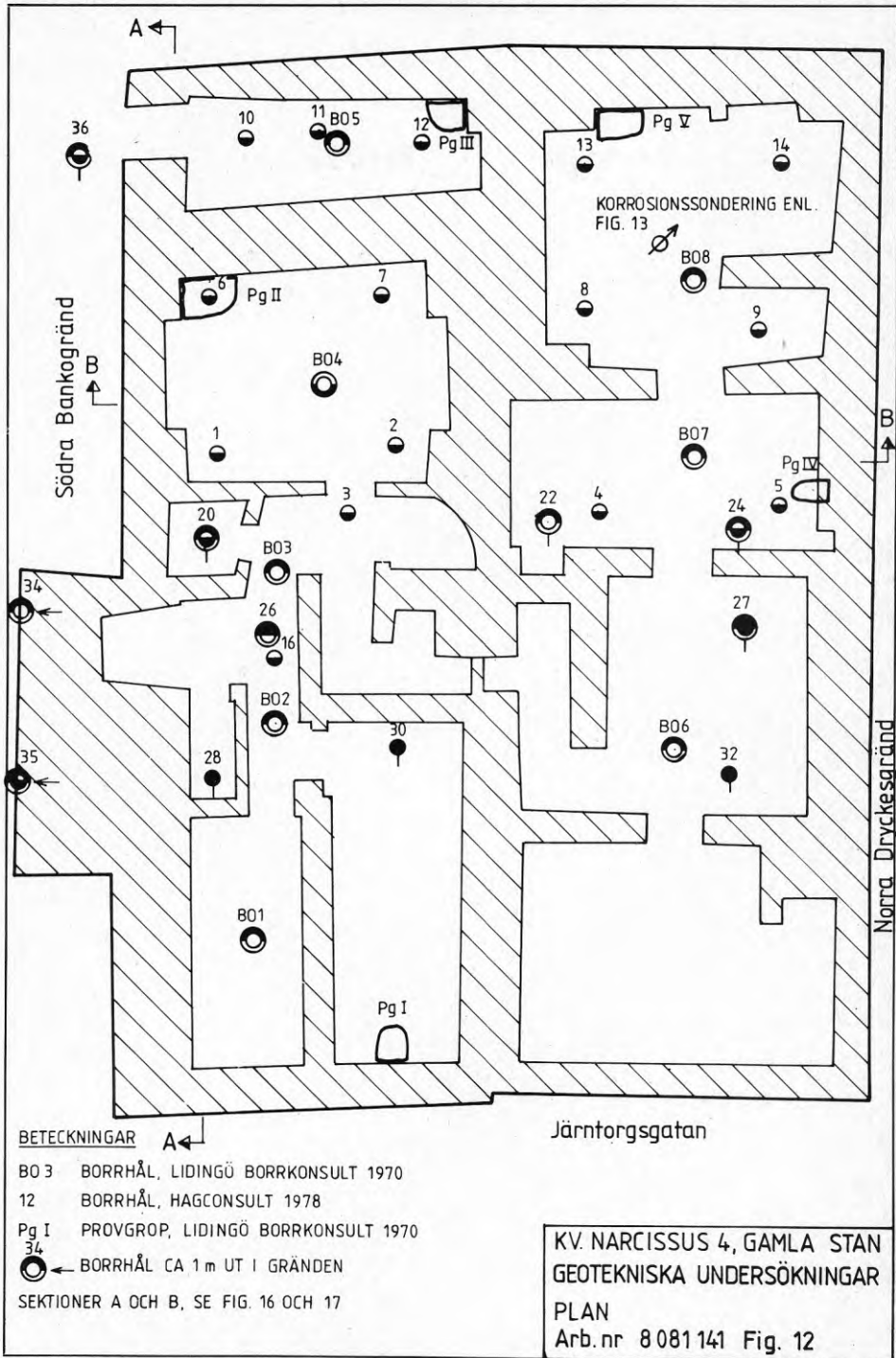
Under 1970-talet har flera geotekniska undersökningar utförts med omfattning enligt Fig. 12. År 1970 utförde Lidingö borrkonsult AB en geoteknisk undersökning i källaren. Den omfattade schaktning av provgropar för observation av byggnadernas grundläggningssätt samt upptagning av störda jordprover ned till åsens överyta.

År 1978 utförde Hagconsult AB en vikt- och sticksondering inom den östra delen av fastigheten, huvudsakligen i syfte att bedöma eventuell förekomst av pålningshinder i fyllningen.

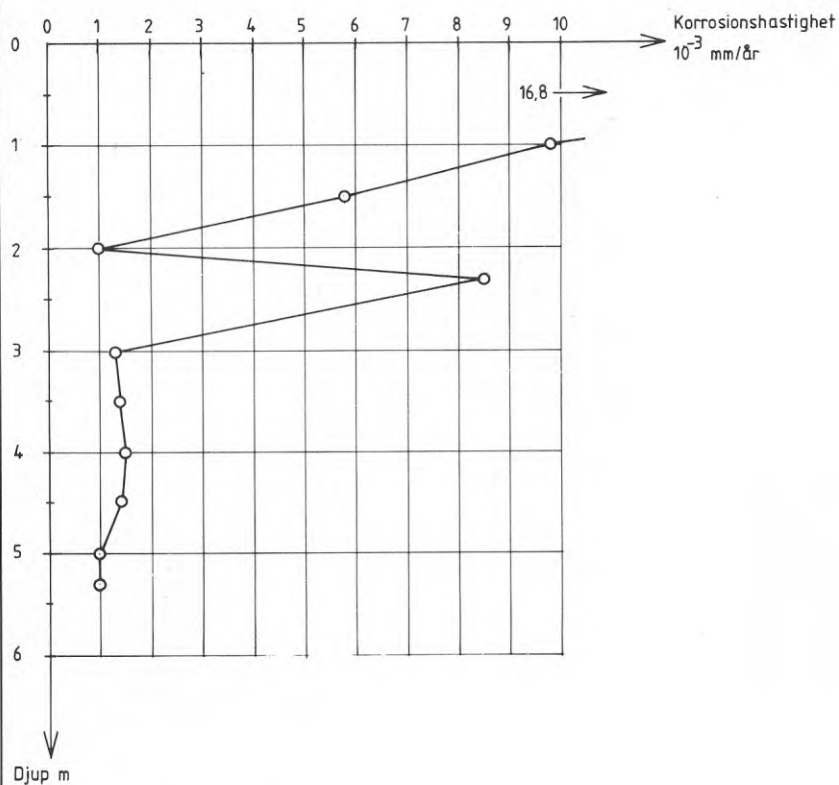
I samband med grundförstärkningsarbetena utförde Hagconsult sommaren 1978 en kompletterande undersökning av åsmaterialet i fastighetens västra del. Denna undersökning omfattade viktsondering (med och utan foderrör), slagborrsondering och upptagning av störda jordprover. Samtidigt utfördes mätningar av fyllningsjordens korrosivitet med NGIs korrosionssond. Resultat av denna framgår av Fig. 13.

Borrningar till berg har utförts i Södra Bankogränd av Kjessler & Mannerstråle år 1969.

Undersökningsresultaten kan sammanfattas på följande sätt. Under den västra delen av fastigheten har åsens ytlager sannolikt schaktats av och jorden består närmast under källargolvet av stenigt grus. Längre österut är åsens ytlager finkornigare, sand och grus, med inslag av silt. På någon eller några m djup under åsytan blir jorden grövre och innehåller sten. Lagringstätheten är fast med undantag av enstaka skikt. Vid den senare pålningen framgick att motståndet vid neddrivningen i åsmaterialet varierar starkt, sannolikt till följd av förekomst av steniga eller blockiga lager (rullstenslager) snarare än varierande lagringstäthet hos åsmaterialet.



Resultat av korrosionssondering i fyllning; referensnivå +1,24



Anm.

Mätpunktens läge, se Fig. 12

KV. NARCISSUS 4, GAMLA STAN
KORROSIONSSONDERING

Arb.nr 8 081 141 Fig. 13

Åsens totala mäktighet är ca 30 m varför bergytan ligger djupt, på nivåer omkring -35.

Fyllningens sammansättning varierar stort men den består huvudsakligen av sand, grus och sten, lokalt med hög organisk halt samt tegelrester. Därtill finns ett betydande inslag av gamla grundrester i form av trästockar (rustbäddar, pålar och sannolikt även kaj- eller bryggkonstruktioner). En åldersanalys har utförts för tre pålar genom radioaktiv datering, varvid konstaterades att dessa var från åren 1300, 1375 resp. 1650 med en marginal av ± 100 år.

Fyllningens korrosivitet undersöktes i en punkt till ca 5 m djup inom den östra delen. Den uppmätta korrosiviteten är måttlig ned till ca 2,5 m djup under källargolvet och därunder låg eller mycket låg. Som framgår av Fig. 13 varierar korrosionshastigheten i den övre delen av fyllningen mellan 0,6 och 1,7 mm/100 år och uppgår i den undre delen till max. 0,15 mm/100 år.

3.1.3 Bakgrund till val av förstärkningsmetod

Planer på grundförstärkning av fastigheten har funnits under lång tid och en rad alternativ har studerats. För delen mot Järntorget ansågs stabiliteten vara otillfredsställande varför önskemål om reduktion av de höga grundtrycken (0,3 å 0,5 MPa) förelåg, t.ex. genom etappvis undergjutning av grundmurarna. För den resterande delen planerades att föra ned huslasterna till åsen för att därigenom undvika ytterligare sättningar.

Förstärkning med slagna pålar bedömdes vara olämpligt, främst med hänsyn till att byggnadsstommen var i dåligt skick genom tidigare stora differenssättningar. Hänsyn måste även tas till den träpålade grannfastigheten (kv. Narcissus nr 1) så att inverkan på denna blev så liten som möjligt. Även ett förslag till förstärkning med konventionella tryckta betongpålar och hel armerad betongplatta skisserades. Förslaget ansågs dock svår genomförbart främst på grund av hindrande trävirke i fyllningen och genom att de höga pulserande lasterna under en långvarig stopptryckning sannolikt skulle öka byggnadsskadorna. Dessutom bedömdes metoden ej vara ekonomiskt konkurrenskraftig.

Mot denna bakgrund utreddes ett förstärkningsalternativ med lätta slagna stålörspålar. Denna metod bedömdes vara fördelaktig ur ekonomisk synpunkt. Eftersom typgodkännande från Statens Planverk finns för sådana pålar var frågor som tillåten last, stoppslagningskriterium och korrosion i princip klarlagda. Slagningen av pålarna med den normalt använda lätta hejaren bedömdes genom erfarenheter från andra projekt (ej i Gamla stan) ej i nämnvärd omfattning orsaka skadliga vibrationer. Däremot rädde viss tveksamhet dels om pålarna skulle bli tillräckligt raka (en nödvändighet för stålörspålar) och dels om de skulle kunna slås ned till åsen genom fyllningen trots riklig förekomst av hindrande trävirke.

Efter sticksonderingar intill grundmurarna bedömdes det vara möjligt att kunna neddriva pålarna varefter nedan beskrivna pålningsförslag upprättades.

För den västra, på åsen grundlagda delen ansågs stabiliteten delvis vara otillräcklig, vilket löstes genom lokala undergjutningar till en lägre nivå i åsen. En reduktion av grundtrycket genom att utföra bredare grundplattor under murarna ansågs dock ej medföra några nämnvärda fördelar.

3.2 Principiell beskrivning av grundförstärkningsmetoden

Grundförstärkningen av kv. Narcissus nr 4 är utförd dels genom lokala undergjutningar av grundmurarna och dels med stålrörspålar, av vilka den sistnämnda metoden dominerar. Omfattningen av de båda metoderna framgår av Fig. 14.

Närmast Järntorget schaktades samtliga grundmurar fram (motiverades bl.a. av att golven skulle sänkas), varpå kontrollerades att lokala förstärkningsbehov ej förelåg. Några generella åtgärder vidtogs ej. Öster därom, där grundläggningen utförts på åsens sluttande överyta, sänktes grundläggningsnivån lokalt 1 ä 1,5 m genom etappvis undergjutning.

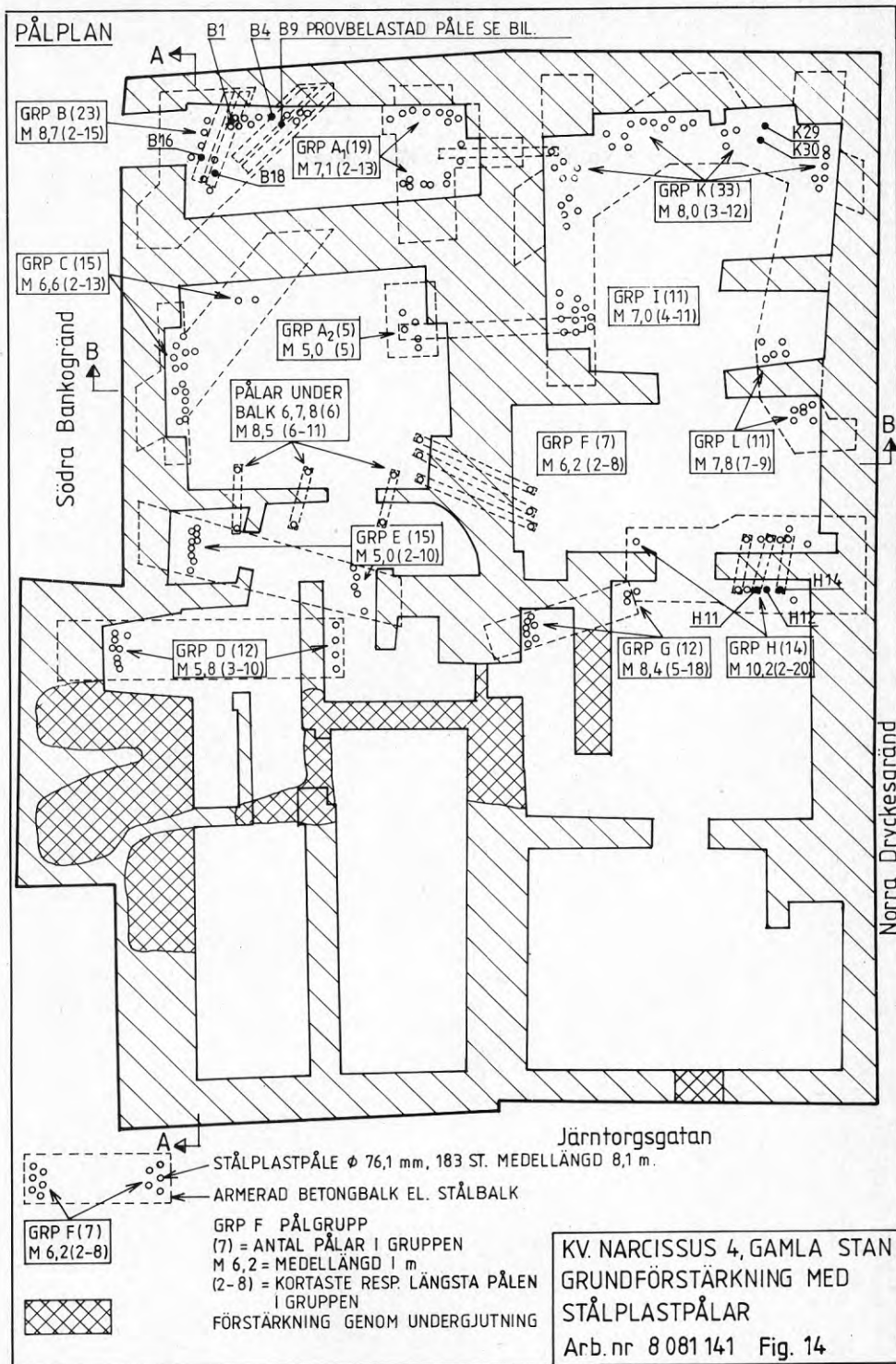
Den östra, större delen av byggnaden grundförstärktes med slag-na stålplastpålar. Totalt slogs 183 pålar med en medellängd av 8 m.

Stålplastpålen, se Fig. 15, består av ett kalldraget stålrör i hållfasthetsklass St 52 och med dimensionerna 76,1 x 4,0 mm (ytterdiameter x godstjocklek). Röret förses på valsverket med ett utvändigt korrosionsskydd av 1,8 mm tjock, limmad etenplast. Skarvning sker med utvändiga förzinkade stålrörshylsor, vilka trängs på pålröret sedan plastskiktet mjukgjorts genom uppvärmning. Förfarandet ger en rak, tät och dragstark (drygt 50 kN) skarv med samma böjstyvhet som pålen i övrigt.

Pålen är typpgodkänd för 142 kN nyttig last (exceptionellt 168 kN), efter kontroll av att krökningsradien i slagen påle är minst 150 m. Typpgodkännandet är vidare begränsat till 20 m pållängd och max. 7 skarvar.

Pålen slås med tryckluftshejare Atlas Copco TEP 40 med totalvikten 59 kg tills sjunkningen under 3 min understiger 5 mm/min. Efter kapning fylls pålarna med cementbruk (vct 0,5) som skydd mot invändig korrosion. I detta fall har igjutningen armerats med en centrisk spännarmeringsstång, GWS \varnothing 15 mm, skarvad med standardhylsor.

Lastöverförningen till pålarna sker via konsolbalkar som förts in i grundmurarna, se Fig. 14. Balkarna är normalt utförda som platsgjutna slakarmerade betongbalkar med höjden ca 1,0 m. Lokalt har stålbalkar använts, vilka kringgjutits med betong som korrosionsskydd.



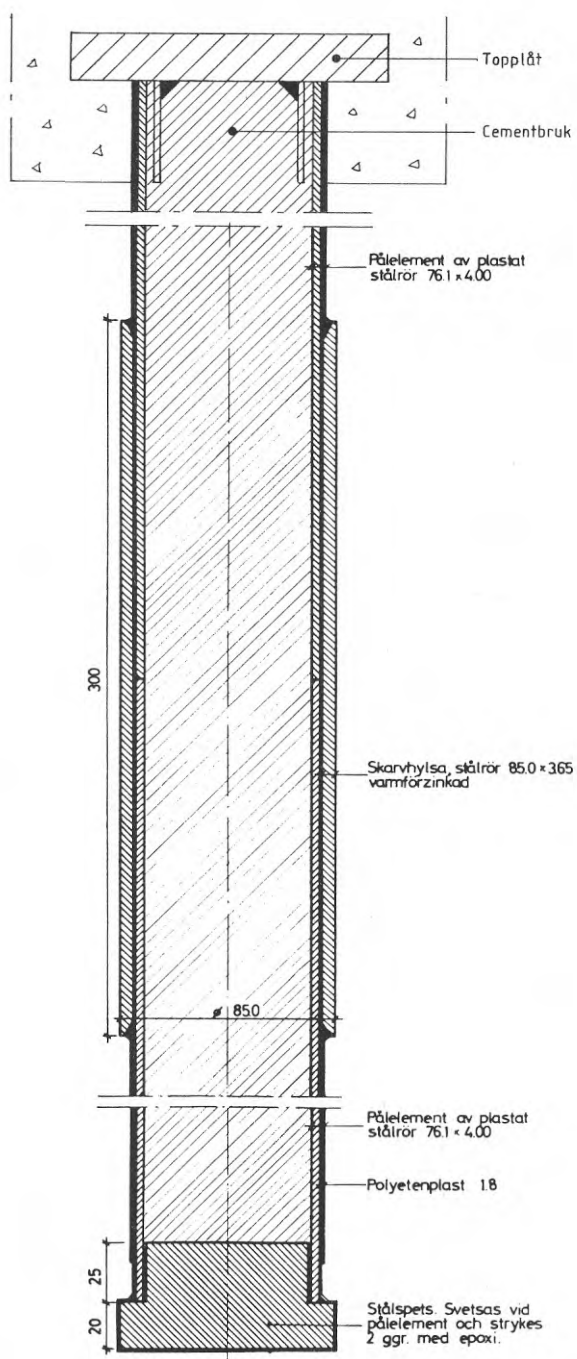


Fig. 15 Stålplastpåle $\varnothing 76,1 \times 4,0$

Pålarna nedslogs gruppvis i vardera balkänden (jfr Fig. 14) så nära grundmuren som möjligt och slogs inom gruppen med minimi-avstånd. Med denna placering kunde enskilda pålar vid hinder i marken flyttas tämligen fritt inom gruppen utan att deras gemensamma tyngdpunkt påverkades nämnvärt.

Takhöjden i pällägena, var efter grovschakt för balkarna normalt över 2 m men som lägst 1,6 m.

3.3 Praktisk beskrivning av arbetsutförande

Arbetena inom den pålade delen av fastigheten omfattade följande moment:

- Förberedelser
- Grovschakt för balkar och golv
- Förstärkning av grundmurar
- Pålning
- Kompletterande schakt för balkar
- Armering och gjutning av balkar
- Gjutning av nytt golv

Arbetena igångsattes i april 1978 i utrymmena mot Järntorget. I juni påbörjades schaktning i pålningsdelen. Eftersom samtliga ingående arbeten är flexibla utformades arbetsplanen för att utnyttja de begränsade utrymmena på bästa sätt, dvs. förstärkningsarbetena pågick med olika moment i hela källaren samtidigt. Grundförstärkningen avslutades i november 1978.

3.3.1 Förberedelsearbeten

Dessa omfattar främst upptagning av en ut- och inlastningsöppning med "hundbana" i yttermuren mot Norra Dryckesgränd, där temporär uppställning av lastbilar tilläts. Södra Bankogränd är tätt trafikerad och där disponerades gångbanan utanför huset som upplagsområde. Den kunde däremot ej användas för utlastning av schaktmassor etc.

3.3.2 Schaktning

Grovschaktning och erforderliga schakter för sänkning av källargolven utfördes med en gasoldriven hjullastare (Bobcat) vilken även försågs med hydrauliskt djupgrävaggregat. Schaktning under grundmurar, och i de utrymmen där inte lastmaskinen kunde ta sig in utfördes för hand. Hjullastaren användes för transport av samtliga schaktmassor till utlastningsstället. Utlastningen utfördes med en "hundbana" (en tippficka på brant rälsbana och med maskinell lyftanordning) direkt på bil eller i lift-dumperkärl på gatan.

Bilning har lokalt utförts, dels i samband med att transportöppningar togs upp i väggarna dels för att riva hindrande sentida betongkonstruktioner i källaren Dessutom har lokala utkragningar hos grundmurarna borttagits. Bilningen har i huvudsak utförts med en hydraulisk bilmaskin monterad på hjullastaren.

I pälgrupperna B och C fanns hindrande trävirke i form av tätstående, lutande stockar. I dessa utfördes schaktning för hand till ca 2 m djup under källargolvet varefter stockarna kapades för hand. Denna schaktning var mycket besvärlig med trånga utrymmen, bristande släntstabilitet och länshållningsproblem. Under arbetets slutskede utvecklade entreprenören en fräs, med vars hjälp hål kunde borras genom trävirke,

3.3.3 Förstärkning av grundmurar

Grundmurarna förstärktes lokalt över de nya grundbalkarna med slakbultar, Ks 40 \emptyset 25 mm typ Perfo. Bultarna monterades med handhållen eller knämatad borrarutrustning omedelbart efter grovschaktningen. De tjänade även som säkerhetsåtgärd under arbetenas utförande.

Lokalt utfördes temporär stämning av tegelvalven under schaktning- och pålningskedena. För att förhindra skadliga rörelser i murverket utfördes dessutom lokala betonggjutningar mot källmurarna.

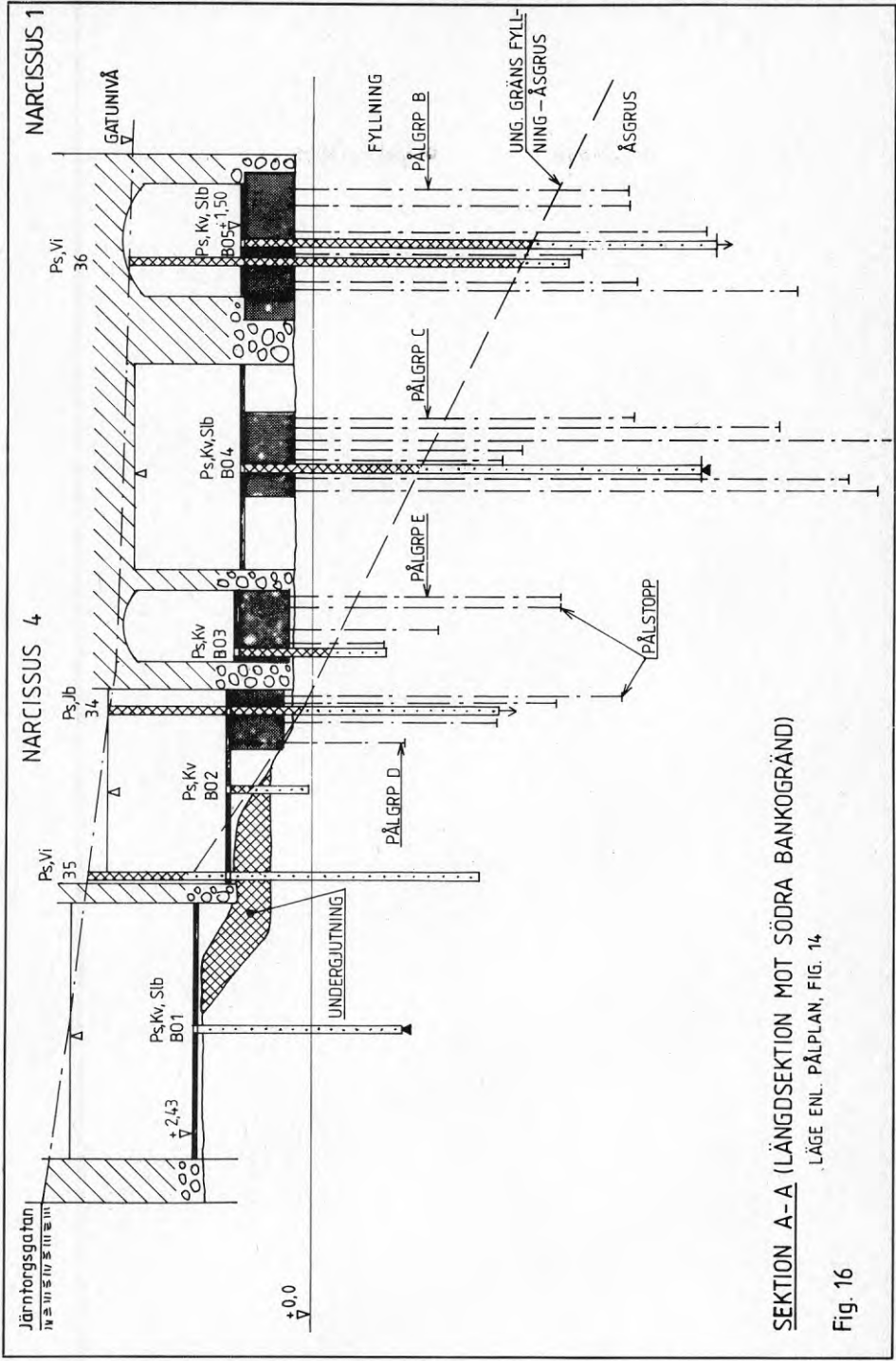
Förstärkningen utfördes utan betongsprutning och cementinjektering av grundmurarna.

3.3.4 Pålslagning

Pålarna neddrevs, skarvades och stoppslogs helt enligt ovan beskrivna typpgodkännandekrav. I syfte att fastställa eventuell förekomst av hinder i fyllningens övre del infördes rutinmässig sonderingsborrning till ca 2 m djup med handhållen bergborrmaskin i samtliga pållägen före pålning. Vid hinder flyttades pålläget någon eller några dm. Med denna teknik minskade risken för pålstopp i fyllningen med åtföljande uppdragning av pålen.

Pålstoppnivån i åsmaterialet varierade stort (pållängder 2 - 20 m), även inom pälgrupperna, vilket kan tolkas så att vissa pålar stannat i ett övre rullstenslager medan andra slagits genom detta till stopp i nästa stenlager. Fig. 16 och 17.

På basis av bl.a. resultatet av provbelastningar beslöts i samråd mellan byggherre, konstruktör, entreprenör och Byggnadsinspektionsbyrå att godtaga och beräkningsmässigt utnyttja alla pålar som dels uppfyllde de generella kraven på stoppslagning, rakhet etc. och dels slagits så djupt att spetsen stod nere i åsmaterialet. Vid pålstopp i fyllningen slogs ersättningspålar.



SEKTION A-A (LÅNGDSEKTION MOT SÖDRA BANKOGRÄND)
LÅGE ENL. PÅLPLAN, FIG. 14

Fig. 16

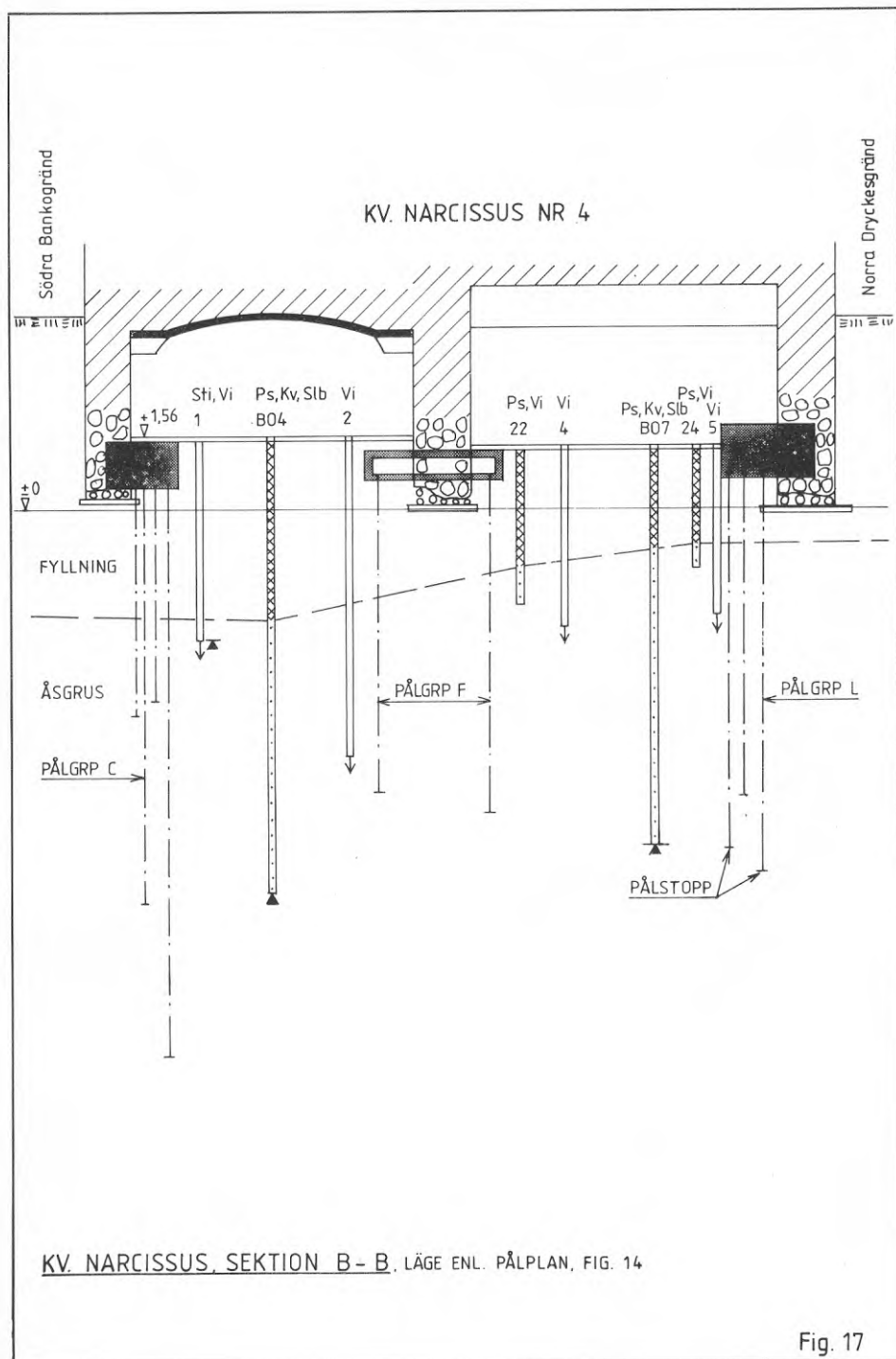


Fig. 17

Vid stora variationer i pållängder inom en grupp utfördes efterslagning av hela gruppen. Då kostnaden för efterslagningen visade sig vara låg efterslogs i ett senare skede rutinmässigt alla pålar omedelbart före armering och gjutning av grundbalkarna.

Före igenfyllningen av pålen med cementbruk utfördes för samtliga pålar kontroll av raketten med nedsänkt lampa. Normalt var pålarna så raka att lampan vid nedsänkningen i centrumhålet var synlig ända ner till pålspetsen. Ett tjugotal pålar hade dock en synbart större krökning och ytterligare rakhetskontroll utfördes därför med den tolk som hör till pålningsystemet. Denna består av ett två m långt plexiglasrör med inneliggande metalltråd. Denna enhet förs ned i pålen. Vid rörets mitt löper tråden genom en metallbricka försedd med ett hål vars diameter har sådan storlek att tråden kommer i kontakt med brickan och sluter en strömkrets om tolkens krökning överstiger pålens tillåtna.

Vid dessa mätningar konstaterades att en påle hade en krökningsradie mindre än 150 m. Denna påle provbelastades (jfr nedan) och godkändes då dess deformationsegenskaper ej nämnvärt skilde sig från de övriga provbelastade pålarnas.

Tre pålar blev 19 ä 20 m långa, dvs. på gränsen till vad som kan accepteras enligt typgodkännandet. Även dessa pålar kunde godkännas efter provbelastning (jfr nedan).

Totalt slogs 183 stålplastpålar med en sammanlagd effektiv längd av 1476 m motsvarande en medellängd av 8,1 m. Det genomsnittliga nedslagningsdjupet i åsen var ca 5,5 m. Som ovan nämnts var variationen kring detta medelvärde stort. I sju fall och med en sammanlagd längd av 52 m slogs extrapålar som ersättning för korta pålar eller för att uppta en större last i gruppen. I 25 pållägen förekom pålningshinder i fyllningen. Normalt drogs sådana pålar upp relativt enkelt och slogs där efter i ett nytt läge. Totalt förlorades dock 18 m pålar på detta sätt.

Problemen i inledningsskedet med hindrande trävirke ledde till att entreprenören utvecklade en fräs, med vars hjälp ett hål av tillräcklig diameter kunde borraras genom trävirke i fyllningen. Maskinen bestod av en fullborrkrona av stål med ca 125 mm diameter som drevs med en rotationsborrmaskin (egentligen avsedd för diamanthåltagning i betong). Problemen att med gott resultat kunna borra i såväl stenig jord som i friskt trä och att spola undan lossborrat trä samt det förhållandet att maskinen krävde flera timmars flyttnings- och uppställningstid, medförde att denna förborring endast utfördes för tre pålar. Det visade sig även att pålningshindren relativt säkert kunde identifieras med sonderingsborring (jfr nedan) och att man efter flyttnings av pållägena kunde slå ned samtliga pålar.

De beskrivna svårigheterna hänför sig till den första delen av pålningsarbetet. Under entreprenadens slutskede utvecklade entreprenören en annan teknik för att borra genom stockar i fyllningen och genomförde fullskaleförsök på arbetsplatsen. Tekniken beskrivs under avsnitt 6.2 i den sammanfattande analysen.

All pålustrustning inklusive påelement och påhejare är lätt bärbar, vilket hanteringsmässigt är fördelaktigt. Dessutom kunde påslagningen inom en grupp, utföras utan att de täta flyttningarna av påhejaren medförde hinder eller andra problem för övriga aktiviteter. Detta har klara fördelar vid en entreprenadorganisation där generalentreprenören utför schaktning och betongarbeten och en underentreprenör den tidsmässigt mellanliggande pålningen.

3.3.5 Armering och gjutning

Efter kompletterande schaktning för balkändarna under grundmurarna utlades armeringen med huvudarmering, Ks 60 S, byglar Ks 40 S och gjöts balkarna med betong K 350. Större delen av gjutningen utfördes med betongpump medan betongen för mindre gjutningar kärrades in.

3.4 Provbelastning

3.4.1 Belastningsmetodik

Provbelastning har utförts för totalt 10 stålplastpålar. För fyra av dessa ansågs provbelastning nödvändig för att dokumentera att deras bärförmåga och deformationsegenskaper var acceptabel trots avvikelser från kraven i Planverkets typgodkännande. I ett fall (påle 9B) var krökningen för stor och i övriga tre var pållängden större än 20 m (pålar 11H, 12H och 14H). Dessutom utvaldes sex "normala" pålar för provbelastning.

Provbelastningen utfördes dels genom stegvis pålastning med krypningsmätning under 8 minuter för varje laststeg dels som enkel provbelastning genom nedpressning med konstant hastighet. Efter den enkla provbelastningen mättes återfjädringen utan belastning under 30 minuter. För att ej äventyra pålarnas framtida funktion begränsades provningslasten till 300 kN motsvarande 2,14 ggr brukslasten eller 92 % av stukningslasten för stålröret. Detta resulterade i att belastningsförsöken ej drevs så långt att pålarnas brott- eller kryplast uppnåddes. Belastningen påfördes med hydraulisk domkraft och med en HEB-balk under byggnadens grundmurar som mothåll. Lasten avlästes för varje laständring med kalibrerad manometer på domkraften och deformationen med två mätklockor på påltoppen. Påltoppens deformation mättes relativt schaktbotten på ca 0,5 m avstånd från pålen. Provbelastningen följde följande schema.

- Pålastning till 50 kN (5 Mp) och avlastning till 0.
- Pålastning till 50 kN, deformationsavläsning omedelbart samt efter 1, 2, 4 och 8 minuter.
- Pålastning till 100 kN, deformationsavläsning omedelbart efter 1, 2, 4 och 8 minuter.
- Motsvarande för 150 och 300 kN last.

- Avlastning till 0, deformationsavläsning omedelbart samt efter 2, 5, 15 och 30 minuter.
- Kontinuerlig pålastning till 300 kN, varvid deformationen avlästes vid 20, 40, 60 etc. kN. Därefter kontinuerlig avlastning till 0 med deformationsavläsning vid om möjligt 280, 260, 240 etc. kN. Lasten påfördes med ca 60 kN/min och avlastades med ca 150 kN/min.
- Avläsning av deformationen omedelbart efter avlastning samt efter 5, 15 och 30 minuter.

Resultaten redovisas i Bilagor 16 - 25. På dessa har även den teoretiska arbetskurvan markerats med hänsyn tagen till betongigjutningen.

3.4.2 Resultat av provbelastningen

Av provbelastningarna framgår följande resultat.

- Ingen påle uppvisade nämnvärd krypning vid 150 kN last.
- Två pålar, 1B och 18B, visade en mindre avtagande krypning även efter 4 minuter vid 300 kN last. För övriga provpålar erhöles ej någon krypning för max. lasten, 300 kN.
- Samtliga pålar hade ingen eller endast obetydlig permanent deformation efter belastning till 300 kN.
- De kortare pålarna (7 st, längd ca 10 m) följde upp till ungefär brukslasten i stort sett den teoretiska elastiska arbetskurvan, dvs. fungerade som spetsbärande.
- De längre pålarna (3 st, längd ca 20 m) hade avsevärt mindre deformation än den teoretiskt beräknade, vilket kan förklaras genom att en del av lasten togs upp genom mantelfriktion. En smärre krökning hos pålen ökar dessutom lokalt kontaktrycket mellan påle och omgivande jord varvid större friktionskraft än normalt kan upptas av pålen. Detta verkningssätt leder ej till plastiska deformationer.
- Ingen nämnvärd skillnad beträffande bärförmåga eller deformationsegenskaper förelåg mellan provpålar som till alla delar uppfyller Planverkets typgodkännande och övriga provpålar.

Den elastiska hoptryckning som fordrades för att mobilisera brukslasten (ca 140 kN) var normalt 4 ä 5 mm. En sättning av denna storleksordning kan alltså förväntas efter avslutad grundförstärkning innan pålarna bär hela byggnadens tyngd.

Storleksordningen är ungefär densamma som normalt uppmäts för hydrauliskt nedpressade betongpålar \neq 300 - den tidigare dominerande grundförstärkningsmetoden i Gamla stan.

3.5. Kontrollåtgärder

Vid grundläggningen av kv. Narcissus nr 4 har vissa ur skadesynpunkt riskabla arbetsmoment utförts. Dels har pålarna slagits ner i åsen med tryckluftshammare vilket orsakat vibrationer i omgivande jord och byggnader och dels har temporära försvagande ingrepp i grundkonstruktionen utförts i samband med undergjutningar och håltagningar för de nya lastöverförande betongbalkarna. I detta fall har endast lätt slaghammare använts vilket begränsar vibrationernas storlek. I kombination med en sättningskänslig byggnad och stora ingrepp i grundkonstruktionen medför dock även sådana vibrationer ett riskmoment. För att ur skadesynpunkt kontrollera effekten av förstärkningsarbetet har vissa kontrollåtgärder utförts omfattande

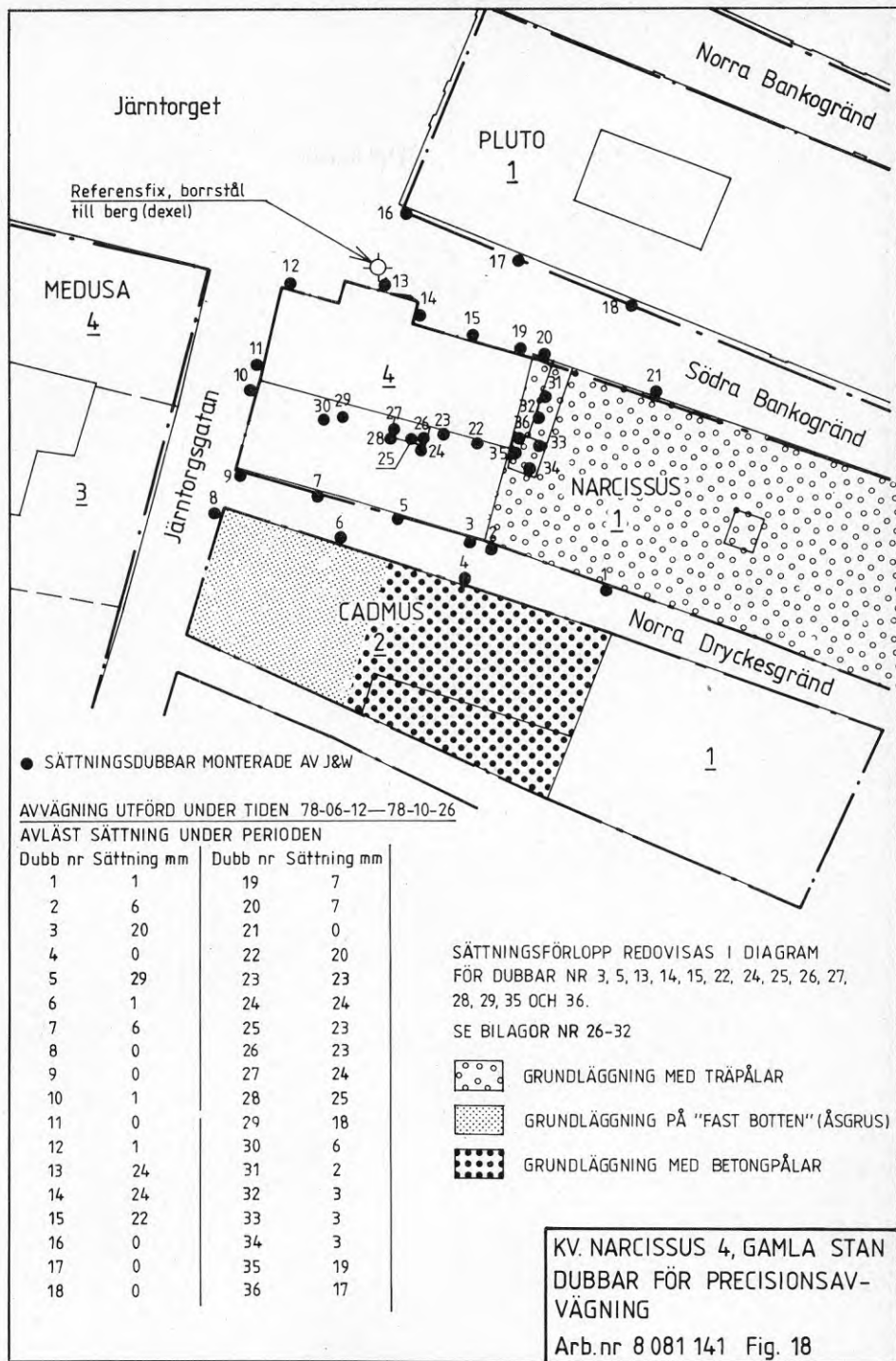
- Sättningsmätningar
- För- och efterbesiktningar

3.5.1 Sättningsmätningar

Sättningsmätningar har utförts genom precisionsavvägning av totalt 36 ståldubbar monterade dels utvändigt i hussocklarna både i den grundförstärkta och i angränsande byggnader och dels invändigt i den förstärkta byggnaden. Dubbarnas placering framgår av Fig. 18 som även visar sättningarnas totala storlek under förstärkningsperioden. Bil. 26-32 visar i diagramform sättningsutvecklingen för totalt 14 dubbar där de största sättningarna uppkommit.

De största sättningarna inträffade i den grundförstärkta byggnaden och varierade här som mest inom den med pålförstärkta delen mellan 20 och 30 mm. För dubb 13 (i fasaden mot Södra Bankogränd) belägen i anslutning till ett parti med omfattande undergjutning av grundmurarna uppmättes en sättning av totalt 24 mm. Sättningarnas förlopp är i stort sett likartade för flertalet mätpunkter - stora sättningar under juli - september och därefter snabbt avtagande rörelser. Sättningarna sammanfaller tidsmässigt med den period under vilken förstärkningsarbetena pågick med stor intensitet. Vilket (eller vilka) arbetsmoment som haft störst betydelse för sättningarna är svårt att bedöma, bl.a. av den orsaken att de olika arbetsmomenten pågick samtidigt. Observationer under förstärkningsarbetets gång tyder dock på att undergjutningar av och håltagningar i grundmurarna i hög grad har bidragit till sättningsutvecklingen.

I den angränsande fastigheten, kv. Narcissus nr 1 (uppförd 1908, grundlagd på träpålar), uppgick sättningarna för flertalet mätpunkter till högst ca 5 mm. För dubbarna 35 och 36, belägna i gårdsmuren mot den grundförstärkta byggnadens tomtgräns, var dock sättningarna avsevärt större, 19 resp. 17 mm. En viss



skadlig inverkan på grannfastigheten erhöles således för delen närmast husgränsen.

Mätningarna i angränsande byggnader på ömse sidor om gränderna (kv. Pluto nr 1 och kv. Cadmus nr 2) visar att förstärkningsarbetet ej medfört sättningar i dessa byggnader.

3.5.2 För- och efterbesiktningar

För- och efterbesiktningar har endast utförts för den angränsande fastigheten kv. Narcissus nr 1. Denna byggnad är uppförd år 1908 och är grundlagd med träpålar.

Vid den i juni 1978 utförda förbesiktningen konstaterades såväl in- som utvändigt ett antal fina - grova sättningssprickor (max sprickvidd ca 5 mm). De flesta sprickorna förekom inom den del av byggnaden som ligger närmast den grundförstärkta fastigheten. Sprickornas lutning visar att sättningarna ökar i riktning mot denna byggnad. Orsaken härtill är sannolikt att träpålarna närmast tomtgränsen utsatts för extra laster i form av "påhängskrafter" vid tidigare sättningar i fastigheten kv Narcissus nr 4.

Vid efterbesiktningen (1979-02-23) kunde ingen utvändig ökning av sprickorna iakttagas. Inom den västra delen (mot kv Narcissus nr 4), där avvägningarna visar att smärre sättningar uppkommit under förstärkningsarbetet, märktes dock en viss ökning av de vid förbesiktningen registrerade sprickorna. Förändringarna var dock små vilket tyder på att förstärkningsarbetena endast i liten utsträckning medfört skador på grannfastigheten.

3.6 Kostnader

3.6.1 Upphandlingsform

Fastighetsägaren har upphandlat den totala renoveringen av fastigheten genom en huvudentreprenör vilken i sin tur anlitat underentreprenörer för bl.a. pålning och schaktning.

Ersättning för grundförstärkningsarbetena utgick med ett fast pris med mängdreglering. Förfarandet innebär att en från ritningsunderlaget framräknad mängd av schakt, pålning, betong osv. ingår i entreprenadpriset. Om sedan de av entreprenören utförda mängderna av respektive slag avviker från de framtänkade regleras entreprenadpriset efter en vid upphandlingstillfället fastställd å-prislista.

3.6.2 Kostnadernas fördelning

Den totala kostnaden för grundförstärkningen har uppgått till 1,250 tkr, fördelad på följande huvudposter.

- Entreprenadkostnader (den med pålar förstärkta delen) 825 tkr
- Övriga delar av fastigheten (partiell undergjutning till fast botten) 160 tkr
- Projektering och byggadministrativa kostnader 265 tkr

Projektering och byggadministration kan uppdelas på följande poster:

- konstruktion och geoteknik 165 tkr
- kontroll, avvägning m.m. 50 tkr
- kapitalkostnader 50 tkr

Kostnaderna för konstruktion och geoteknik kan uppdelas i delposter avseende:

- konstruktionshandlingar 68 tkr
- övergripande geotekniska undersökningar, stabilitetsanalyser 72 tkr
- geotekniska undersökningar för att utröna lämpliga pållägen med avseende på hinder i fyllnadsjord 25 tkr

Kostnaderna för konstruktion (68 tkr) har kunnat hållas på anmärkningsvärt låg nivå jämfört med liknande projekt i Gamla stan. En bidragande anledning härtill torde vara att tidigare förslag och utredningar (från 1976) för andra förstärkningsalternativ har utnyttjats, vilket begränsat den nuvarande arbetsinsatsen.

I entreprenadkostnaden ingår endast direkta grundförstärkningsarbeten eller arbeten som varit nödvändiga för förstärkningsarbetenas utförande. Uppdelning av kostnaderna på olika arbetsmoment enligt nedanstående tabell avser endast den pålade delen av byggnaden. Övriga entreprenadkostnader, 160 tkr, omfattar förstärkning och partiell undergjutning av den västra delen och avser i huvudsak kostnader för schakt- och gjutningsarbeten.

TABELL 5. GRUNDFÖRSTÄRKNINGSKOSTNADER. (KV. NARCISSUS NR 4)

Arbetsmoment	Arbetsvolym	Kostnad	Kostnad/ arbets- moment tkr	Kostnadsfördelning i % mellan		
				Arbets- kostnad	Maskin- hyror	Material (inkl. transporter)
Schaktning Inklusive bilning av golv, återfyllning och röjning av pålinder	150 m ³	810:-/m ³	120	60 %	30 %	10 %
Förstärkning av grundmurar	70 m	571:-/m	40	50 %	40 %	10 %
Konsoler (bilningsarbeten)	30 st	1.500:-/st	45	70 %	30 %	—
<u>Pålning:</u>						
Etablering + teknisk ledning			35			
Påle/st	183 st	437:-/st	80	80 %	5 %	15 %
Påle/m	1476 m	91:-/m	134	55 %	10 %	35 %
Förlorat pålmaterial p.g.a. hinder i fyll- ning			32	78 %	15 %	7 %
Summa pålning	1476 m	190:-/m	280	60 %	10 %	30 %
Armering i påle (GWS ø 15)	1476 m	49:-/m	70	65 %	—	35 %
Form, armering, betong	85 m ³	2.000:-/m ³	170	65 %	—	35 %
Platsadministration			20	62 % *	13 % *	25 % *
Etablering			80			
			825			

* Genomsnittlig fördelning av
ovanstående kostnader (ej
administration och etable-
ring).

Kommentarer till tabellen

Eftersom byggnaden genomgår en totalrenovering kan kostnaderna för enbart grundförstärkningen inte direkt grundas på fakturerade kostnader. Kostnaden för grundförstärkningsarbetet, 828 tkr enligt tabellen, har därför beräknats och uppdelats på respektive arbetsmoment i samråd med berörda entreprenörer.

- Arbetsvolymen för schakt avser den teoretiska fasta volymen. Motsvarande schaktad volym blir ca 220 m³ med en kostnad av 550 kr/m³.
- Arbetsvolymen för form, armering och betong avser teoretisk betongvolym. Motsvarande levererad betongvolym blir ca 105 m³ med en kostnad av 1620 kr/m³.
- Pålningkostnaden har, efter entreprenörens råd, uppdelats i dels en fast dels per påle, omfattande bl.a. uppställning, stopp- och efterslagning, kapning, rakhetskontroll, igjutning av cetrumhålet, spets samt toppplåt och dels en med pållängden varierande del som omfattar materiel och slagningskostnad. Denna uppdelning ansluter också till entreprenörens offert för arbetet.
- I pålningskostnaderna ingår samtliga kostnader inklusive arbetsledning, traktamenten, resor och transporter. I denna kostnad ingår även de utprovningar av borrarutrustning för borrarning genom trähinder i fyllnadsjordar, som beskrivits ovan, då dessa ej kontoförts separat och således ej kunnat särskiljas. Deras andel i den totala kostnaden är låg (mindre än 10 tkr).

Genomsnittliga kostnader

Den genomsnittliga kostnaden för den pålade delen av byggnaden räknad per m² för vissa ytenheter framgår av nedanstående tabell.

TABELL 6. Kostnader per ytenhet

Enhet	Storlek ¹⁾ m ²	Entreprenad- kostnad kr/m ²	Entreprenad- + proj.kostnad kr/m ²
Byggnadsyta	180 (340)	4580	6050
Våningsyta	780 (1470)	1060	1400
Lägenhetsyta	470 (890)	1755	2320

Genomsnittskostnaderna för enbart pålningsarbetet (pålningsentreprenaden) räknad per m påle blir 190 kr/m eller - räknat per m och uppburet Mp - 0,07 kr/m · Mp (pålningskostnad dividerad med total pållängd x husets vikt).

1) Siffror inom parantes anger byggnadens totala ytor.



Fotografi taget från Munkbron

4.1 Beskrivning av förstärkningsobjektet

Kv. Atomena är beläget på Stadsholmens nordvästra del och består av två byggnader, en lågdal som gränsar till Stora Gråmunkegränd i söder, Munkbron i väster och Riddarhustorget i norr. Kvarterets östra del upptas av en högre byggnad (Ryningska palatset) som gränsar till Stora Nygatan. Byggnaderna, vilka båda utnyttjas som kontor, är uppförda under 1600-talet. Nuvarande ägare är Byggnadsstyrelsen.

De under 1978-79 utförda reparaitions- och grundförstärkningsarbetena gäller lågdelen, en tvåvånings stenbyggnad med vindsvåning utan källare. Byggnaden kringgärdar en öppen gård på baksidan av Ryningska palatset. Lågbyggnadens fasadlängder mot gatumark är 27, 41 och 27 m och gårdens planmått 16 x 24 m (jfr Fig.19). Ursprungligen var byggnaden uppförd som gårdsbyggnad till Ryningska palatset.

Konstruktivt består byggnaden av murade tegelväggar med träbjälklag. Tegelväggarna är nedförda ca 0,5 m under golvnivån. Under tegelväggarna finns en 2 ä 3 m hög källstensmur grundlagd på en rustbädd vilken antingen vilar på träpålar eller ligger direkt på mark. Nivån för rustbäddar och påltoppar är ca +1,0. Rester av tidigare, nu igenfyllda källarlokaler har påträffats, speciellt inom delen närmast Munkbron. Murarna till dessa har utnyttjats vid grundläggning av den nuvarande byggnaden. I provgropar upptagna vid grundmurar har kraftiga rötangrepp konstaterats på trävirket (rustbäddar och påltoppar) i grundförstärkningen.

Arkeologiska undersökningar som bedrivits parallellt med schaktningsarbetena har i viss mån påverkat arbetsordningen. Av speciellt intresse har härvid varit ett parti av den medeltida stadsmuren som påträffats inom den sydöstra delen (mot Gråmunkegränd).

Grundförstärkningsdelen av arbetena beräknas pågå fram till och med mars månad 1979, vilket påverkar denna redovisning, speciellt vad beträffar kostnadsanalysen.

4.1.1 Byggnadsskador

Byggnaden har omfattande sättningsskador såväl ut- som invändigt. Under de senaste åren har byggnaden varit utrymd på grund av rasrisk.

Skadorna i väggarna omfattar ett flertal fina till grova sättningssprickor, vinkeländringar i fönsterpartier och horisontalrörelser. Bjälklagen lutar i många fall kraftigt samt har bristfälliga upplag.

Skador på byggnaden har konstaterats under lång tid. Belägg härför finns i redovisade provgrovsgrävningar och borrhningar, först 1921 sedan 1950-51 och under 1970-talet. Förstärkningar med dragstag tvärs genom byggnadskroppen har successivt utförts för att begränsa de horisontala rörelserna.

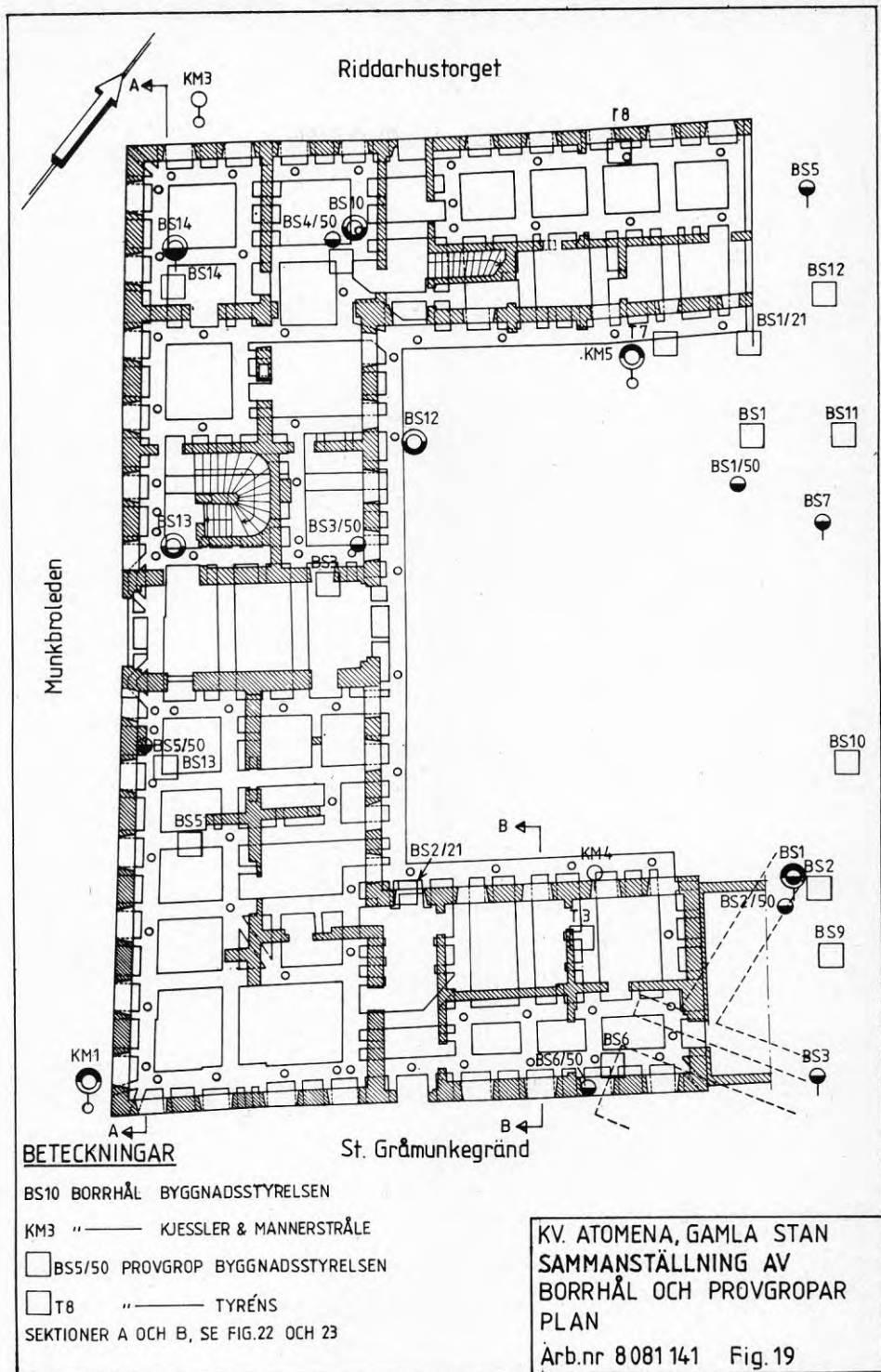
4.1.2 Jordartsförhållanden

Sonderingar och provtagningar har utförts 1950-51 och 1970 av Byggnadsstyrelsen resp. Kjessler & Mannerstråle. Provgropar har upptagits 1921 och 1950-51 samt 1976 av Byggnadsstyrelsen resp. Tyréns. Omfattningen av utförda undersökningar framgår av sammanställningen på Fig. 19.

Utförda undersökningar visar att jorden består av fyllning vilande på friktionsjord (åsgrus) med lerinslag på berg. Fyllningens underyta ligger på nivåer mellan ± 0 och -2 och består i stor utsträckning av grus med inslag av organiskt material. Leran i friktionsjorden förekommer i huvudsak som 0,5 à 2 m tjocka skikt. Berg har påträffats på nivåer mellan ca -8 och -15 , vilket är högre än normalt i Gamla stan.

Grundvattenytan inom fastigheten har endast registrerats i samband med sonderingar utförda 1950-51 och dess nivå varierade då mellan $+0,5$ och $+0,2$. Vid observation i samband med sonderingar i korsningen Munkbroleden - Stora Gråmunkegränd år 1974 låg grundvattenytan på $+0,1$.

Någon kompletterande undersökning med anledning av de nu aktuella arbetena har ej företagits. I samband med pålningsarbetena görs dock en kontinuerlig registrering av bergnivån samt en grov bedömning av bergets kvalitet. Påträffade bergnivåer har redovisats på Fig. 19.



4.1.3 Bakgrund till vald förstärkningsmetod

Med hänsyn till byggnadens omfattande skador och i övrigt bristfälliga kondition efterlystes en ur skadesynpunkt skonsam förstärkningsmetod. Redan tidigt i projekteringen ansågs därför metoden med foderrörsborrade stålämnespelare vara ett lämpligt alternativ. Genom att nedföra dessa till berg erhöles hög bärrighet varigenom antalet pålar kunde begränsas.

En omständighet som ur praktisk synpunkt talade för denna metod var utrymmenas relativa lättillgänglighet för erforderliga bormaskiner. Samtliga borrhningar, oavsett ut- eller invändiga, kunde utföras från i stort sett samma nivå och i jämnhöjd med gatuplanet, vilket gav stora transporttekniska fördelar. Dessutom underlättades de invändiga borrhningarna av väl tilltagna rumsstorlekar och takhöjder.

4.2 Principiell beskrivning av förstärkningsmetoden

Grundförstärkningen av kv Atomena är utförd med totalt 79 st sk stålämnespelare, vars medellängd är 16 m med variationer mellan 10 och 19 m. Längden för varje enskild påle framgår av TABELL 7. Varje enskild påle består av ett 5 mm tjockt foderrör, ϕ 139,7 mm, som borrhades ned till berg med en excentrisk borkrona. Efter upptagning av borkronan fylldes foderröret med injekteringsbetong försett med retardationsmedel. I foderröret nedfördes ett stålämne, ϕ 95 mm, till berg och stoppslogs med en lätt (100 kg) fallhejare. Pålens utformning framgår av Fig. 20.

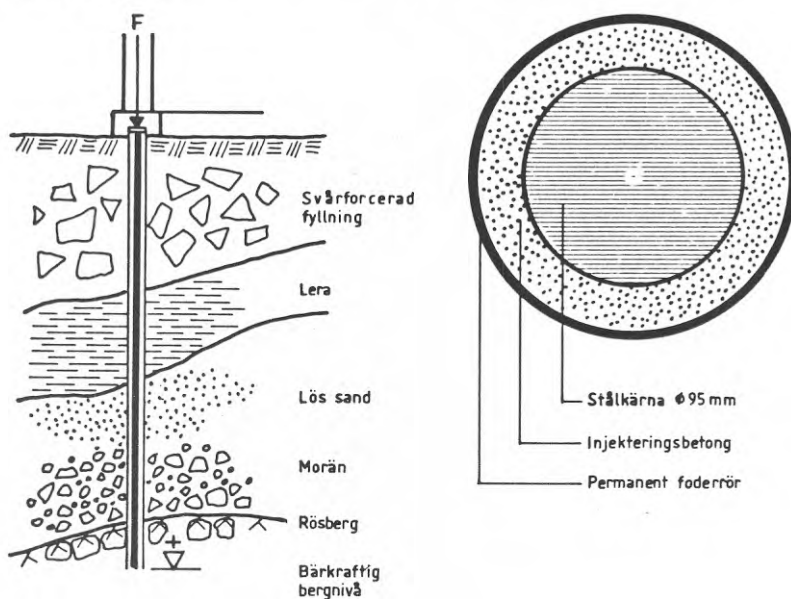


FIG. 20. FODERRÖRSBORRAD STÅLÄMNESPELARE, ϕ 95 mm

Foderrören borrades ned i 1 - 3 m längder vilka successivt skarvades genom svetsning. Stålämnena nedfördes i längder om ca 2 m avfasades och skarvades genom automatsvetsning. Pålhuvudet utgörs av en påsvetsad kvadratisk stålplatta (225 x 225 mm), tjocklek 50 mm. Tillåten belastning har satts till 710 kN/påle, varvid utnyttjad grundpåkänning på berget blir 100 MPa.

Lastöverföringen från väggarna till de nya pålarna sker via ett rutnät av armerade betongbalkar, dimension 750 x 800 mm (bred x höjd). Balkarna, vars överkant ligger omedelbart under bottenvåningens golv, löper antingen igenom grundmurarna eller avslutas med konsoler in i dessa. Detta förfaringsätt medför att själva lastöverföringen sker vid de bärande väggarnas underkant, dvs. utan medverkan av underliggande stenmurar. Pålarnas placering och balkarnas principiella utformning framgår av Fig. 21 - 23 (pålplan och sektioner A och B).

4.3. Praktisk beskrivning av arbetsutförande

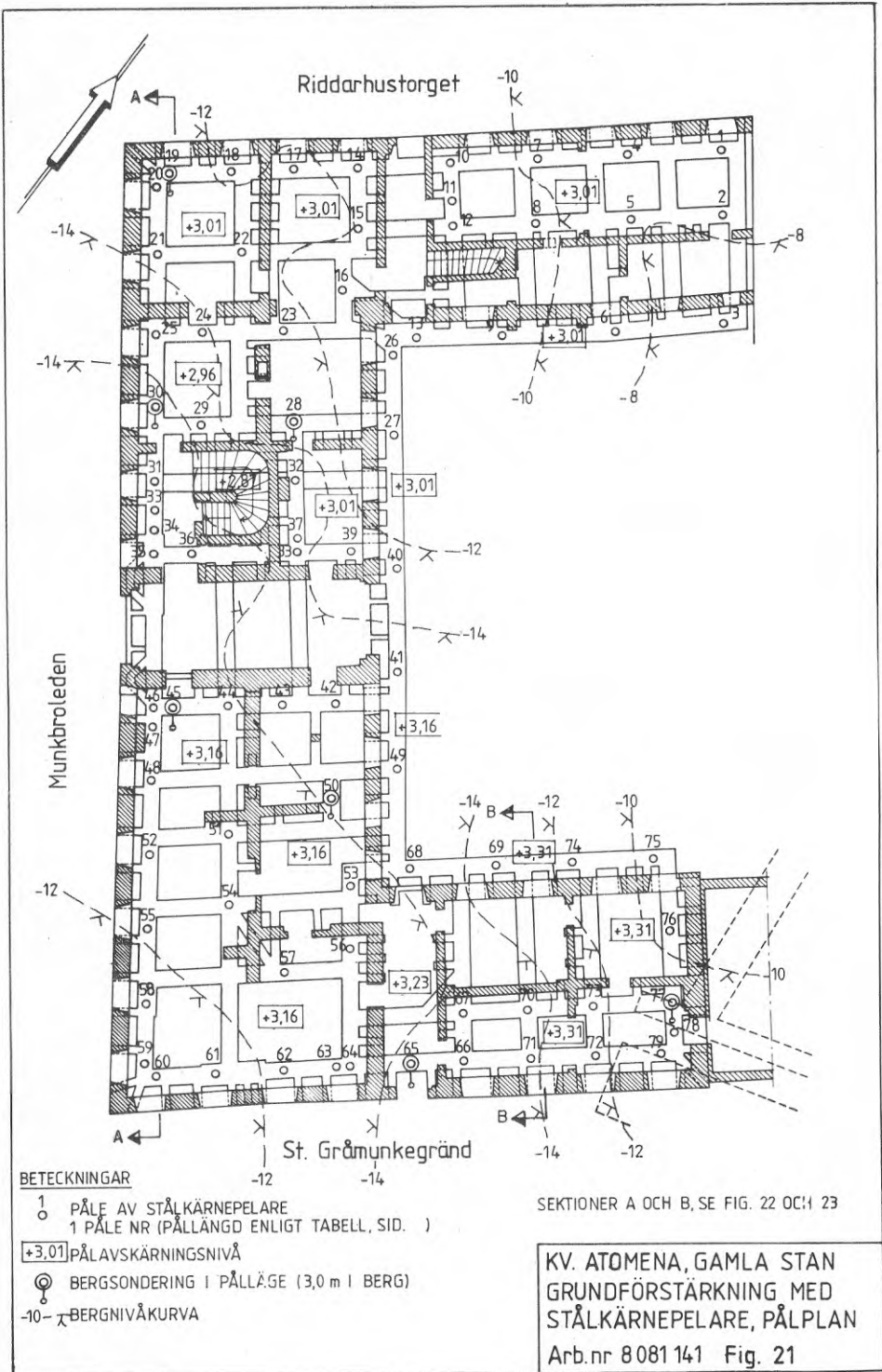
4.3.1 Ingående arbetsmoment

Arbetsordningen för förstärkningsarbetet har utarbetats av konstruktören och redovisats på Byggnadsstyrelsens ritning nr K 00:010. Dessa föreskrifter har i princip följts och ändrats endast beträffande pålningen som utförts före schaktning för gjutning av betongbalkarna. I planeringsstadiet var pålningen tänkt att utföras genom ursparingar i de lastöverförande betongbalkarna. Genom denna ändring av arbetsordningen erhöles en mer flexibel pålplacering, värdefull vid smärre avvikelser mellan projekterade och verkliga pållägen. Sådana avvikelser måste av praktiska skäl påräknas vid aktuella arbeten.

Huvudpunkterna i arbetsordningen var följande:

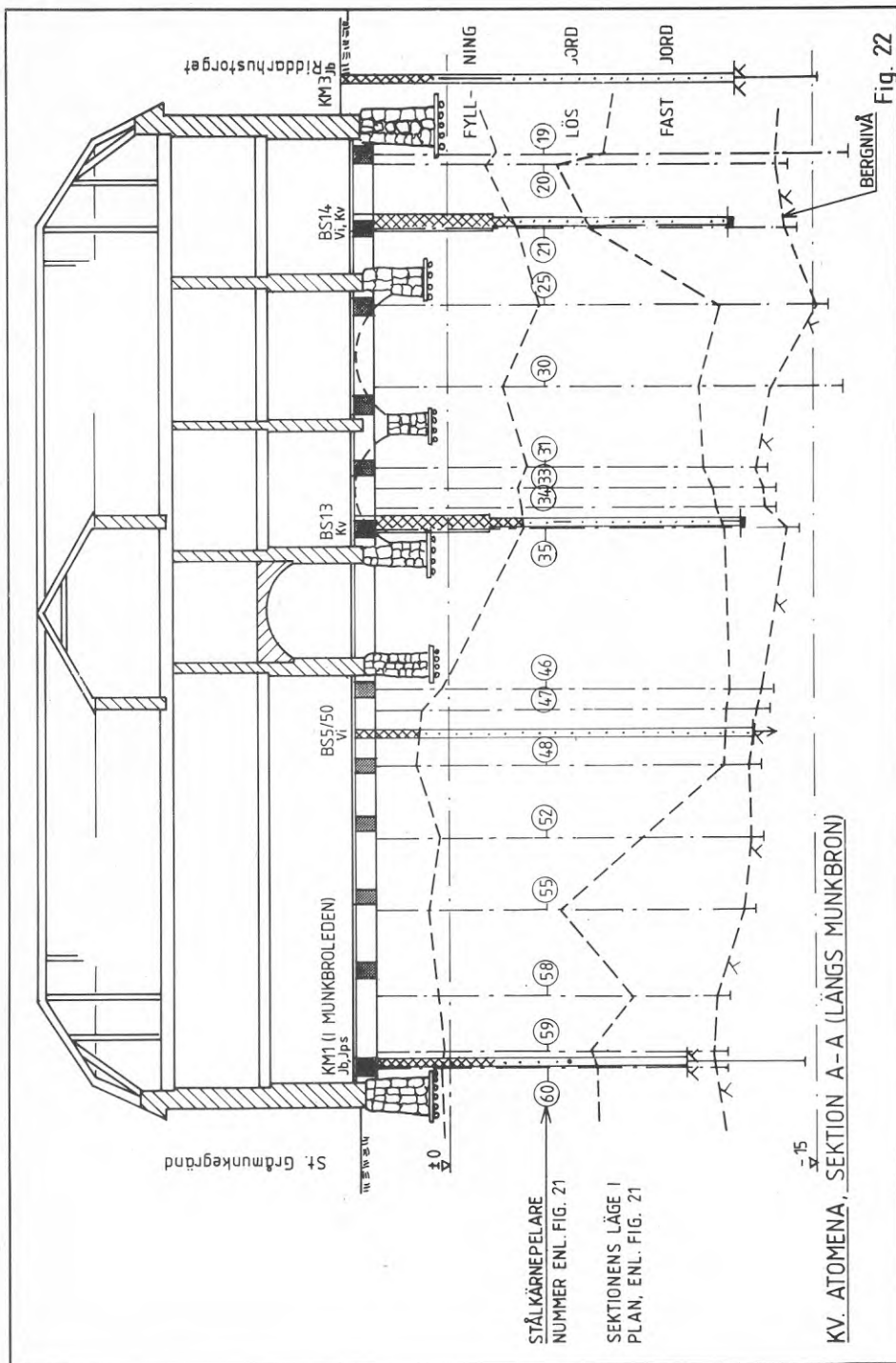
- Förstärkning av byggnadsstommen genom montering av dragstag och fackverk.
- Förstärkning av väggar före håltagning.
- Pålning
- Schakt för balkar och golv.
- Bilning av hål i väggarna för balkar och konsoler.
- Armering och gjutning av lastupptagande balkar.
- Återfyllning mellan balkarna och gjutning av nytt golv.

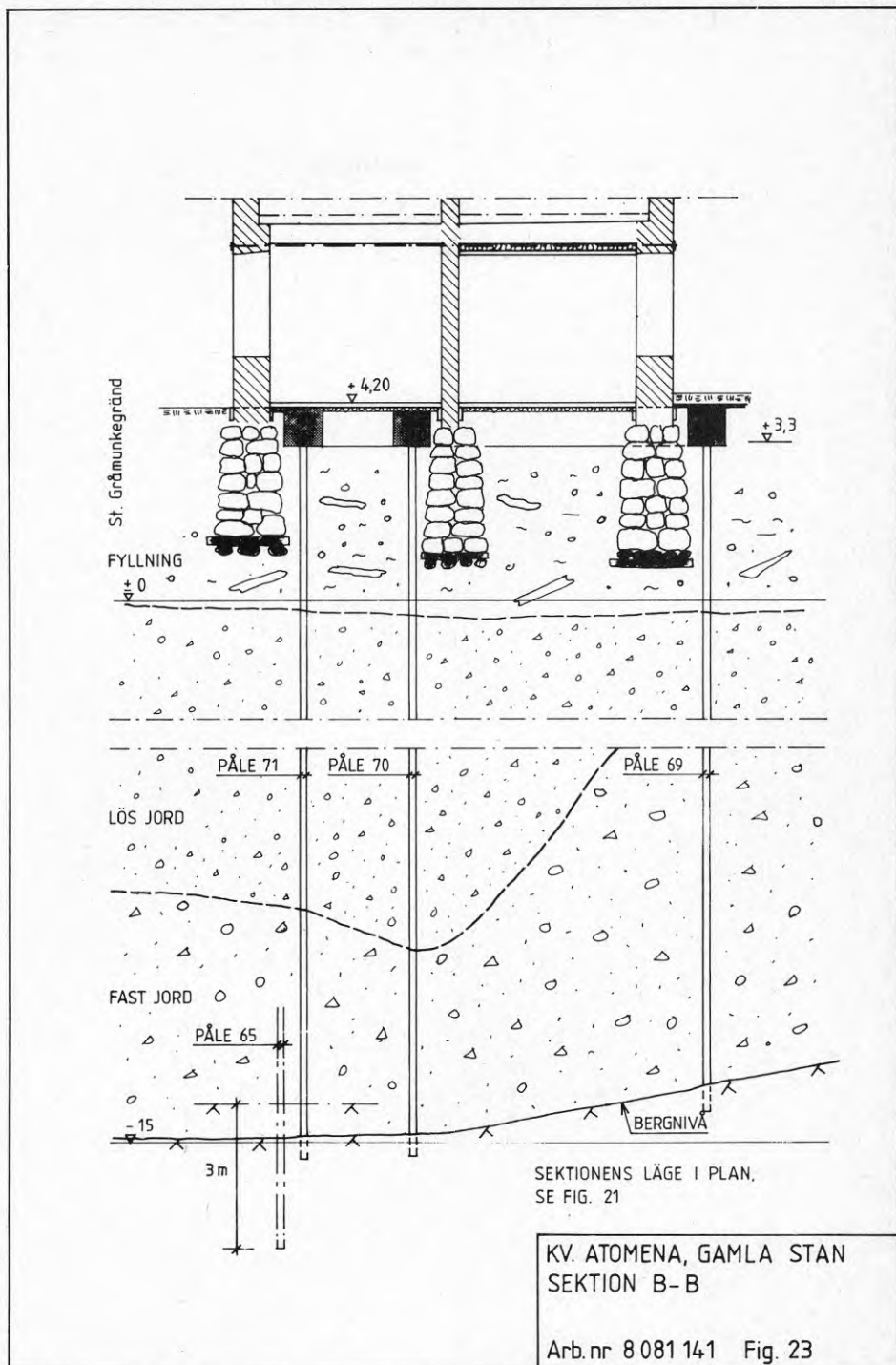
Arbetena igångsattes under sommaren 1978 och beräknas vara avslutade under mars-april 1979. Med hänsyn till samtida arkeologiska undersökningar påbörjades arbetet i husdelen vid Stora Gråmunkegränd. Nästa etapp var husdelen mot Riddarhustorget och sista etappen omfattar den mellanliggande delen mot Munkbron.



TABELL 7. PÅLLÄNGDER, KV. ATOMENA

<u>påle nr</u>	<u>längd</u>	<u>pålavskärning</u>	<u>påle nr</u>	<u>längd</u>	<u>pålavskärning</u>
1	12,05	+3,01	41	19,08	+3,16
2	11,84	+3,01	42	18,50	+3,16
3	10,21	+3,01	43	18,51	+3,16
4	11,79	+3,01	44	17,51	+3,16
5	11,53	+3,01	45	16,67	+3,16
6	12,10	+3,01	46	16,50	+3,16
7	13,29	+3,01	47	16,30	+3,16
8	14,42	+3,01	48	15,99	+3,16
9	14,16	+2,96	49	18,51	+3,16
10	14,70	+3,01	50	18,07	+3,16
11	15,74	+3,01	51	16,01	+3,16
12	15,61	+3,01	52	16,20	+3,16
13	13,80	+3,01	53	15,77	+3,16
14	14,29	+3,01	54	16,02	+3,16
15	15,46	+3,01	55	15,77	+3,16
16	14,08	+3,01	56	16,65	+3,16
17	15,72	+3,01	57	16,00	+3,16
18	15,24	+3,01	58	14,62	+3,16
19	16,89	+3,01	59	14,78	+3,16
20E	16,86	+3,01	60	15,25	+3,16
21	17,33	+3,01	61	15,37	+3,16
22	16,14	+3,01	62	16,06	+3,16
23	16,21	+3,01	63	16,63	+3,16
24	17,56	+3,00	64	16,76	+3,16
25	18,69	+3,00	65	18,02	+3,23
26E	13,72	+3,01	66	18,66	+3,31
27	14,30	+3,01	67	18,32	+3,31
28	16,25	+3,01	68	18,20	+3,31
29	17,62	+2,96	69	17,30	+3,31
30	16,71	+2,97	70	18,85	+3,31
31	15,99	+2,87	71	18,78	+3,31
32	18,57	+3,01	72	16,46	+3,31
33	16,32	+2,87	73	16,04	+3,31
34	16,28	+2,87	74	15,60	+3,31
35	17,30	+2,87	75	13,61	+3,31
36	16,44	+2,87	76	13,76	+3,31
37	18,09	+3,01	77	14,52	+3,31
38	17,69	+3,01	78	15,03	+3,31
39	15,99	+3,01	79	15,18	+3,31
40	15,52	+3,01			





Av arbetstekniska skäl har denna etappindelning inte strikt hållits utan vissa arbeten har bedrivits i hela byggnaden samtidigt, exempelvis pålningen som därigenom blev färdig i november 1978.

4.3.2 Montering av dragstag, fackverk och förankringar

Förstärkningsarbetena inleddes med en uppstagning av stommen genom montering av nya dragstag och fackverk samt lokala förstärkningar (med vinkelstål) av upplagen för bjälklagen i båda våningarna. Därefter har diverse rivningar samt breddning av dörrhål utförts vilket var nödvändigt för framkomligheten för arbetsmaskiner.

4.3.3 Förstärkning av väggar före håltagning

Före håltagningarna för balkarna frilades de bärande väggarnas underdel och förstärktes med en längsgående rutnätsarmerad betongpågjutning av båda sidor. Pågjutningarna bands ihop med genomgående bultar, c/c 1 m. I enstaka avsnitt utfördes dessutom provisoriska stagningar av väggarna med rundjärn och stål-balkar.

4.3.4 Pålning

Stålämnespelarna är normalt placerade invändigt i rader parallella med de bärande väggarna och ca 0,7 m från dessa. En pålrad har lagts utvändigt på gården och följer här hela ytterväggen (jfr Fig. 21).

Metodiken vid pålningen var följande: Först nedborrades ett permanent foderrör till berg och ca 0,5 m ned i detta. I 7 punkter företogs en mer omfattande kontroll av bergnivån genom att foderrören nedborrades 3 m i berg. Vid borringarna på gården användes en borravn Roc 600 med borrustrustning typ Alvik J, bestående av två typer av borrkronor, en använd till berg och en för bergborring. Endast den senare tas upp efter slutförd drivning. Foderrören var ca 3 m långa och skarvades genom svetsning.

Inomhus användes en speciell borravn (ombyggd BVB 23) med förkortad rigg, bormaskin BBE 51 med borrustrustning Atlas Odex 127. Här användes en excentrisk borrkrona som togs upp efter drivningen. Foderrören skarvades i längder om ca 1 m.

Som drivkälla vid borringarna användes genomgående en 20 m³ kompressor.

Efter att ha fyllt foderrören med injekteringsbruk utfördes stålämnessättningen, varvid en enkel stålörsställning försedd med block och talja utnyttjades. Samma ställning användes även vid stoppslagning med fallhejaren.

Kapning av pålarna och montering av pålhuvud utfördes i samband med formsättningen för betongbalkarna.

4.3.5 Schaktning

Schakt till underkant förstärkningsbalkar utfördes dels med en liten hydraulgrävare (typ Bobcat) och dels genom handschakt. För transport av schaktmassorna användes skottkärror och ett transportband som via en fönsteröppning mynnade i en container uppställd på gatumark. Schaktkapaciteten varierade stort men kunde under gynnsamma omständigheter uppgå till ca 15 m³ per dag. Schaktarbetena komplicerades ofta av stenfyllningar och gamla murrester som fordrade omfattande bilningsarbeten. Håligheter och äldre källarvalv förekommer rikligt och dessa måste fyllas med grus som packades. Uppschaktade massor har i stor utsträckning kunnat användas för återfyllning under golv mellan balkarna.

4.3.6 Bilning av hål för balkar

Hål för balkar och konsoler uppbilades i huvudsak med handhållen bilmaskin (typ Darda). Ställvis har även diamantborr använts där hålen legat tätt och där det varit viktigt att erhålla en noggrann hålkontur. Merkostnaden för de diamantborrade hålen var dock så stor att denna utrustning använts så litet som möjligt. I några fall med speciellt dålig sammanhållning hos muren stagades denna med kläna stålbalkar mot schaktbotten.

För att begränsa skaderisken under bilningsarbetena upptogs endast var fjärde hål längs en vägg samtidigt. När håltagningen var färdig armerades, formsattes och gjöts konsolen respektive balkgenomföringen innan angränsande omgång hål fick uppbilas.

4.3.7 Armering och gjutning

Formsättning, armering och gjutning skedde i etapper och varje husdel färdigställdes i sin helhet innan nästa påbörjades.

Konsoler och balkgenomföringar formsattes, armerades och gjöts snarast möjligt efter håltagningen. När alla konsoler och genomföringar var klara gjöts resterande del av balkarna. Mellanrummen mellan balkarna återfylldes med friktionsjord som komprimerades med en handdriven vibrosläde. Ovanpå fyllningen lades en matta av mineralull på vilken gjöts en enkelarmerad golvplatta (golv på mark). För att underlätta arbetet med gjutningen användes betongpump. Använd betongkvalité var K 400 Btg 1 och armering Ks 40 och Ks 60.

4.3.8 Efterarbeten

Tillfälliga stagningar revs när dess funktion fyllts av permanenta konstruktioner. Uppstickande pågjutningar mot gatumark bortbilades och beläggningar återställdes. Vid de avsnitt där kallstensmuren lokalt blev synlig efter förstärkningsarbetena, utfördes täckning genom betongsprutning.

4.4 Provbekastning

Provbekastning har i detta fall ej ansetts nödvändig.

4.5 Kontrollåtgärder och störningsmoment

4.5.1 Sättningsmätningar

Under arbetets gång har sättningsmätningar utförts genom precisionsavvägning av totalt 30 ståldubbar monterade i byggnadernas gatu- och gårdsfasader i kv. Atomena. Dubbarnas placering samt resultatet av avvägningarna framgår av Fig. 24.

I "Ryningska palatset" vid Stora Nygatan uppmättes endast små sättningar mellan 0 och 3 mm. Sättningarna i den grundförstärkta lågdelen varierade normalt mellan ca 10 och 20 mm, men uppgick lokalt till max. 29 mm (dubb BS 18). En viss samstämmighet kan avläsas mellan tilltagande sättningar och pålningsarbeten i närheten av resp. mätpunkter, vilket kan utläsas ur sättningsdiagrammen, Bil. 33 -37.

4.5.2 Störningsmoment p.g.a. hög ljudnivå

Utöver sättningsmätningarna har inga kontrollåtgärder utförts. En omständighet av intresse var dock den höga ljudnivå som uppstod vid borringar för pålarna på gården. Störningen för kontorspersonalen i "Ryningska palatset" (arbetsdomstolen) blev så stor att pålningsarbetena utomhus måste utföras på icke kontorstid varför viss övertid erfordrades.

4.6 Kostnader

4.6.1 Upphandlingsform

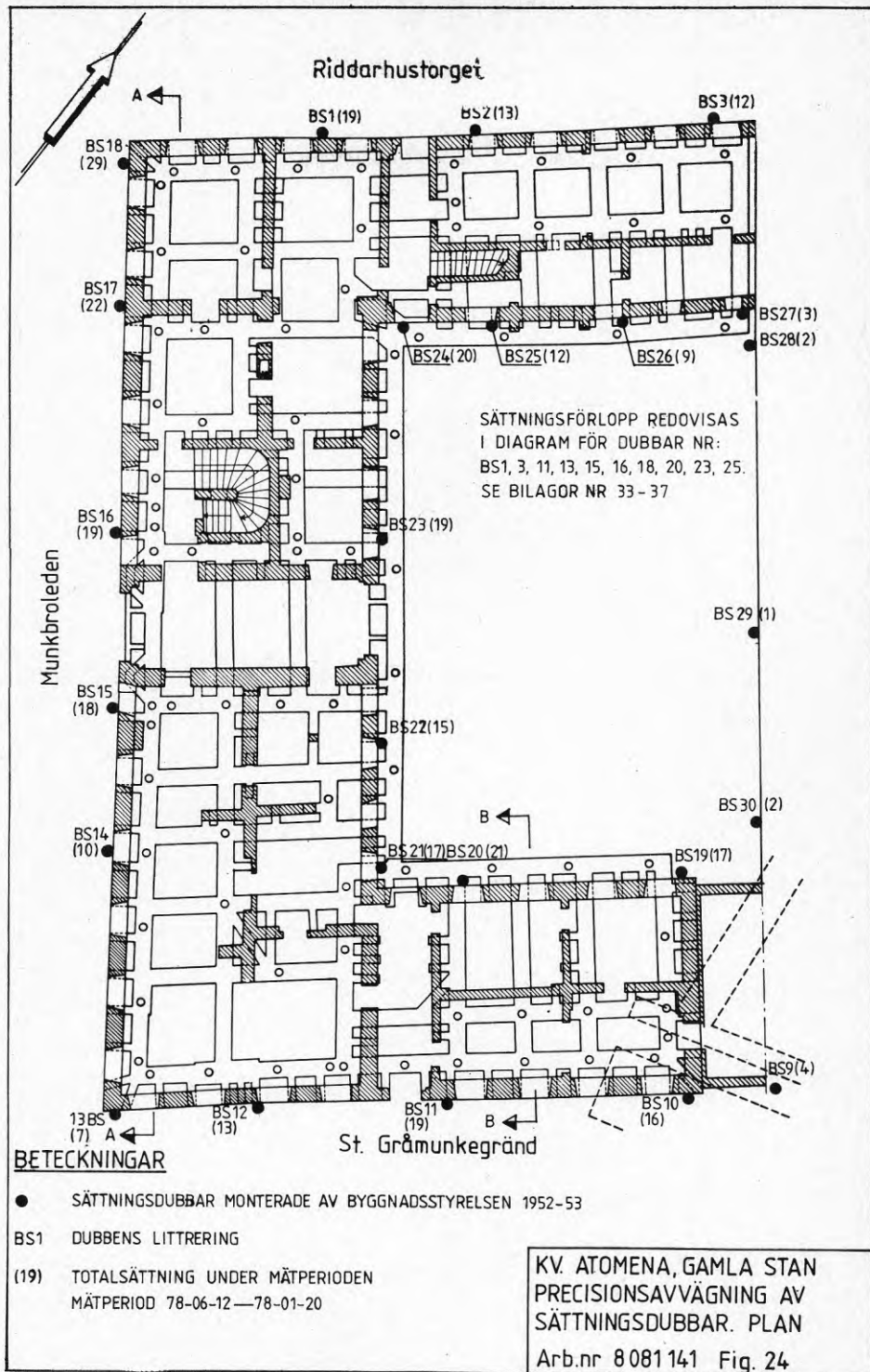
Grundförstärkningen är upphandlad genom en huvudentreprenör som ansvarar för alla förekommande arbeten mot beställaren. Ersättningen för arbetena är i huvudsak baserad på löpande räkningsförfarande men med vissa fasta kostnader för

- administration
- teknisk ledning
- etablering

Pålningen är upphandlad som en underentreprenad och ersätts med ett fast pris och reglering efter antalet pålmeter.

4.6.2 Kostnadernas fördelning

Då arbetet med grundförstärkningen ännu ej är slutfört har en fullständig kostnadssammanställning ej kunnat utföras. Ur jämförande synpunkt har ändå en tabell för kostnadsanalys liknande den för kv. Pollux och kv. Narcissus uppställts. I tabellen



har slutgiltiga kostnader för pålning, konsulttjänser och byggherrens administration redovisats. I övrigt har vissa budgeterade kostnader medtagits för att tjäna som riktlinjer vid jämförelser mellan de tre projekten. En komplettering av tabellen med verkliga kostnader avses senare bli utförd när fullständiga uppgifter föreligger.

Den totala budgeterade kostnaden för grundförstärkningen är beräknad till ca 4 milj. kr fördelad på följande två huvudposter

- entreprenadkostnader 3.500 tkr
- konsult- och byggherrekostnader 480 tkr
(projektering, byggadministration, kontroll, uppföljning)

Konsult- och byggherrekostnadernas inbördes fördelning mellan olika aktiviteter var

- utredning och geoteknik 80 tkr
- konstruktion 270 tkr
- byggadministration och kontroll 50 tkr
- uppföljning (avvägning, ritningsändringar m.m. som uppkommit vid arbetenas bedrivande) 80 tkr

Beträffande posten utredning och geoteknik skall denna post fördelas på utredningar och undersökningar utförda under en 10-års period (hela 1970-talet).

TABELL 8. GRUNDFÖRSTÄRKNINGSKOSTNADER (KV ATOMENA 1)

Arbetsmoment	Arbetsvolym	Kostnad	Kostnad/ arbets- moment tkr	Kostnadsfördelning i % mellan	
				Arbets- kostnad	Maskin- hyror
Schaktning (inkl. pålning av golv, återfyllning)	810 m ³	940:- kr/m ³	600 x)		
Förstärkning av väggar med betongpåljutning	280 m	860:- kr/m	240 x)		
Övriga förstärkningar (fackverk, stag, m.m.)	ca 35 st	5.000:- kr/st	180 x)		
Konsoler, genomstick (bålning, stagning)	220 st	2.000:- kr/st	440 x)		
Pålning:					
Etablering + allmänna omkostnader	—	—	300		
Leverans, borrning, kapning och monte- ring av tryckfördel- ningsplatta	1262 m	660:- kr/m	840	20 %	25 %
Summa pålning	1262 m	900:- kr/m	1140	35 %	25 %
Form, armering, betong	300 m ³	1.670:- kr/m ³	500 x)		40 %
Platsadministration	fasta kostnader		400 x)		
Etablering					

x) Av J&W uppskattad kostnad
(grundad på budgeterad kostnad)

I entreprenadkostnaden ingår endast direkta grundförstärkningsarbeten eller arbeten som varit nödvändiga för förstärkningsarbetenas utförande.

Kommentarer till tabellen

- Arbetsvolymen för schakt avser den teoretiska fasta volymen. Den verkliga motsvarande schaktade volymen är dock ca 50 % högre (totalt ca 1200 m³).
- Arbetsvolymen för form, armering, betong avser teoretisk betongvolym. Den skall ökas med ca 20 % (totalt ca 360 m³) för att erhålla motsvarande levererad betongvolym.
- Materialkostnaderna för pålning, 360 kr/m (55 %), kan fördelas på

foderrör + cementbruk	100 kr/m
skarv av foderrör	30 kr/m
stålkärnepelare	140 kr/m
fasning + skarv av stålämne	90 kr/m

Genomsnittliga kostnader

Den genomsnittliga kostnaden räknad per m² för vissa ytenheter framgår av nedanstående tabell. Denna kostnad är preliminär då entreprenadkostnaderna ännu ej är slutgiltiga.

TABELL 9. Kostnader per ytenhet

Enhet	Storlek m ²	Entreprenad- kostnad kr/m ²	Entreprenad- + proj.kostnad kr/m ²
Byggnadsyta	720	4860	5550
Våningsyta	1700	2060	2350
Lägenhetsyta	1000	3500	4000

Genomsnittskostnaderna för enbart pålningsarbetet (pålningsentreprenaden) räknat per m påle blir 900 kr/m eller - räknat per m och uppburet $M_p = 0,16 \text{ kr/m} \cdot M_p$ (pålningskostnad dividerad med total pållängd x husets vikt).

5 SAMMANFATTANDE OCH JÄMFÖRANDE ANALYSER

5.1 Allmänna synpunkter

Grundförstärkning av äldre ofta svårt sättningsskadade byggnader i Gamla stan ställer projektörer och entreprenörer inför speciella problem. Konstruktören måste ofta arbeta med utgångspunkt från bristfälliga eller ibland i helt avsaknad av konstruktions- och grundläggningsritningar vilket försvårar utformning och dimensionering av erforderliga lastöverförande konstruktioner, val av pålningsmetod etc. Entreprenören å sin sida råkar ofta ut för obehagliga överraskningar i form av pålningshinder i fyllningen, stora variationer i grundmurarnas uppbyggnad och sammanhållning, hindrande rustbäddar, oförutsedd sprickbildning vid håltagningar och pålningsarbete m.m. Dessutom är arbetsförhållandena oftast besvärliga och smutsiga i de trånga källarlocalerna.

För att finna en lämplig förstärkningsmetod och begränsa riskerna för obehagliga överraskningar under förstärkningsarbetets gång är det därför viktigt att i förväg för varje enskilt objekt så noga som möjligt klarlägga förutsättningarna vad beträffar grundläggnings- och jordartsförhållandena. Härvid krävs i regel en noggrann geoteknisk undersökning. Den förstärkningsmetod som väljs bör helst planeras och utarbetas i samråd mellan projektörer (konstruktör och geotekniker) och entreprenör, ett samarbete som är väl så viktigt även under pågående förstärkningsarbete för att snabbare effektivt klara av oförutsedda svårigheter som ofta uppstår under arbetenas gång.

Trots noggranna förstudier och en väl genomtänkt förstärkningsmetodik är det svårt att bedöma kostnaden för en planerad grundförstärkning. Detta beror i stor utsträckning på svårigheten att i förväg bedöma tidsåtgången för de olika arbetsmomenten av vilka flera kräver stor manuell insats och kan därför bli avsevärt dyrare än beräknat. En annan svårbedömd faktor som likaså har stor betydelse ur kostnadssynpunkt är pålarnas nedträngningsdjup i grusåsen.

De tre beskrivna förstärkningsobjekten baseras på en gemensam huvudprincip - lasterna överförs till nya stålplåtar via en betongkonstruktion - men uppvisar i övrigt stora olikheter såväl vad beträffar pålarnas utseende och bärförmåga som utformningen av lastöverförande konstruktioner. De tre metoderna har ej tidigare utnyttjats för grundförstärkning av hus i Gamla stan varför de i detta sammanhang var för sig representerar något av ett "inkörningsprojekt". Det är viktigt att ha detta i minnet vid läsningen av nedanstående jämförande analyser, speciellt vad beträffar den ekonomiska sidan. De erfarenheter som vinnas i inledningsskedet kan senare utnyttjas för att förbättra metodiken och öka kapaciteten i kommande projekt vilket bör leda till minskade kostnader.

En direkt ekonomisk jämförelse mellan de tre objekten är svår att utföra med tanke på arbetenas förstagångskaraktär och därmed sammanhängande inkörningskostnader. Dessutom har varje förstärkningsobjekt varierande yttre förutsättningar (konstruktiv

utformning av egna och omgivande byggnader, fyllningens sammansättning, jordgrundens beskaffenhet m.m.). För de nu studerade projekten finns dessutom vissa skillnader i slutprodukten. Hur skall t.ex. sänkningen av källargolvet och utförande av en hel fribärande betongplatta i kv. Pollux med motsvarande fördelar ur utnyttjandesynpunkt värderas? En något sånär rättvis ekonomisk jämförelse mellan de tre metoderna bör därför baseras på medelvärdet från ett flertal projekt.

5.2 Tekniska jämförelser

Eftersom metodernas teori och praktik har beskrivits tidigare skall här endast lämnas vissa jämförande synpunkter, för enkelhets skull uppdelad på de olika ingående arbetsmomenten.

5.2.1 Förberedelser, schaktning

De yttre förutsättningarna för de tre projekten var i detta avseende tämligen likartade. Etablering av bodar och maskinell utrustning kunde utföras i nära nog direkt anslutning till arbetsplatsen. För kv. Pollux låg dock bodarna på Skeppsbrokajen vilket försvårade kommunikationerna till och från arbetsplatsen över Skeppsbron.

Arbetena med schaktning och utlastning bedrevs i stort sett efter samma principer; maskin- och handschakt samt utlastning av massorna på transportband till dumpers uppställda i gränderna. För samtliga objekt måste ur arbets- och transportsynpunkt extra håltagningar utföras i grundmurarna. Vissa skillnader i de tre projekten kunde noteras. I kv. Pollux där det totala schaktdjupet var störst (ca 0,5 m djupare än i de båda övriga projekten) försvårades schaktningsarbetet i särskild hög grad av den omfattande bortbilning av utstickande grundmurar som erfordrades samt riklig förekomst av hindrande trärustbädd. Dessutom låg schaktbotten i denna fastighet i nivå med grundvattenytan vilket medförde omfattande pumpning och försämrad framkomlighet.

I kv. Atomena underlättades schaktningsarbetena genom att dessa kunde utföras från bottenvåningen, motsvarande i stort sett gatunivån. I viss utsträckning har dessutom uppschaktade schaktmassor här återanvänts för utfyllning under golven. En ytterligare skillnad i kv. Atomena jämfört med de båda övriga objekten är att schaktningsarbetet utfördes efter påslagningen. Detta förhållande medförde dock inga nämnvärda problem eftersom pålarna där står tämligen glest.

5.2.2 Förstärkning före håltagning

Före erforderliga håltagningar i grundmurarna för konsoler och balkar har mer eller mindre omfattande förstärkningar av befintliga grundmurar utförts varvid olika metoder använts. I kv. Pollux utfördes genomgående betongsprutning och injektering av grundmurarna. I de båda övriga projekten utfördes däremot prak-

tiskt taget ingen injektering utan förstärkningarna utfördes här med betongpåggjutningar och bultning enligt tidigare beskrivningar. Den främsta anledningen till denna principiella skillnad är att konsolerna till grundplattan i kv. Pollux utfördes i stenmuren under de murade väggarna varvid det var viktigast att få en god sammanhållning hos dessa murar. I de båda övriga projekten överfördes lasterna till balkarna vid de murade väggarnas underkant. Sammanhållningen hos underliggande stenmurar hade för dessa objekt därför ej samma betydelse som i kv. Pollux. I kv. Atomena föregicks förstärkningsarbetena dessutom av omfattande uppstagning av stammen genom montering av dragstag, fackverk och vinkelstål under bjälklagen.

5.2.3 Pålar

De tre påltyper som utnyttjats vid grundförstärkningen uppvisar stora skillnader vad beträffar konstruktivt utförande, längder, utnyttjade pållaster m.m. En sammanställning av vissa primära data för de tre påltyperna har utförts i nedanstående tabell.

objekt	påltyp	medellängd m	material vid pål- spetsen	tillåten last kN
kv. Pollux 1, 2	SW-påle 155x21	13,5	åsgrus	470
kv. Narcissus 4	stålplast- påle ø 76,1x4,0	8,1	åsgrus	140
kv. Atomena	stålämnes- pelare x) ø 95 mm	16,0	berg	710

x) foderrör ø 139,7 mm

Ur neddrivningssynpunkt har två principiellt sett olika metoder använts dels med tryckluftshammare slagna pålar i kv. Pollux och kv. Narcissus och dels till berg foderrörborrade pålar i kv. Atomena.

De till berg nedborrade stålämnen i kv. Atomena ger ett ur kvalitetssynpunkt bra resultat därigenom att en praktiskt taget sättningsfri grundläggning erhålls. Ur ekonomisk synpunkt förutsätts dock att bergytan ej ligger alltför djupt under mark, högst 20 å 25 m. Djupet till berg är dock normalt större i Gamla stan. Vidare måste utrymmena vara tillgängliga för en foderrörborrmaskin och takhöjden vara minst 2,0 m helst 2,5 m.

Den höga tillåtna lasten på stålämnespålarna medför att dessa kan placeras i ett tämligen glest rutnät varvid antalet pålar begränsas. För att på bästa sätt kunna utnyttja pålarnas bärformåga krävs härvid god valfrihet vad beträffar pålarnas pla-

cering. Några svårigheter ur borrh teknisk synpunkt föreligger som regel ej men utrymmenas storlek och tillgänglighet begränsar valfriheten.

Aven de med tryckluftshammare slagna pålarna i kv. Pollux och Narcissus är - att döma av utförda provbelastningar - i huvudsak spetsbärande men lasten överförs här till åsgruset. Med tilltagande nedslagningsdjup i åsen ökar dock mantelbärigheten, vilket bl.a. framgår av provbelastningen för några långa pålar i kv. Narcissus där den uppmätta deformationen var betydligt mindre än den beräknade (för spetsbärande påle).

De båda påltyperna är i övrigt tämligen olika vad beträffar utformning, bärighet, skarvanordning, nedslagningsdjup i åsen m.m. De jämförelsevis tunga X-formade pålarna i kv. Pollux drevs med en tung tryckluftshammare och stoppslogs med denna någon eller några m över bergytan medan de lätta rörformade pålarna i kv. Narcissus slogs med en lätt hammare till stopp i åsens övre lager.

Någon nämnvärd skillnad ur deformationssynpunkt för aktuella brukslaster kunde ej konstateras vid provbelastningarna. Vid pålningsarbeten intill tidigare grundförstärkta byggnader med hög pålstoppnivå i åsen finns dock generellt sett viss risk för att vibrationer från nya angränsande pålningsarbeten kan medföra sättningar i den tidigare förstärkta byggnaden, speciellt om de nya pålarna går djupt och skikt med lös lagringstäthet finns inlagrade i åsen. Resultatet av sättningsmätningarna i den med tryckta betongpålar grundförstärkta fastigheten kv. Castor 1 och 9 (jfr Fig. 11) pekar dock mot att denna effekt är liten åtminstone för byggnader belägna i angränsande kvarter i förhållande till förstärkningsobjektet.

Rörpålarna i kv. Narcissus har en ur arbetssynpunkt för Gamla stans trånga källarutrymmen stor fördel därigenom att de har låg vikt och är lätta att skarva och driva ned. Neddrivning och skarvning sköts manuellt av två man och kräver en förhållandevis begränsad takhöjd (1,5 å 2 m). För de tyngre SW-pålarna krävs dels ett avsevärt arbete att flytta och montera den tunga pålhammaren mellan pållägena och dels en högre takhöjd (ca 2,5 m med den använda hejaren). Å andra sidan medför den avsevärt högre tillåtna pållasten i kv. Pollux ett begränsat antal håltagningar genom den ofta svårforcerade fyllningen.

Ur flexibilitetssynpunkt är pålar med låg tillåten last att föredra eftersom avvikelser från projekterat pålläge för en sådan påle ur konstruktiv statisk synpunkt har mindre betydelse än för en påle med hög tillåten last. Vidare är det lättare att ur lastsynpunkt effektivt utnyttja en påle med låg tillåten last jämfört med en påle med hög bärighet. För de aktuella projekten har dock utnyttjandegraden varit hög både i kv. Atomena och kv. Pollux (>90 %).

Vid grundförstärkning med obehandlade stålspålar finns risk för korrosionsangrepp, speciellt för den del av pålen som står i fyllning. Utförda mätningar av fyllningens korrosivitet i kv. Narcissus och Pollux bekräftar detta, speciellt i kv. Pollux där den uppmätta korrosionshastigheten var hög.

Ur korrosionssynpunkt har de kringgjutna stålämnespålarna i kv. Atomena ett mycket gott skydd mot rostangrepp. Även de båda andra påltyperna bedöms ha ett bra korrosionsskydd genom sin plastöverdraging (Stålplastpålarna) respektive epoxibehandling (SW-pålarna).

Behovet av rostskyddsbehandling för den i åsen nedslagna delen av pålen kan dock diskuteras. De mätningar som utförts med korrosionssonden i åsens ytlager tyder på att korrosionsrisken här är mycket liten.

5.2.4 Lastöverförande konstruktioner

Lastöverföringen från grundmurarna till pålarna sker antingen genom någon form av balksystem (kv. Atomena och kv. Narcissus) eller via en tjock armerad betongplatta (kv. Pollux) med genomföringar eller förtagningar (konsoler) in i grundmurarna.

Vid gjutning av en hel betongplatta erhålls samtidigt med den lastöverförande konstruktionen ett fribärande golv av hög kvalitet. Plattans tjocklek medför dock tämligen hög egenvikt (ca 17 kN/m² vid plattjocklek 70 cm i kv. Pollux) vilket i praktiken innebär att 7 å 8 pålar erfordrades enbart för att bära upp själva betongplattan.

För de båda andra projekten, där lasterna överförs via någon form av balkkonstruktion, erfordrades rent teoretiskt endast lokala schaktgravar för balkarna. Ur praktisk synpunkt måste dock bl.a. för formsättningen, en stor del av mellanliggande jord bortschaktas. Efter armering och gjutning av balkarna utlades kompletterande fyllnadsmassor mellan balkarna och gjöts en tunn golvlatta på mark. Denna lösning medför viss risk för framtida golvskador eftersom fyllningen mellan balkarna kan sjunka och ge upphov till framtida sättningar.

5.3 Miljömässiga jämförelser

5.3.1 Begränsning i nyttjande av egen fastighet

Begränsningar i nyttjande av egna fastigheter orsakade av grundförstärkningsarbeten varierar med byggnadens kvalitet, utformning, omgivning och nyttjandeform. Av de tre i uppföljningen ingående fastigheterna har två, kv Narcissus nr 4 och kv Atomena, varit utrymda före och under tiden för grundförstärkningsarbetenas utförande, varför något verkligt mått på störningarnas omfattning för andra aktiviteter inom fastigheterna ej kunnat erhållas. I kv Pollux 1, 2 som nyttjas som kontor, har verksamheten i stort sett pågått i normal omfattning. En direkt jämförelse av de olika förstärkningsmetodernas inverkan på den egna fastigheten vad beträffar störningsmoment är därför svår att göra.

Byggnadernas kondition ur stabilitets- och sättningsskadesynpunkt blir ofta avgörande för de inskränkningar i nyttjandet som måste göras vid förstärkningsarbetena. I kv Pollux 1, 2 var skadorna på byggnaden över markplanet av begränsad art, varför särskilda

förstärkningsarbeten i kontorslokaler inte behövde utföras. Även i den helrenoverade fastigheten kv Narcissus nr 4 har någon förstärkning av stabilitetsskäl av våningarna över markplanet inte behövt utföras. Vid enbart grundförstärkning av en fastighet kan därför intrånget normalt inskränkas till källarvåningen (alt. bottenvåningen).

I kv Atomena utfördes omfattande förstärkningar av byggnadens stomkonstruktion eftersom stabiliteten hos byggnaden i sin helhet var otillfredsställande. Förstärkningsarbetena krävde en total utrymning av fastigheten och annan verksamhet hade ej varit praktiskt möjlig.

Byggnadernas nyttjandegrad under förstärkningsperioden påverkas i viss mån även av dess utformning genom den yta som måste tas i anspråk för förstärkningsarbetena. En avsevärd skillnad finns här mellan å ena sidan kv Pollux och kv Narcissus där endast källarlocalerna utnyttjades och å andra sidan kv Atomena där hela bottenplanet togs i anspråk för grundförstärkningen. I de båda första fallen kunde erforderliga transporter ske genom fönstergluggar och källaruppgångar medan i det senare fallet husets ordinarie transportleder har nyttjats för arbetstransporter. Även om förstärkningsåtgärder ej hade varit nödvändiga i övervåningen i kv Atomena hade stora inskränkningar i dennas funktion ändå uppstått.

Fastigheternas omgivning (gatemark) har kunnat utnyttjas för uppställning av containers, kompressorer och annan utrustning utan nämnvärda hinder för trafik eller annan verksamhet. Det erforderliga utrymmesbehovet på gatemark skiljer sig inte för de tre fastigheterna.

Kontorsverksamheten i kv Pollux 1, 2 stördes av påslagnings- och bilningsarbetena och tidsmässiga omdisponeringar av arbetena gjordes, vilket inverkade på entreprenörens tidplan. I slutskedet forcerades arbetet därför genom skiftgång.

5.3.2 Pålningmetodernas inverkan på egen fastighet

Pålningmetodernas inverkan på egen fastighet är dels kopplat till förstärkningsarbetet i övrigt och dels till byggnadens skick före förstärkningen. De omfattande ingrepp som utförs i grunden vid schaktning och håltagning medför temporära försvagningar vilka - särskilt vid partier med extremt dålig grundläggning - även utan påslagning kan ge upphov till stora sättningar. Detta framgår t.ex. av dubb nr 68 (Bil. 15) i kv. Pollux där en sättning av ca 10 mm uppkom före påslagningen. Denna rörelse måste därför ha orsakats av tidigare utförda schakt- och bilningsarbeten. Beroende av den arbetsmetodik som tillämpas (etappindelning med flera simultana arbetsmoment) är det svårt att särskilja sättningarnas orsakssammanhang. För samtliga objekt finns dock en klart uttalad uppfattning att schakter och håltagningar i sig själva har medfört sättningar, särskilt i kv. Narcissus där vissa stora håltagningar mot Södra Bankogränd bedöms ha orsakat märkbara sättningar. Det är därför av stor vikt att arbets-etapperna begränsas och att erforderliga håltagningar i grundmurarna utförs med försiktighet.

Mot denna bakgrund finns vissa synpunkter på pålningsmetodernas lämplighet med hänsyn till byggnadernas kondition. Såväl de borrarade pålarna i kv Atomena som de med lätt hejare slagna pålarna i kv Narcissus ger små vibrationer och skakningar och är därför ur denna synpunkt lämpliga vid svårt skadade byggnader. De omständigheterna att fastigheterna kv Narcissus och kv Atomena var utrymda under förstärkningsarbetet och starkt nedslitna medför dock att det av naturliga skäl är svårt att bedöma om några extra skador uppkom under pålslagningen.

De förhållandevis tunga SW-pålarna ger större vibrationer vid slagningen och bör därför, som skett i kv Pollux, förböras genom fyllningen. Trots detta uppstod problem med tilltagande sprickbildning i byggnaden under förstärkningsperioden. Vid ett tillfälle blev störningarna så stora att pålningsarbetet temporärt avbröts och gjutningsarbetena forcerades.

5.3.3 Inverkan på grannfastigheter

Störningar och skador i grannfastigheter i form av buller och/eller sprickskador har inrapporterats främst från kv Pollux och kv Atomena. I kv Pollux fick grannfastigheterna, kv Pollux nr 3 och 13, ojämna sättningar med sprickbildningar som följde. Detta gäller särskilt fastigheten kv Pollux nr 13 (Stora Hoparegränd 2) vilken inom partiet närmast den grundförstärkta byggnaden fick omfattande skador. En starkt bidragande orsak till att skadorna här blivit stora bedöms vara att fastigheten är grundlagd på fyllning utan pålar. Grundmuren är dessutom sannolikt mer eller mindre hopbyggd med den grundförstärkta byggnaden och följde därför med i dennas sättningsrörelser.

Omgivande byggnader i angränsande kvarter påverkades generellt sett i mycket begränsad omfattning vad beträffar sättningar eller andra skador.

Bullernivån i den för bostadsändamål utnyttjade fastigheten, kv Pollux nr 13, var under påldrivningen besvärande, speciellt i inledningskedet när vibrohammaren användes. I kv Atomena var bullernivån vid foderrörssättningen störande, speciellt vid borrarningarna på gården vilket drabbade grannfastigheten (arbetsdomstolen) där verksamheten är känslig för buller. Störningarna medförde att borrarningarna inom denna del utfördes på icke konorstid.

Den med träpålar grundlagda byggnaden, kv Narcissus nr 1, erhöll smärre sättningar under grundförstärkningen. Sättningarna motsvaras dock endast av små ökningar av tidigare skador i byggnaden.

5.3.4 Arbetsmiljö

De trånga och smutsiga källarlokalerna medför ur arbetsskyddssynpunkt stora problem, framför allt vid schakt- och bilningsarbeten. En av svårigheterna har varit att ordna en dräglig ventilation. Detta har delvis varit omöjligt på grund av utrymmesbrist. Eftersom arbetet ofta sker etappvis med täta flyttningar måste en relativt flexibel utrustning användas vilket medför problem med rödragningar o dyl. Det är därför angeläget att vettiga lösningar på detta problem tas fram.

Vid schaktning intill och håltagning i befintliga väggar och murar kan - på grund av murarnas skiftande kvalitét - oväntade ras lätt uppstå. Dessa risker har begränsats genom de injekteringar, pågjutningar och bultförband som utförts för att förstärka murarna i samband med håltagningar för balkar och konsoler. Dessutom har provisoriska stagningar och uppstämningar utförts.

Pålningsarbetena har i stort sett löpt planenligt och har inte vållat entreprenörerna nämnvärda problem ur arbetsskydssynpunkt. Genom viss anpassning av maskiner och övrig utrustning till befintliga utrymmen har svåra arbetsställningar och tunga lyft begränsats. Bullernivån vid drivningen av pålarna var ur arbetssynpunkt besvärande för alla projekten. Drivningen av stålkärnelarna och SW-pålarna uppfattades även störande av omgivningen. Någon motsvarande uppgift finns inte för slagningen av Stålpplastpålarna.

5.4 Kostnadsjämförelser

5.4.1 Allmänna synpunkter

I inledningen till detta kapitel har svårigheterna med att utföra direkta ekonomiska jämförelser mellan de tre projekten berörts. Kostnadsbilden påverkas främst av faktorerna

- Konstruktiv utformning av förstärkningsobjekten (grundmurarnas utseende, åtkomlighet för arbetsmaskiner, tillgängliga takhöjder, omfattning av skador).
- Jordgrundens beskaffenhet (fyllningens tjocklek och sammansättning, grundvattenytans läge i förhållande till schaktbotten, schaktdjup, korrosionsrisk, grusåsens fasthet, kornfördelning och mäktighet).
- Förstärkningsmetoderna har ej tidigare utnyttjats i Gamla stan.
- Risken för skador på angränsande fastigheter.
- Förstärkningsarbetets kvalitet

Ovanstående faktorer kan variera från fall till fall och påverkar därför i olika hög grad kostnaderna. Som underlag för ekonomiska kalkyler till kommande förstärkningsprojekt blir därför de nu framtagna kostnaderna osäkra och bör därför användas med försiktighet. Ett säkrare ekonomiskt underlag för kalkyler och jämförelser mellan de tre metoderna bör därför baseras på resultat från ett flertal projekt.

Kostnadsredovisningarna för de tre projekten pekar mot att grundförstärkningskostnaderna för hus i Gamla stan generellt sett är avsevärt högre än vad som är fallet för "normala" byggnader inom kommunen. Visserligen saknas underlag för direkta jämförelser med motsvarande projekt inom andra stadsdelar men kostnaderna ligger avsevärt över (50-100%) vad som är normalt för förstärkningsobjekt med konventionella metoder. Orsaken härtill bedöms främst bero på de extremt besvärliga förutsättningar som råder.

5.4.2 Jämförelser av genomsnittskostnader

För de tre projekten har vissa genomsnittliga kostnader beräknats. Härvid har framtagits dels en genomsnittlig total kostnad utslagen per m² byggnads-, vånings- och lägenhetsyta. Med hänsyn till den stora skillnaden i våningsantal som finns mellan å ena sidan kv Atomena (2 våningar + vindsvåning) och å andra sidan kv Pollux och Narcissus (4 våningar + vindsvåning) blir en jämförelse mellan kostnaden per m² våningsyta mer intressant än utslagen per m² byggnadsyta. Förutom kostnaden per ytenhet har även genomsnittskostnader för enbart pålningsarbetet framtagits per m påle och - vilket är intressantare ur jämförande synpunkt - beräknat per m och uppburet Mp. De beräknade kostnaderna har redovisats i nedanstående tabell.

Tabell över kostnader

Objekt	Vånings- yta m ²	Antal ²⁾ vån.	Kostnad ³⁾ kr/m ²	Pålnings- kostnad kr/m	Pålkostnad per m och uppburen last kr/m.Mp
Kv. Pollux	1530	5	1450 (1730)	700	0,14
Kv. Narcissus	780 ¹⁾	5	1060 (1400)	190	0,07
Kv. Atomena	1700	3	2060 ⁴⁾ (2350)	900	0,16

1) Endast pålförstärkt del

2) Inklusiv vindsvåning

3) Kostnad per m² våningsyta. Siffror inom parentes avser kostnad inkl. konsultarvoden

4) Kalkylerad kostnad (gäller ej pålning)

Med de tidigare gjorda reservationerna beträffande kostnader-
nas jämförbarhet kan för de aktuella projekten konstateras att
kostnaden var lägst i kv Narcissus och högst i kv Atomena.
Den per m² våningsyta framräknade kostnaden är dock generellt
sett högre för en byggnad med färre antal våningar. Orsaken
här till är att kostnaderna för schakter, håltagningar i grund-
murar och bärande betongkonstruktioner får en jämförelsevis
större andel i en låg byggnad jämfört med i en högre. Genom-
snittskostnaden per m² våningsyta för kv Atomena blir därför
ej helt jämförbar med de båda övriga projekten. Dessutom är
denna kostnad delvis baserad på en förhandskalkyl.

Kostnaden för pålningsarbetet blir ur jämförande synpunkt
intressant först när denna ställs i relation till uppuren last
vilket gjorts i tabellens sista kolumn, som visar totala pål-
ningskostnaden dividerad med total pällängd x husets vikt.

Även i detta fall erhålls samma rangordning som tidigare mel-
lan de tre objekten. Kostnaden för kv Pollux har dock relativt
sett närmast sig kostnaden för kv Atomena. Förklaringen här till
är att pålningskostnadens andel för respektive projekt var
högre i kv Pollux jämfört med de båda övriga. Pålnings-
andel av den totala kostnaden var för kv Pollux ca 45% och för de
båda övriga projekten 33 ä 34%. Den relativt sett höga pålnings-
kostnaden för kv Pollux beror i stor utsträckning på höga skarv-
kostnader, ca 220:-- kr/skarv, vilket således vid 1 m skarv-
längder ökar kostnaderna per m med motsvarande belopp.

Kostnaderna för konsoler och bärande betongkonstruktioner upp-
går för vardera projektet till ca 30% av den totala kostnaden.
En kostnadsjämförelse för dessa faser mellan kv Pollux och kv
Narcissus, dvs. för de objekt där verkliga kostnaden fram-
tagits, visar att den genomsnittliga kostnaden för konsolerna
i kv Pollux är ungefär dubbelt så hög som i kv Narcissus. Där-
emot var kostnaden för betongkonstruktionen lägre i kv Pollux,
vilket kan förklaras av dels en mer exakt håltagningsteknik
och dels en enklare formsättning. Resterande kostnader (25 ä
35% av totalkostnaden) avser främst kostnader för schaktning-,
bilnings- och grundmursförstärkning.

Projekteringskostnaderna vid grundförstärkningsarbeten blir för-
hållandevis höga. I dessa fall uppgår konsultkostnaderna till
15 ä 20% av totalkostnaden, varav större delen utgör kostnader
för konstruktionshandlingar och geotekniska undersökningar.
Kostnader för utredningar och kontrollåtgärder före och under
förstärkningsarbetet har även varit tämligen omfattande.

6. SYNUNKTER PÅ FÖRBÄTTRINGAR OCH UTVECKLING

Den utförda uppföljningen talar för att de tre typerna av stål-pålar ur bärighets- och deformationssynpunkt uppfyller rimliga anspråk för förstärkning av sättnings-skadade byggnader i Gamla stan. Den förhållandevis låga tvärsnittsarean för samtliga påltyper medför liten jordundanträngning. Pålarnas slankhet minskar dessutom risken för pålbrott vid eventuella horisontalrörelser i fyllningen. Dessutom bedöms varje påltyp ha tillfredsställande skydd mot korrosion vilket talar för en avsevärd livslängd. Från praktisk utförandesynpunkt och ur ekonomisk synpunkt kan dock vissa förbättringar göras främst vad avser skarvningsanordning och neddrivningsteknik för SW-pålarna.

6.1 Skarvanordningar

Eftersom skarvarna för SW-pålarna har en förhållandevis stor andel i materialkostnaden finns ett klart uttalat behov av en enklare och billigare skarvningsteknik vilket skulle medföra avsevärda besparingar. Strävan att begränsa pålelementens längd får därvid mindre ekonomisk betydelse vilket gör metoden mer anpassningsbar till utrymmesförhållandena i lokaler med begränsad höjd. Vid ändring av skarvens konstruktion bör även eftersträvas att få så liten sektion ändring som möjligt vilket sannolikt skulle öka pålens mantelbärighet och underlätta bedömningen av pålarnas verkningssätt.

Skarvanordningen för stålplastpålarna är enkel och ekonomisk och påverkar därför ej pålningskostnaden på något avgörande sätt. Vidare forskning och utveckling kan här inriktas på en förbättring av korrosionsskyddet för skarvhylsorna vid pålning i fyllning där korrosiviteten är hög.

För de foderrörborrade stålkärnepelarna, vilka svetsas i skarvarna både vad avser foderrör och stålkärna, är skarvarnas kostnadsandel ej så stor att någon avsevärd ekonomisk besparing kan göras med alternativ skarvningsteknik.

6.2 Neddrivningsutrustning

De tunga tryckluftshejare som använts vid drivningen av SW-pålarna i kv Pollux fordrar en relativt stor fri höjd varför utveckling av alternativa hejartyper med begränsad höjd har stort intresse både ur teknisk och ekonomisk synpunkt (längre pålelement kan utnyttjas). Montering och flyttning av hejaren var tidskrävande och tungt eftersom hjälpmedlen (rörställningar, kättingar och lufthassel) inte var särskilt anpassade till verksamheten. En för ändamålet särskilt konstruerad, flyttbar anordning (på hjul, räls eller larvunderrede) justerbar i höjddled, skulle underlätta hanteringen av en tung hejare.

Lätta hejare av den typ som användes för Stålplastpålarna i kv Narcissus fyller i stort sett de krav som rimligen kan ställas ur utrymmessynpunkt. Ur arbetsmiljösynpunkt finns önskemål om utveckling av en mer tystgående hejare men detta är en allmän strävan ej specifik för grundförstärkningsarbeten.

Vid foderrörborring inomhus med begränsning av den fria höjden (i källarutrymmen o dyl) får normala larvunderredena och

borrutrustningar begränsad användbarhet. Några specialföretag inom pålningsbranschen har därför konstruerat speciella versioner anpassade för foderrörsdrivning i trånga utrymmen. Med dessa har man lyckats minska den erforderliga fria höjden till ca 2 m med i huvudsak oförändrad kostnad per m nedborrat rör.

Den för förborrning genom fyllnadsmassor i kv Pollux använda augerborren ($\varnothing 200$ mm) har begränsad nedträngningsförmåga vad avser hinder i fyllningen. För att denna metod skall fungera förutsätts antingen att fyllnadsjorden är relativt fri från hinder eller att pålplaceringen är flexibel.

I kv Narcissus söktes lämpliga pällägen genom sonderingar före slagningen men i några pålgrupper var ansamlingen av trähinder så stor att någon form av förborrning eller röjning måste ske. För kommande grundförstärkningsarbeten med slagna stålplålar inom Gamla stan blir det med all sannolikhet nödvändigt att utveckla metoder för förborrning genom hinder i fyllning. Metoder med borrhonor nedsänkta i foderrör för borring genom omväxlande jord, sten och trä har prövats i kv Narcissus och i en angränsande fastighet (kv Cadmus). Efter flera försök med olika alternativ av borrutrustning har två metoder gett positiva resultat varför en beskrivning är befogad.

För forcering av ytliga trähinder har framtagits en utrustning bestående av en fräs med liten diameter, styrd inuti av ett grövre stålrör. Fräsen roteras med en lätt luft- eller elmotor, t ex en vinkelslipmaskin. Röret vrids för hand och ett cirkelformat spår fräses i trästocken. Hela anordningen matas nedåt av egen vikt tills hindret genomborrats. För att reducera slitage av fräsverktyget slås först ett öppet foderrör med pålhejaren ned till stocken och spolats rent. Tekniken visade sig effektiv ned till 2,5 å 3 m. Utrustningen är lätthanterlig varför borringen är billig.

För forcering av djupare liggande hinder ombyggdes en liten lätt kedjematad hammarborrmaskin till sådan storlek att den lätt kan utnyttjas och flyttas inom en källare av två man. Den försågs med separat rotationsmotor och borrhonor för omväxlande borring genom jord och trä. Med denna maskin utfördes förborring genom jord, inklusive block, med hammarborrteknik och bergborrkrona. När trähinder påträffades drevs ett svetsskarvat foderrör separat ned till stocken, vilken genomborrades med en träborrkrona. Efter förnyad hammarborring till nästa stock slogs foderröret till denna nivå, stocken genomborrades, etc. Efter diverse ändringar har med gott resultat ett totalt 6 m djupt hål borrats varvid fyra 25-80 cm tjocka stockar forcerades. Den totala borrhordtiden, inklusive uppställning av maskinen, var 5 timmar.

Under försöken konstaterades att förborring genom flera lager trävirke måste utföras med böjstyva foderrör, då vanliga borrhör är så veka att de lätt böjer av och ändrar riktning när ett hinder påträffas.

6.3 Stoppslagning

De provbelastningar som utfördes på SW-pålarna i kv Pollux indikerar att ett lindrigare stoppslagningskrav (50 à 100 mm/min) kunde ha valts med oförändrad tillåten last (470 kN). Fördelarna härvidlag är uppenbara - bättre pålningsekonomi och mindre risk för skador på egna och angränsande byggnader. Berörda byggnadsinspektörer ansåg dock att underlaget var otillfredsställande och rekommenderade ytterligare provbelastningar. Fortsatta utredningar av lämpliga stoppslagningsvillkor, eventuellt för olika hejarstorlekar, är därför angeläget vad beträffar SW-pålarna. För de med lätt hammare slagna Stålplastpålarna bedöms någon ytterligare lindring av stoppslagningsvillkoren enligt typgodkännandet (max 100 mm/min.) ej vara aktuell.

6.4 Lastöverförande konstruktioner

Från entreprenörshåll har vissa synpunkter angående denna del av grundförstärkningsarbetet framkommit. Genom att bilningsarbetena för lastupptagande konsoler är tidskrävande och därigenom blir dyra bör enklare lösningar eftersträvas vid projekteringen. Tex kräver konsoler av stålprofiler i allmänhet mindre bilningsarbete. Genom kringgjutning och injektering kan stålprofilerna korrosionsskyddas och blir därvid enklare och mer ekonomiska än motsvarande betongkonsoler. En begränsad håltagning är också till fördel ur skadesynpunkt eftersom stora håltagningar ofta bidrar till en ökning av sättningsskadorna under förstärkningsperioden.

I samband med förstärkningsarbetena utförs ofta nya betonggolv varför en hel betongplatta normalt medför vissa fördelar såsom mindre formsättning och större flexibilitet beträffande pålplaceringen. För att minska plattans tyngd kan den utföras med förtjockningar längs bärande väggar men i övrigt göras tunnare och ger då inte mer lasttillskott än balkar jämte golv på mark.

Att utföra avlastningskonstruktionen före påslagningen är i de flesta fall en fördel, då man därigenom kan förvänta sig mindre skador på egen byggnad under påslagningen. Ett sådant utförande var projekterat för kv Atomena men frångicks då en låst pålplacering inte visade sig praktiskt genomförbart. För att speciellt vid slagna pålar minska risken för stopp mot hinder i fyllningen, bör före projekteringen sticksonderingar utföras och lämpliga områden för pållägen ur statisk och praktisk synpunkt fastställas. Den önskade flexibla pålplaceringen kan sedan erhållas genom att lämna relativt stora ursparingar i betongplattan.

6.5 Synpunkter på uppföljning av kommande förstärkningsprojekt

6.5.1 Olika arbetsmoments relativa inverkan på sättningarna

En intressant frågeställning är den relativa inverkan på sättningarna från de tre arbetsmomenten.

- Schaktning (inklusive bortbilning av utstickande grundmurar och kapning av rustbäddar).
- Håltagning för konsoler i grundmurarna.
- Pålslagning

Ökade kunskaper i detta avseende har stor betydelse dels för valet av påltyp och dels för planering och utförande av schakter och håltagningar. Kan t.ex. sättningarna begränsas genom val av lämpliga metoder vad beträffar lastöverföringssystem och schaktningsteknik är möjligen valet av påltyp av underordnad betydelse.

Analysen försvåras dock av att de tre arbetsmomenten i större eller mindre omfattning ofta pågår samtidigt inom olika förstärkningsetapper. Detta medför problem att särskilja sättningseffekten av den ena eller andra verksamheten. Man måste även räkna med en viss tidsmässig eftersläpning av sättningarna, särskilt vid de båda momenten schaktning och håltagning. Byggnadens skick före grundförstärkningen (skadornas omfattning, grundmurarnas konstruktion, förekomst av utstickande rustbäddar) påverkar dessutom från fall till fall sättningssäkerheten för olika arbetsmoment.

En förstärkt insats i uppföljningen i detta avseende vid kommande likartade projekt kan dock förbättra kunskaperna om sättningarnas orsakssammanhang. Härvid krävs dock avsevärt tätare avvägningar och fler avvägningdubbar (särskilt invändigt) än för de nu studerade projekten. Dessutom måste en noggrann tidsstudie av de olika arbetsmomenten utföras.

6.5.2 Provbekastningar. Kontroll av horisontalrörelser

Utöver en mer noggrann uppföljning av sättningarnas orsak föreslås för SW- och Stålplastpålarna att flera provbekastningar utföres. Bl.a. vore önskvärt att studera pålarnas spetsbärighet och uppförande under långtidsbekastning. En möjlighet till uppföljning av eventuella horisontalrörelser hos Stålplastpålar och Stålkärnepålar är exempelvis att förse dessa med ett invändigt klenare rör monterat före igenfyllningen med cementbruk. Röret dras upp genom den överliggande topplåten och fixeras så att dess överkant kommer att sticka upp genom den färdiggjutna betongkonstruktionen. Med hjälp av en lämpligt utformad tolk eller annan form av mätanordning kan sedan pålens horisontalrörelser kontrolleras i efterhand.

LITTERATUR

Byggeforskningens rapport R63 1973, Grundner K, Lantz G, Söderström G, Stadsinventering, Metoder för inventering av äldre byggnadsbestånd i kulturhistoriskt värdefulla stadsmiljöer.

Uchelen M van, The preservation of timber piles under building by the use of organic gases. De Ingenieur 85 (1973):19.

Broms B, Grundförstärkning av byggnader. SGI 1974.

Byggeforskningens rapport D10 1975, Holmström I, Sandström C, Maintenance of old building. Preservation from the technical and antiquarian standpoint.

Bjurström G, En påle för småhus och trånga platser. Byggnadsindustrin 44(1975) s 23-24.

Kerisel J, Old structures in relation to soil condition. Geotechnique 1975, Vol. 25, nr 3, s 433-483.

Stille H, Annebäck L, Grundén T, Stålplastpålar i lera. Inst för jord- och bergmekanik, KTH, Stockholm 1976.

Piling system replaces unstable foundations. Construction Methods & Equipment 58(1976):2.

Byggeforskningens rapport T2 1977, Grundvattenytans nivåförändringar - konsekvenser från geoteknisk synpunkt.

Bohm H, Brink L-G, Pramborg B, Grundläggningskartering, ett underlag för stadsplanering. Stadsbyggnad 11-12/1977.

Bredenberg H, Broms B, Bjurström D, Load tests on slender piles. Väg- och vattenbyggaren 8-9, 1977.

Hansson O, Morfeldt C, Grundläggningsekonomi. Examensarbete år 1977 vid Inst för jord- och bergmekanik, KTH, Stockholm.

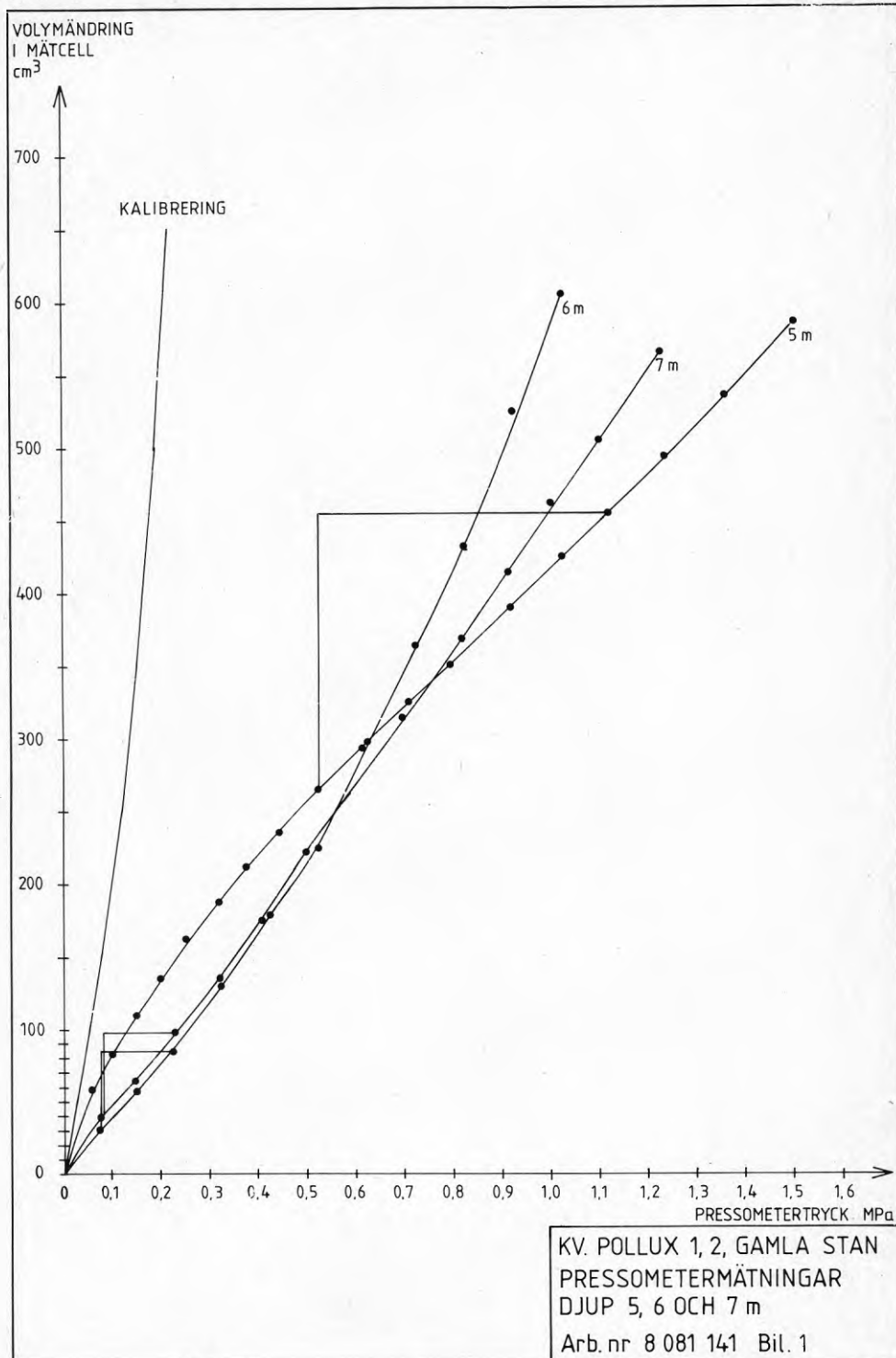
Byggeforskningens rapport R60 1978, Sahlström P-O, Bergvall B, Grundförstärkningen av gamla hus. Undersökning av nedpresade betongpålars verkningssätt i åsmaterial.

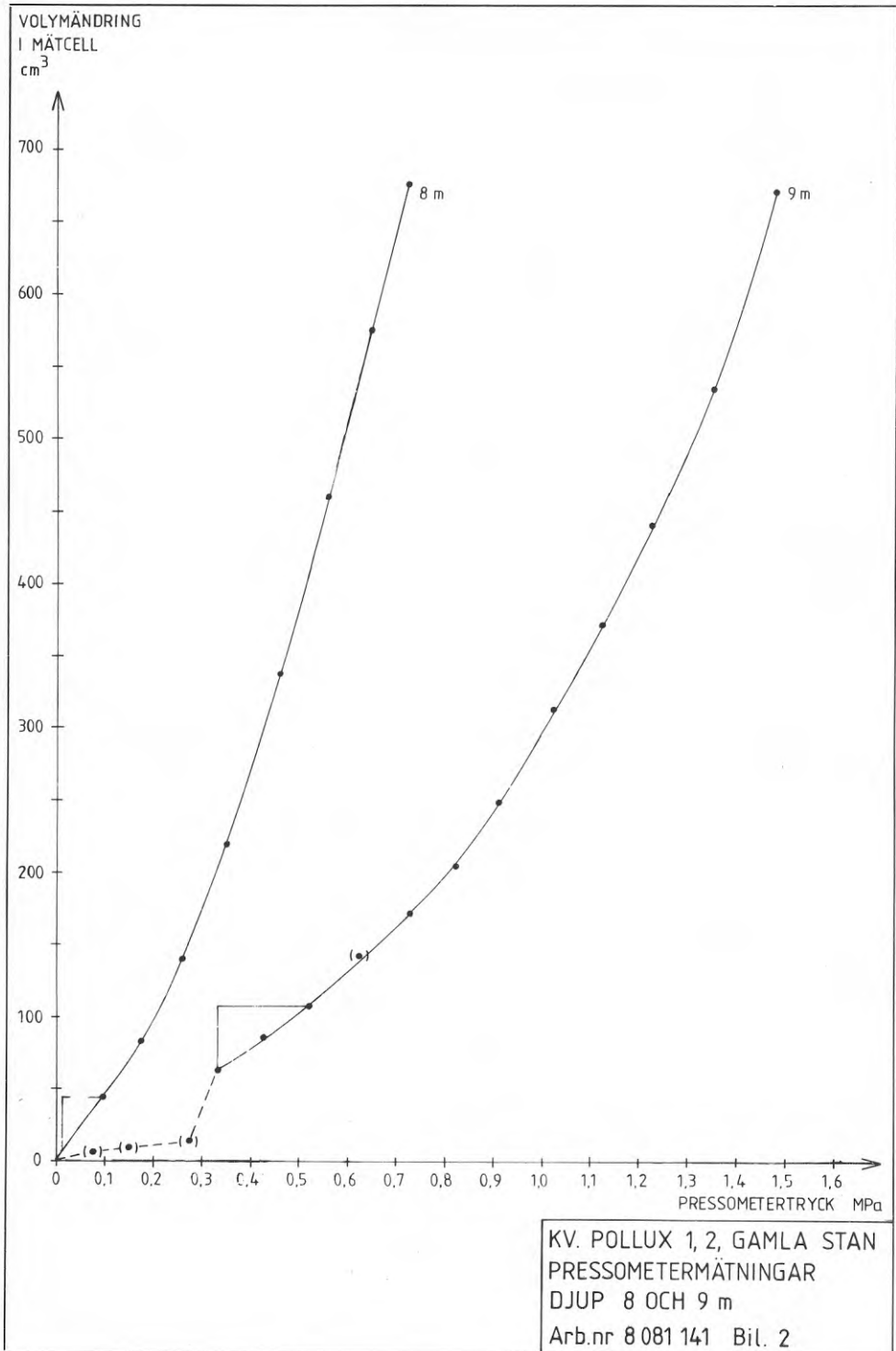
Byggeforskningens rapport T18 1978, Löwe A, Bevara Gamla stan.

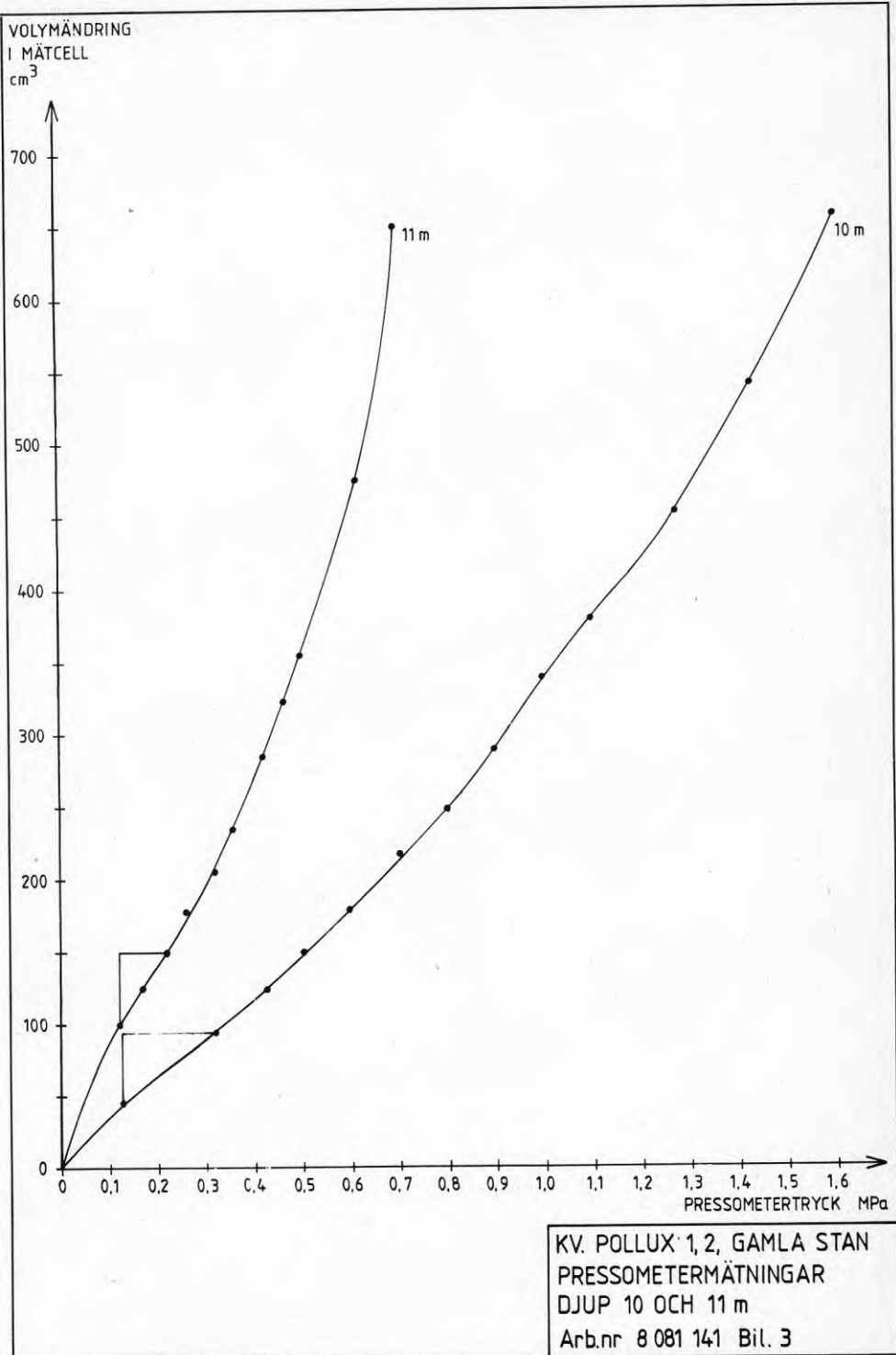
Byggeforskningens rapport R 1979, BFR Grundförstärkningsgrupp, Grundförstärkning av befintlig bebyggelse.

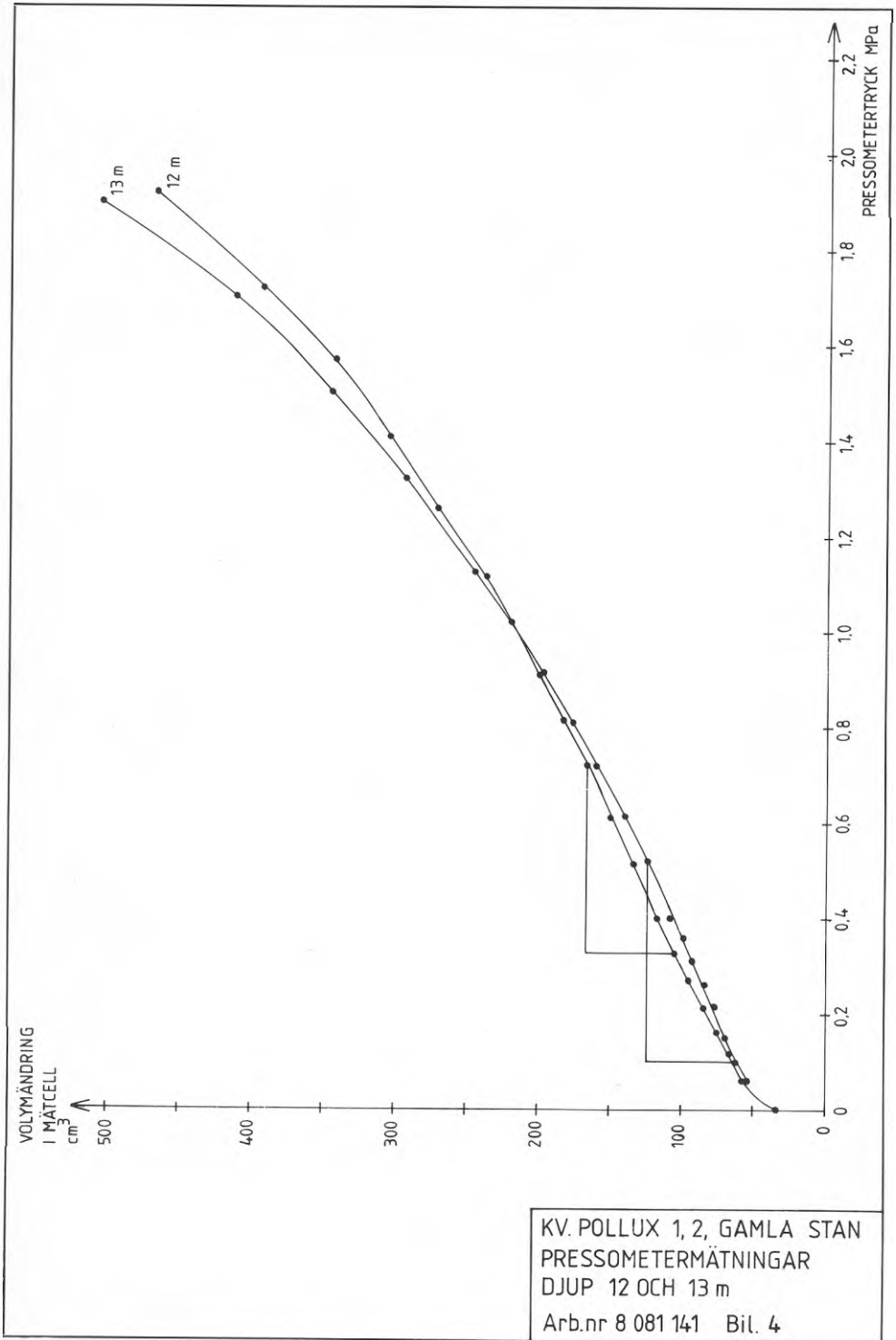
Bevarande av kulturhistoriskt värdefulla miljöer. Statens Planverk, Riksantikvarieämbetet.

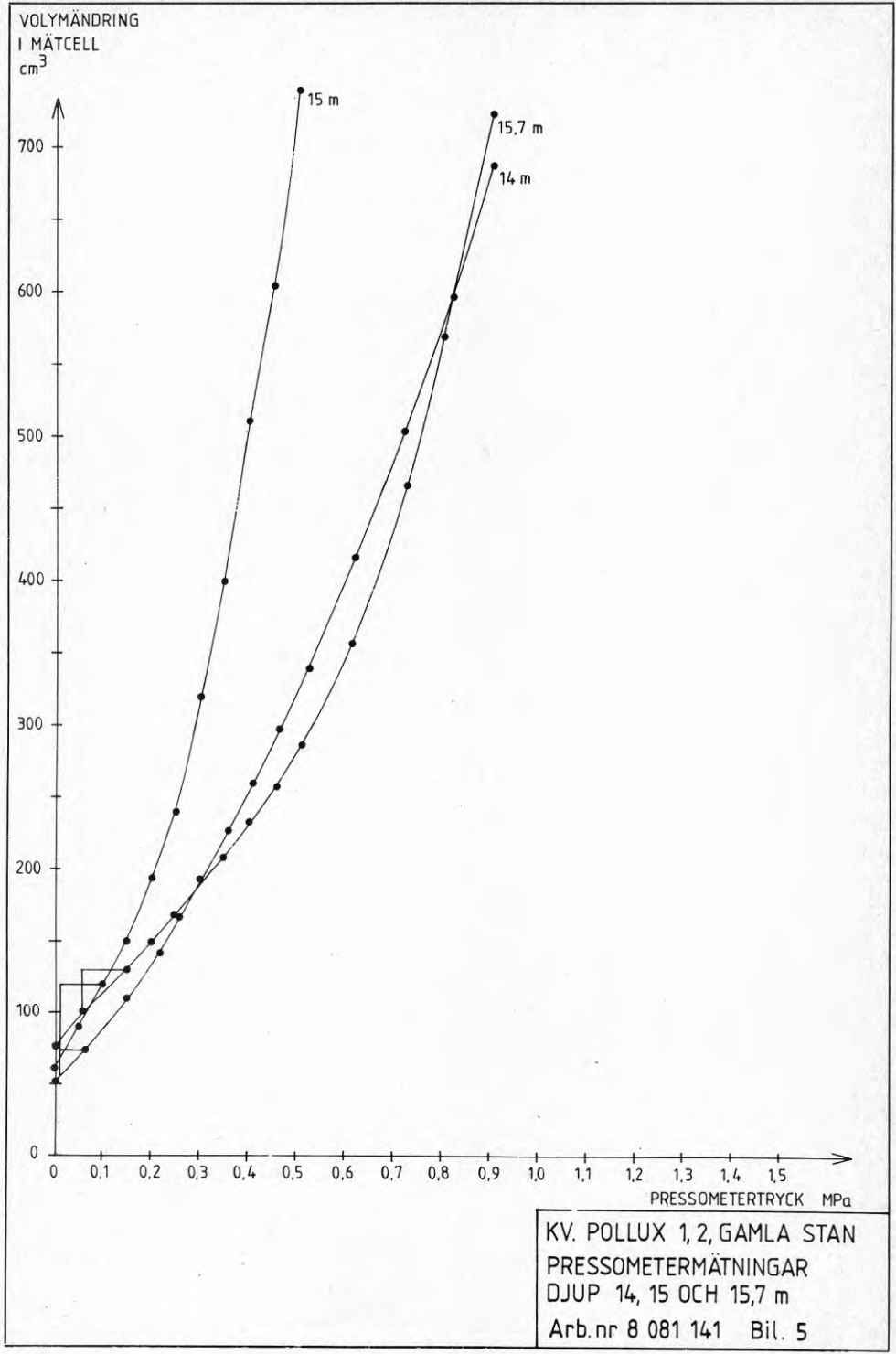
Litteraturstudier beträffande röta i trä. Statens Geotekniska institut, utlåtande K 8270, bilaga B.

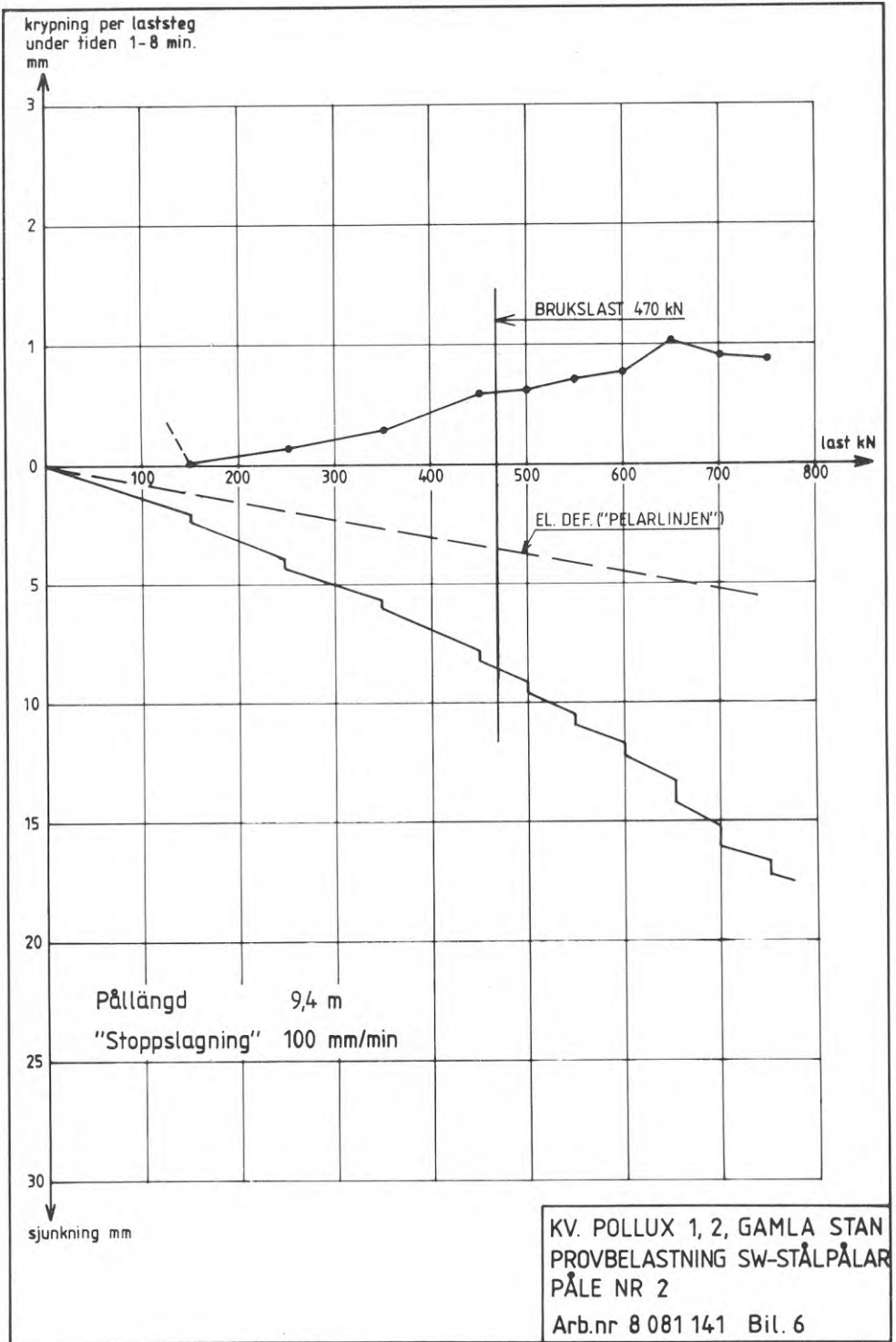


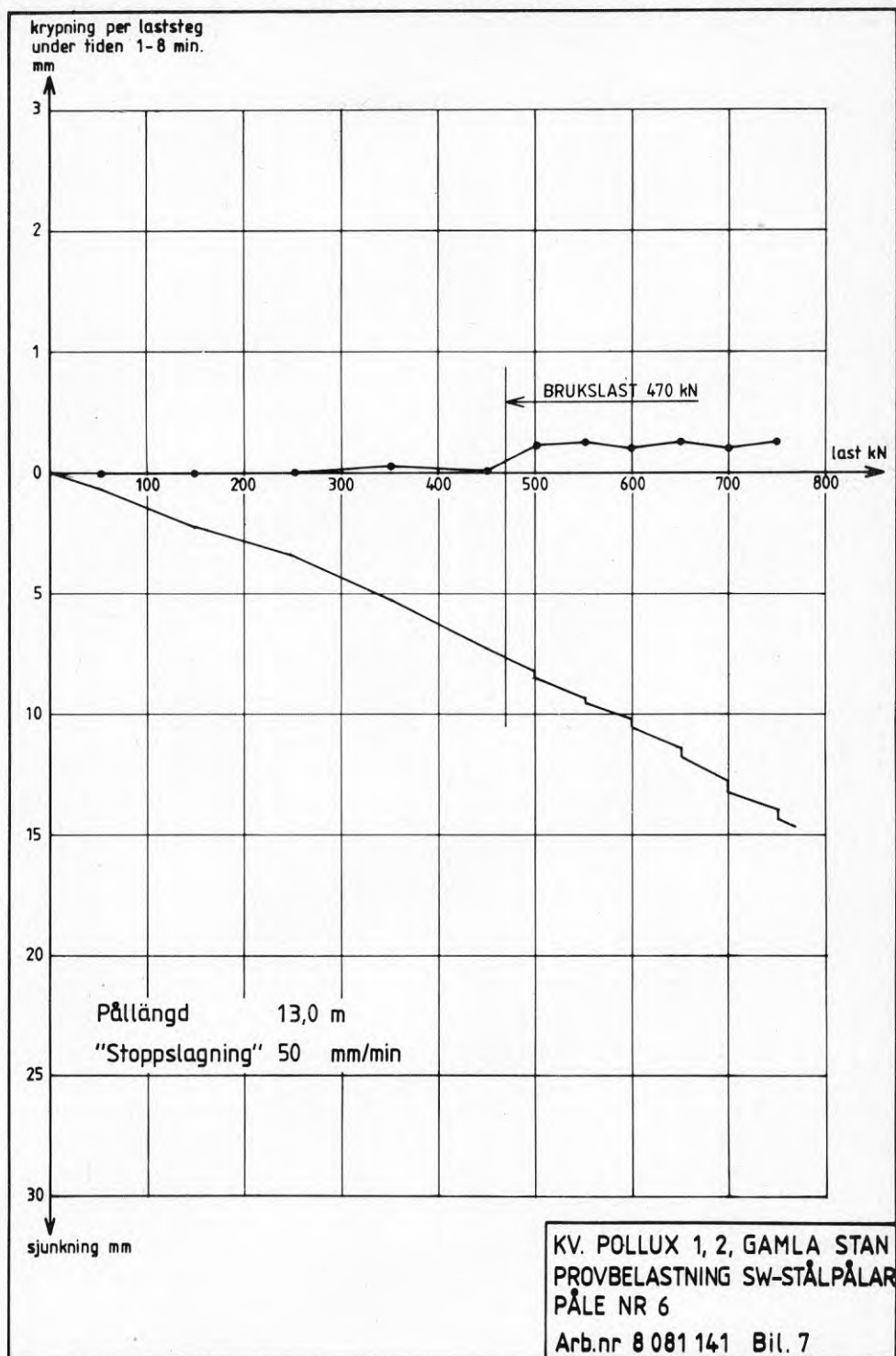


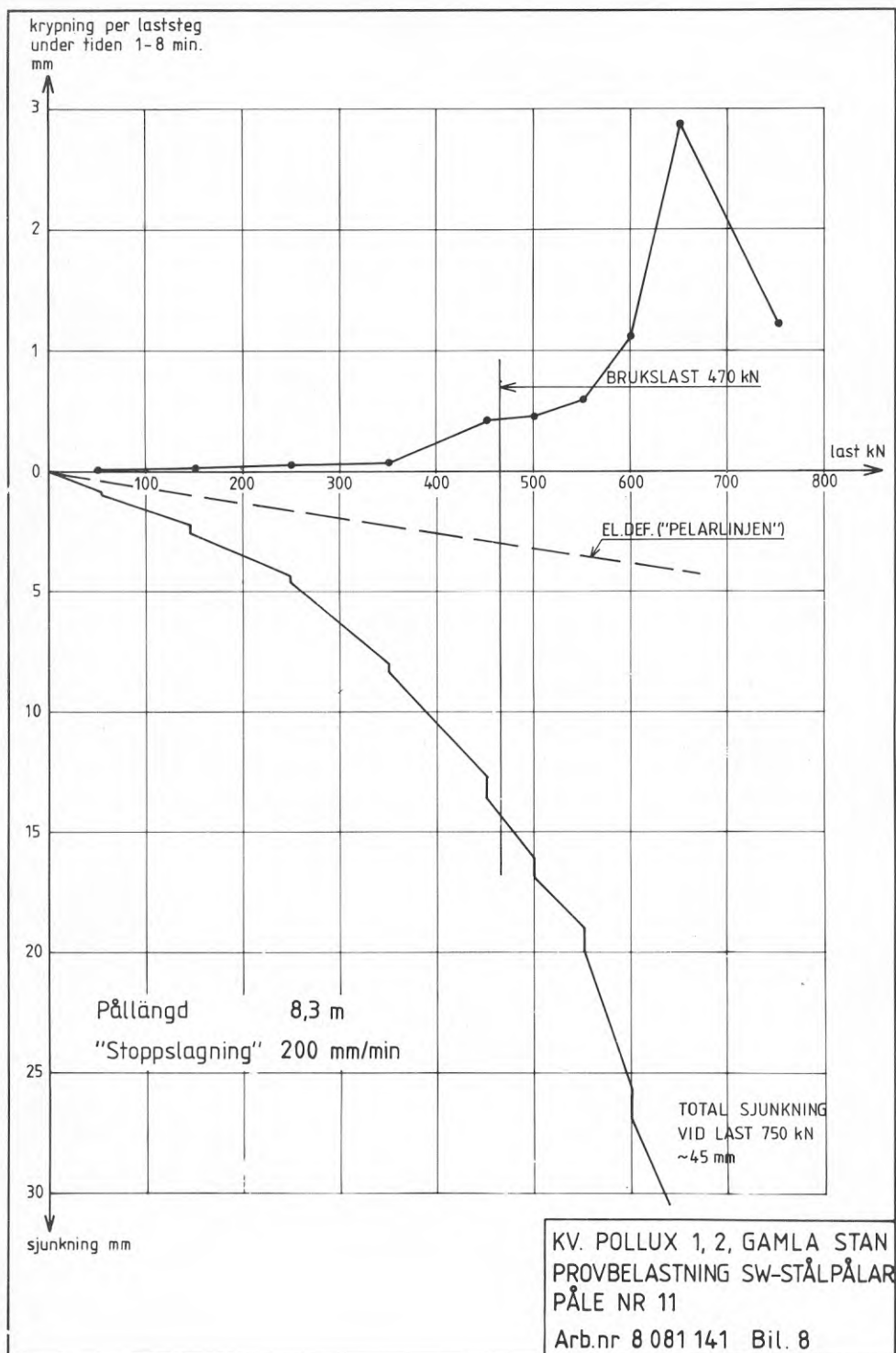


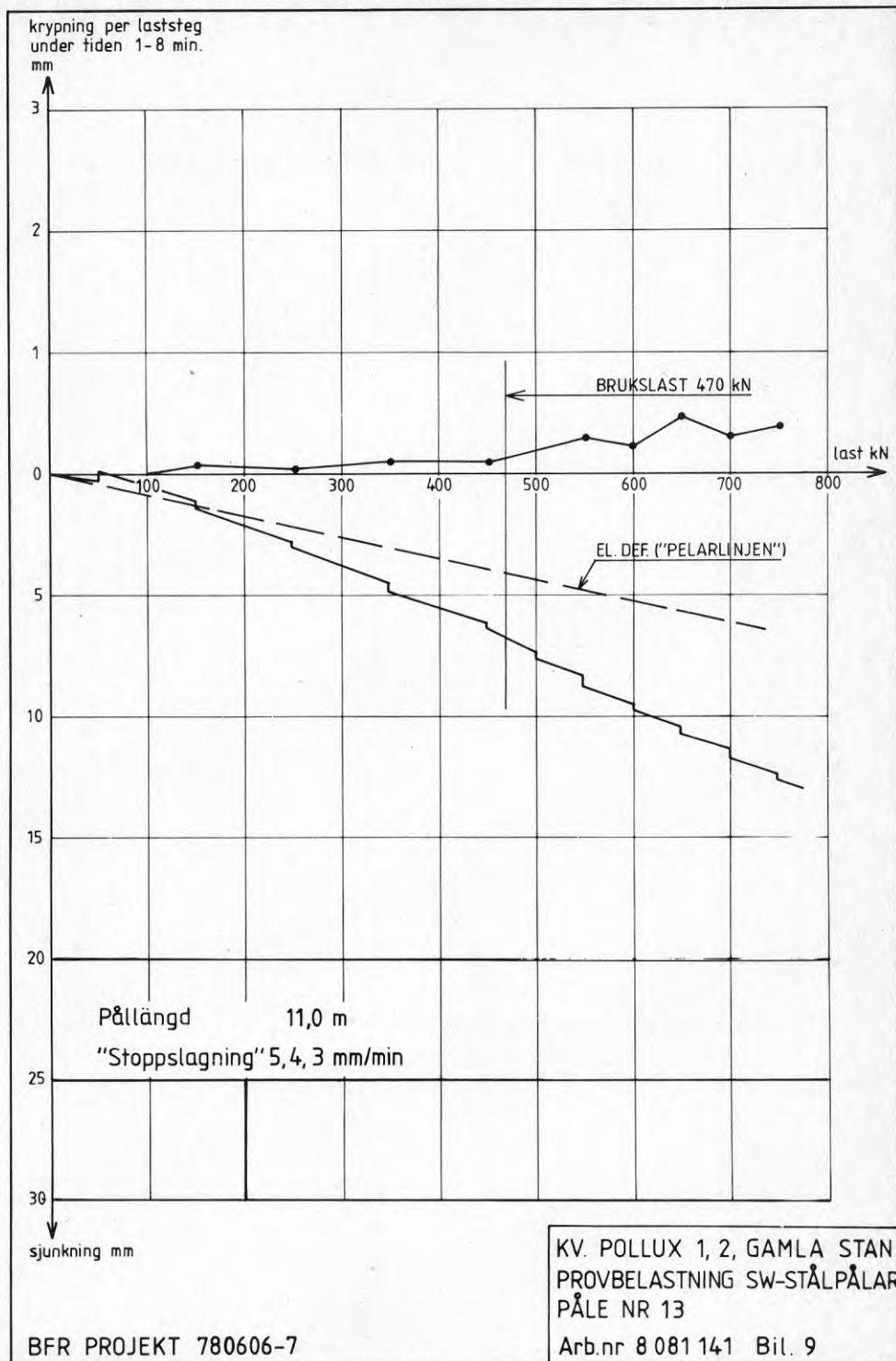


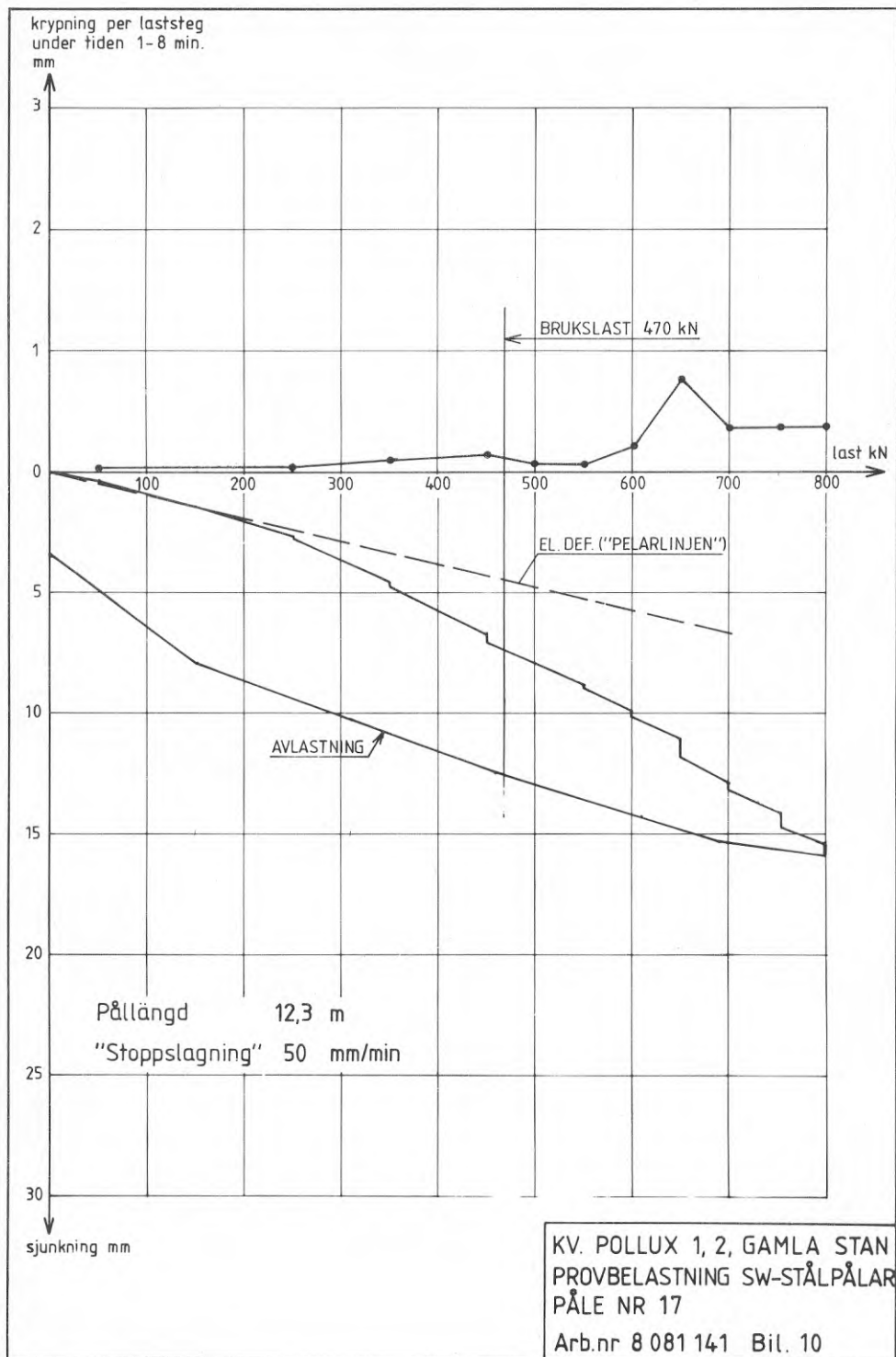


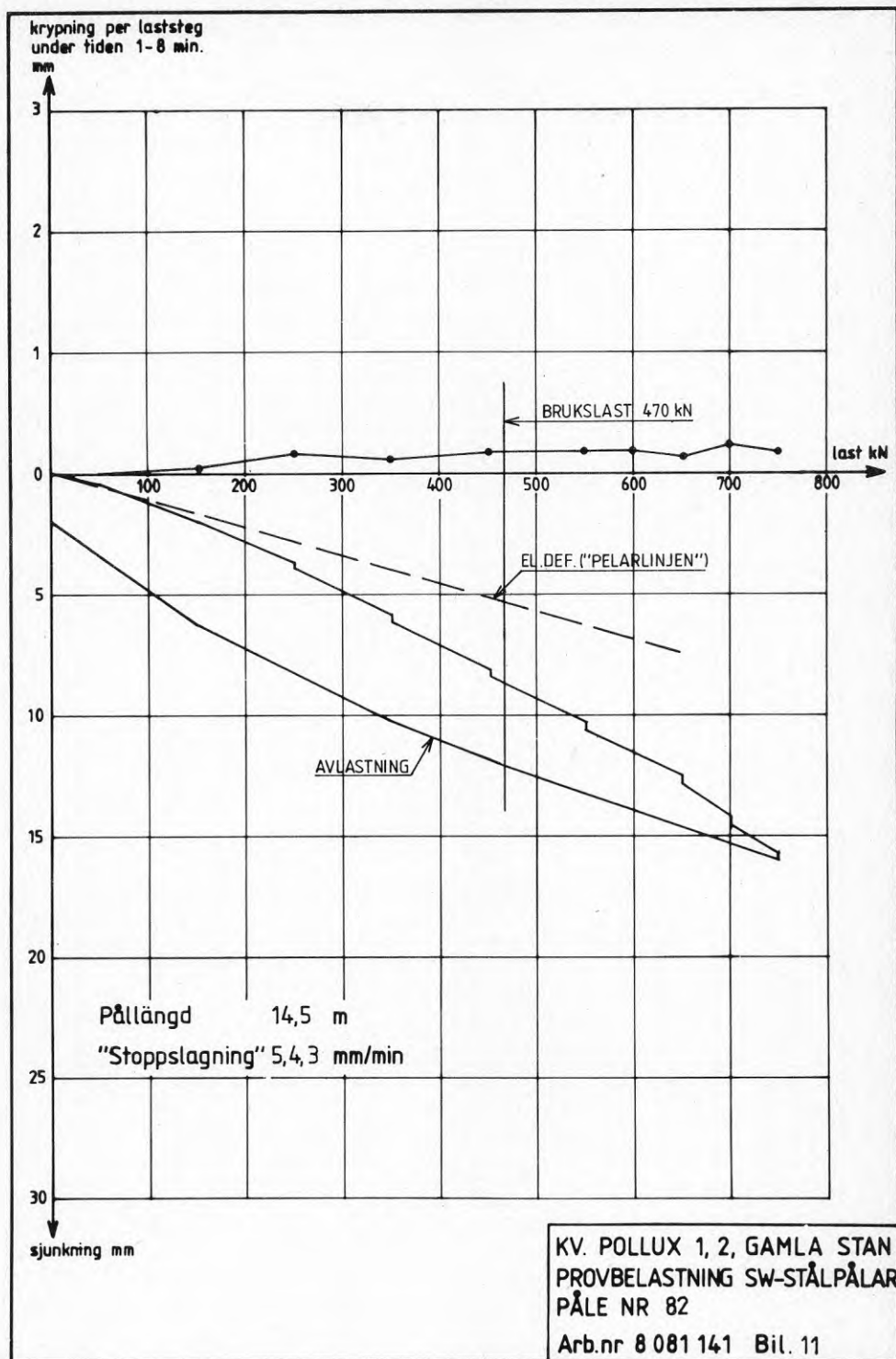


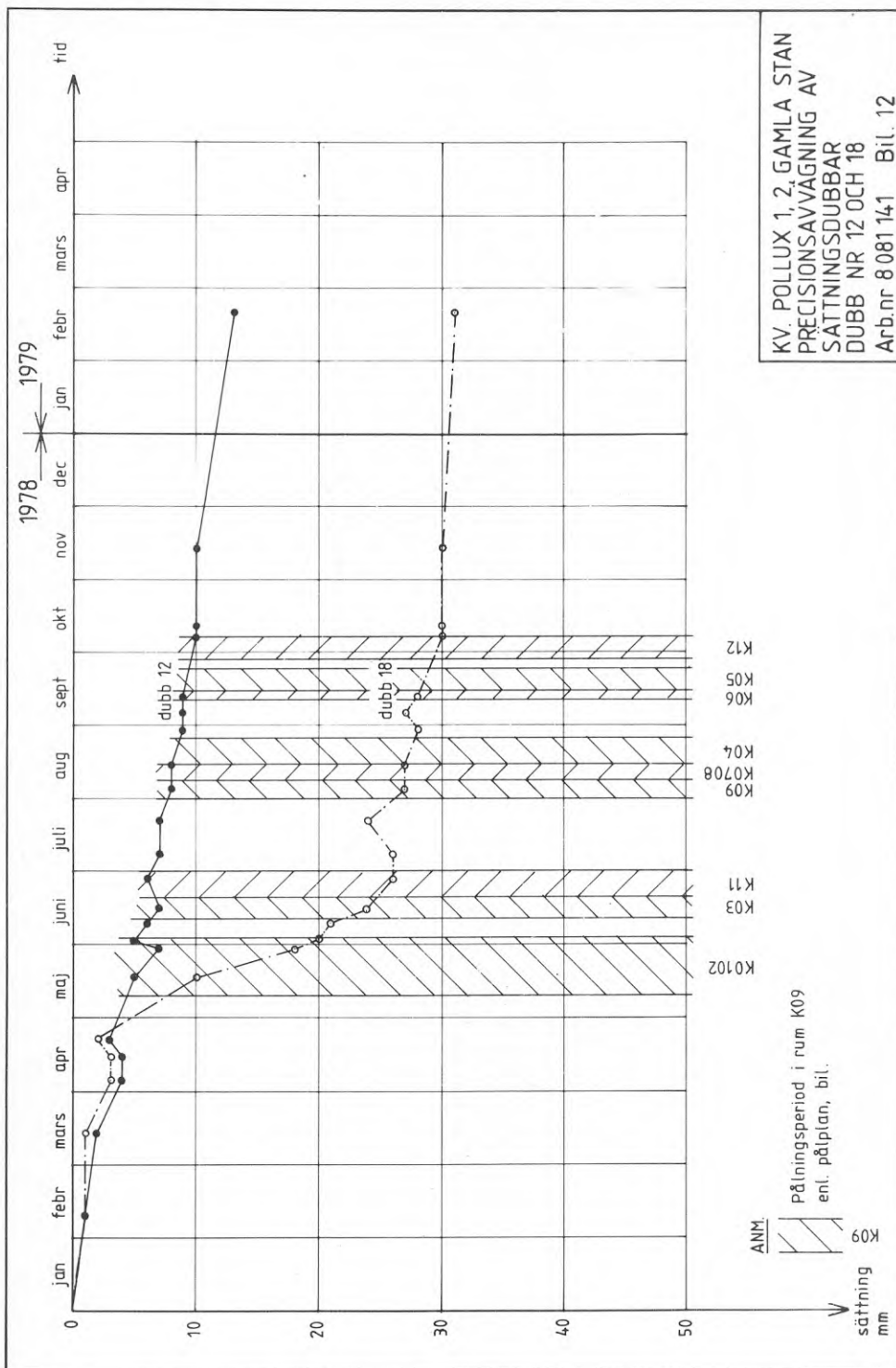


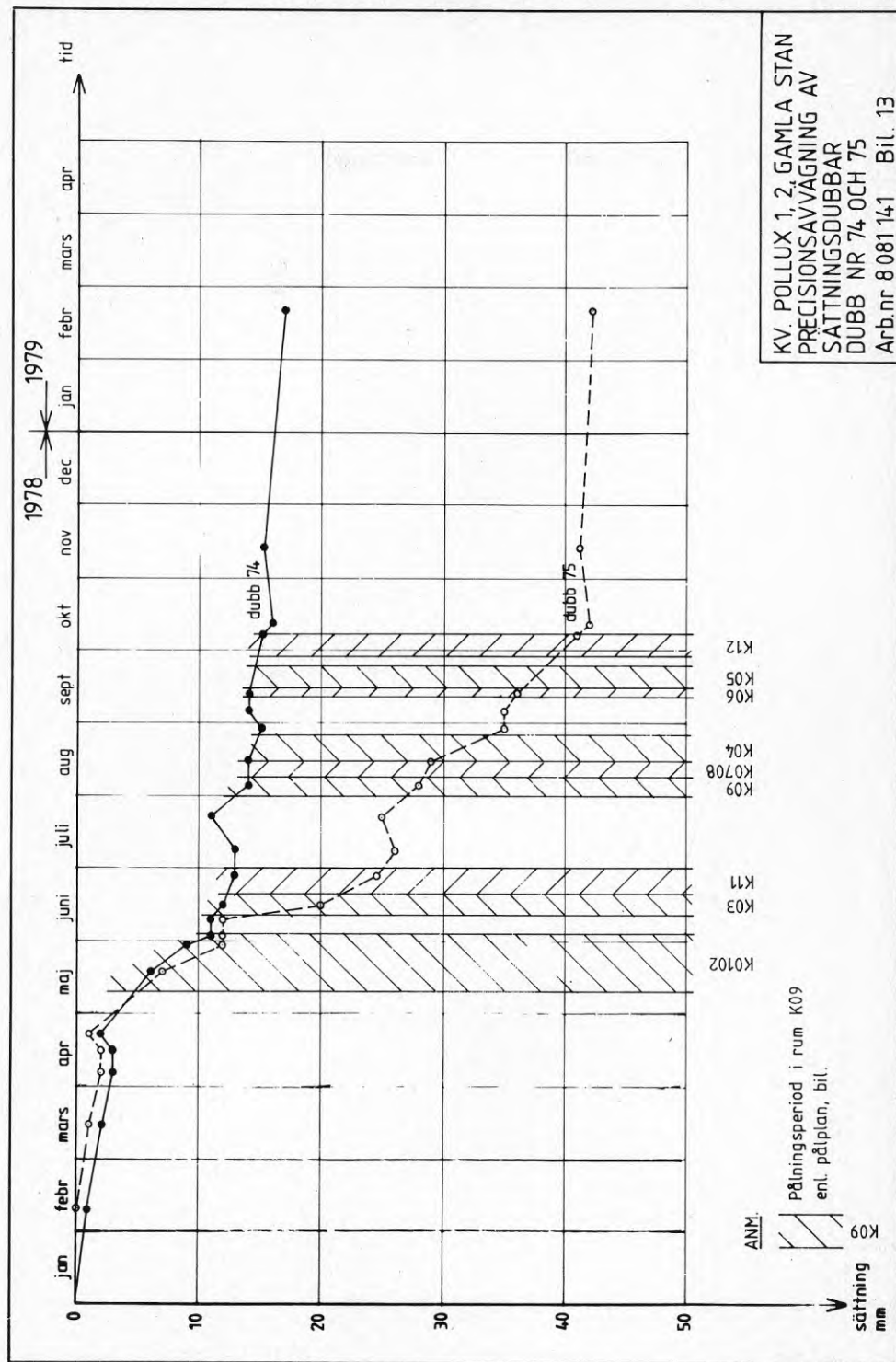


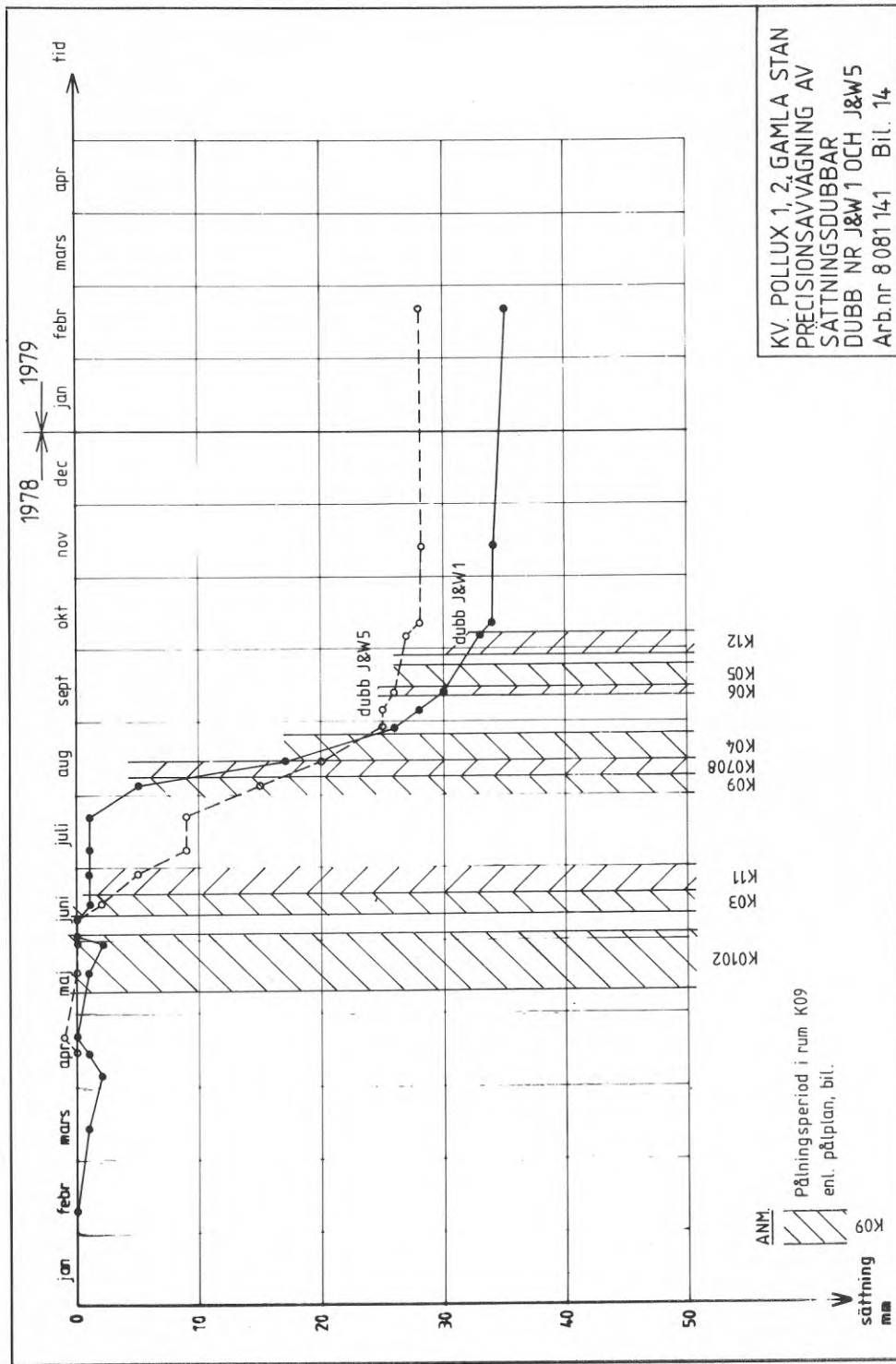


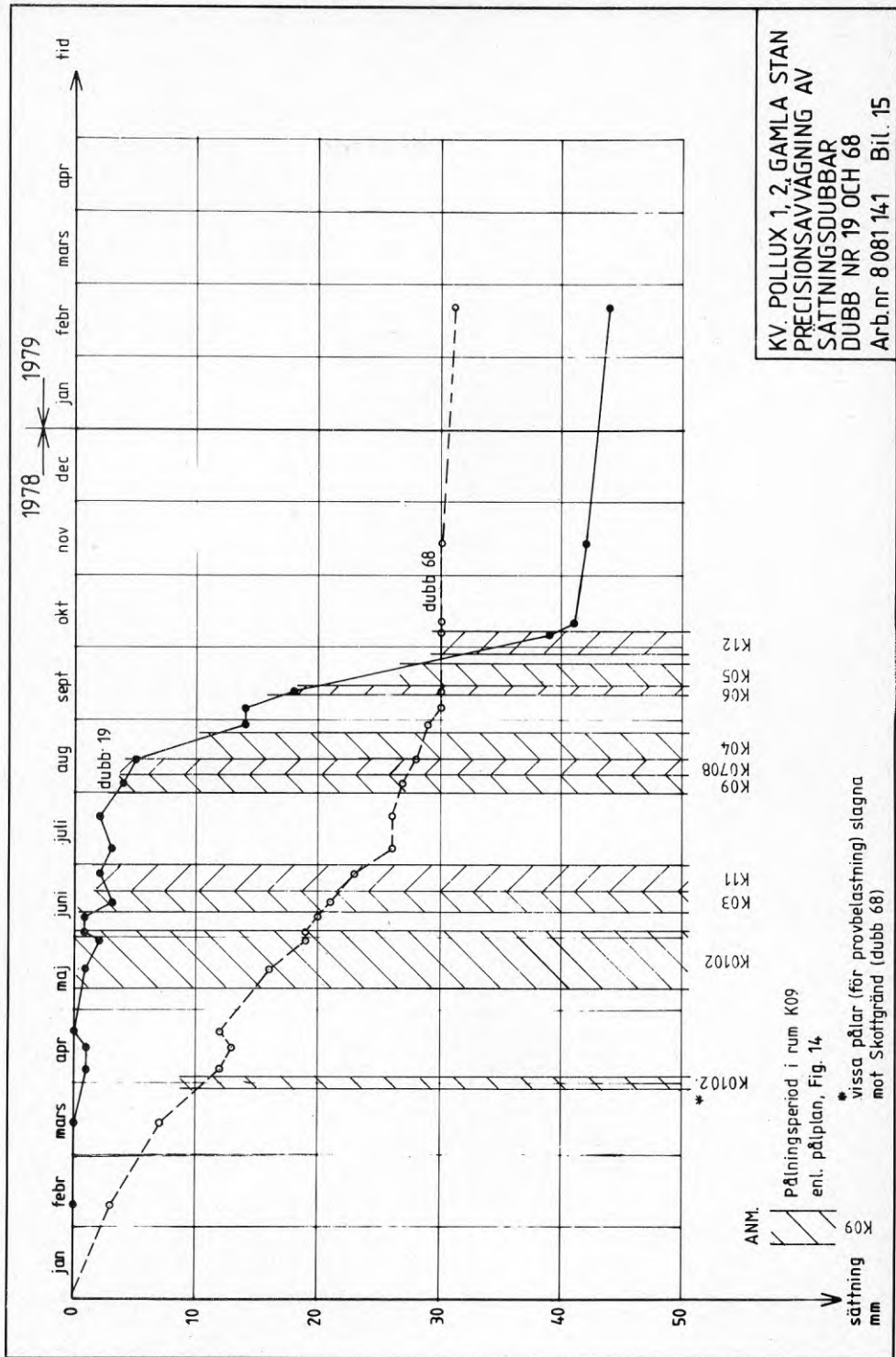


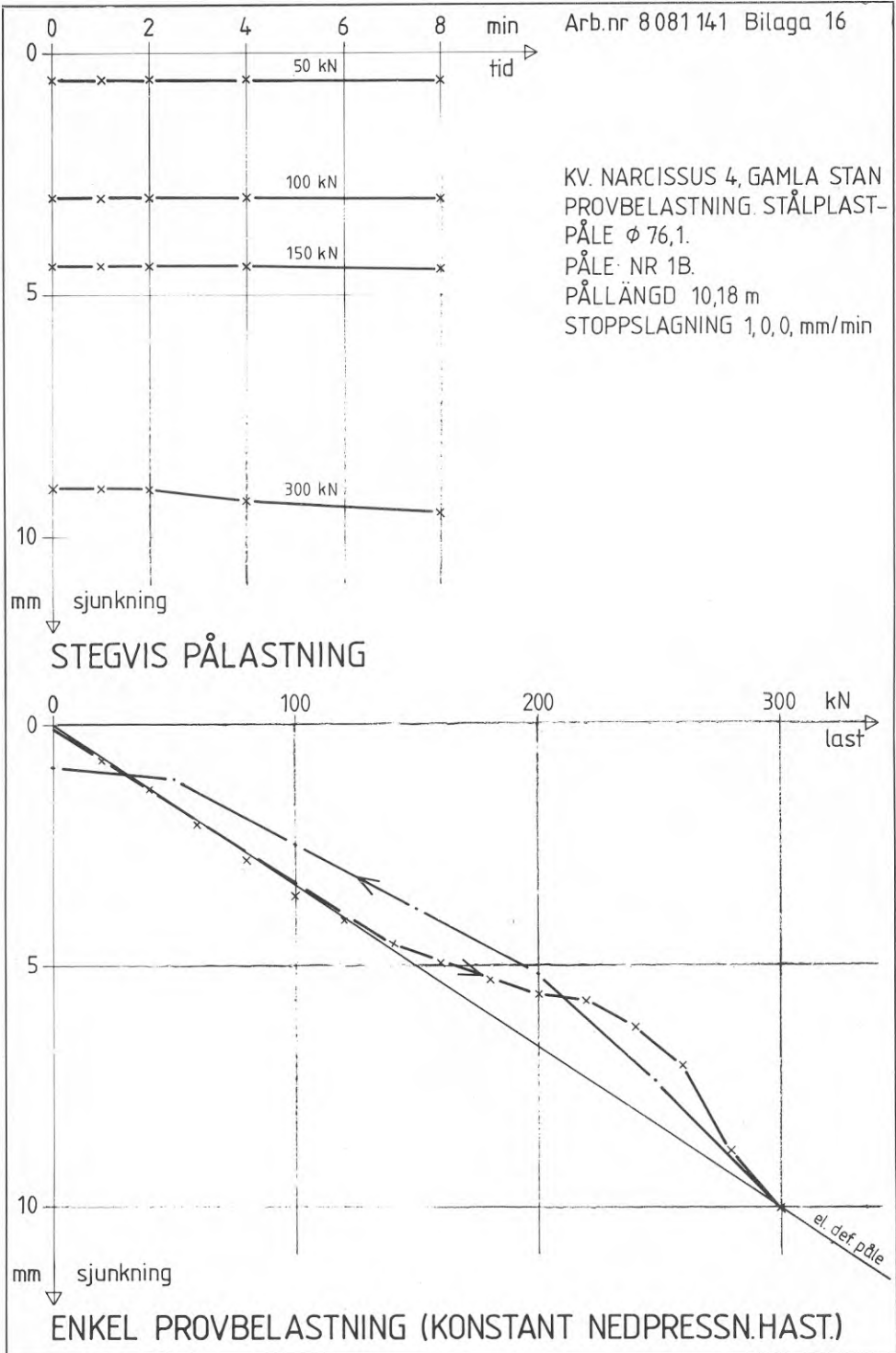


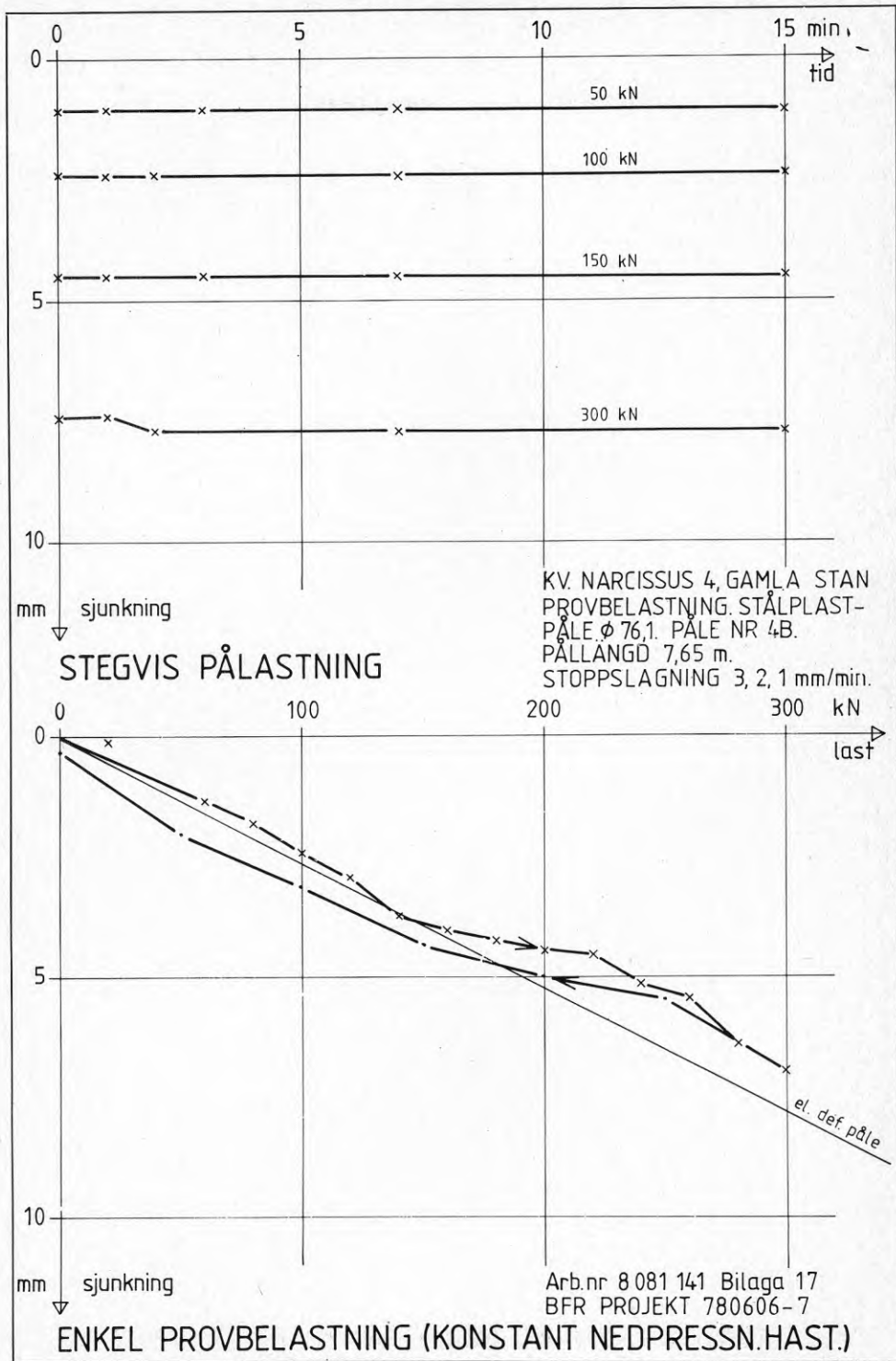


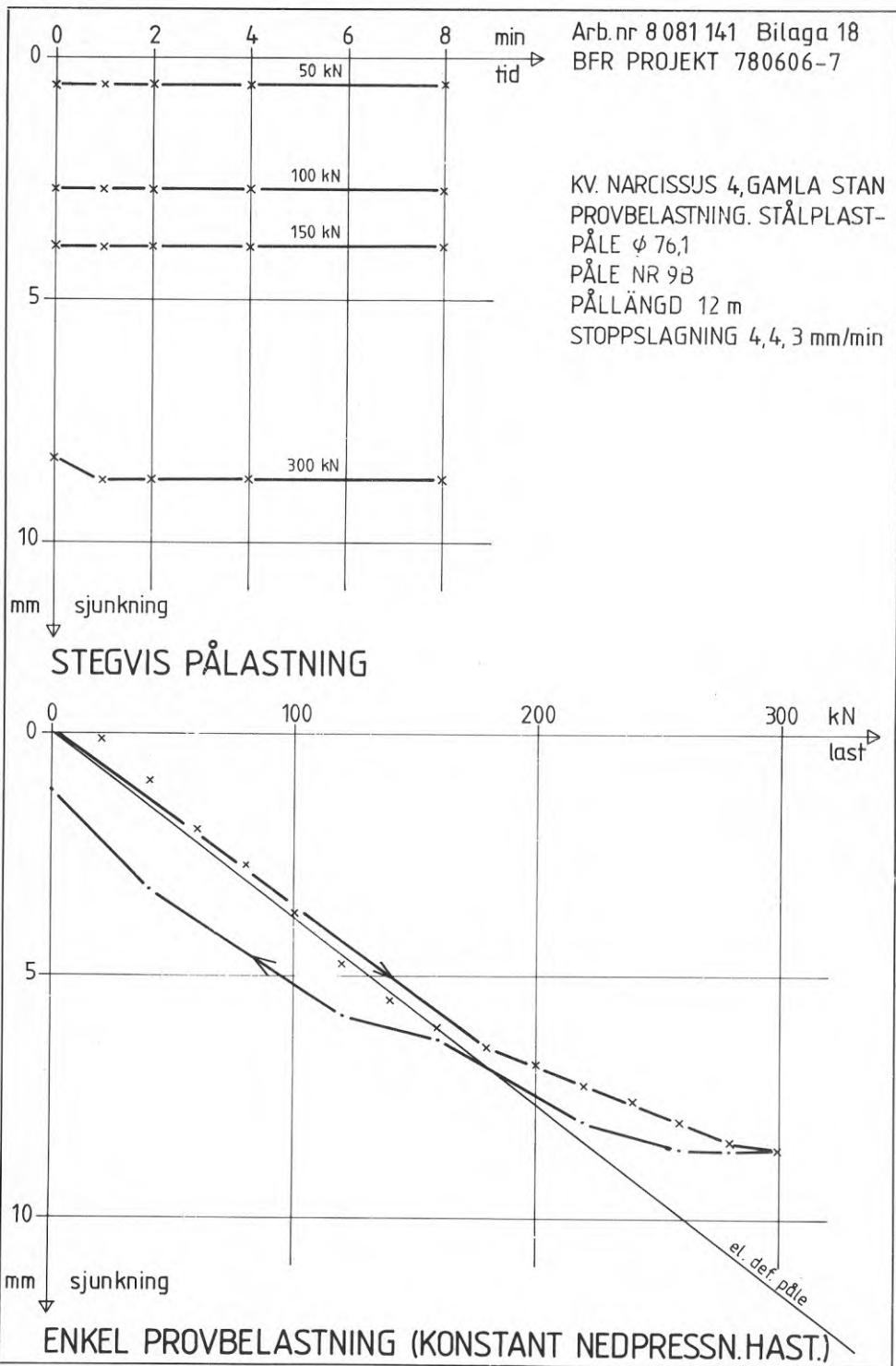


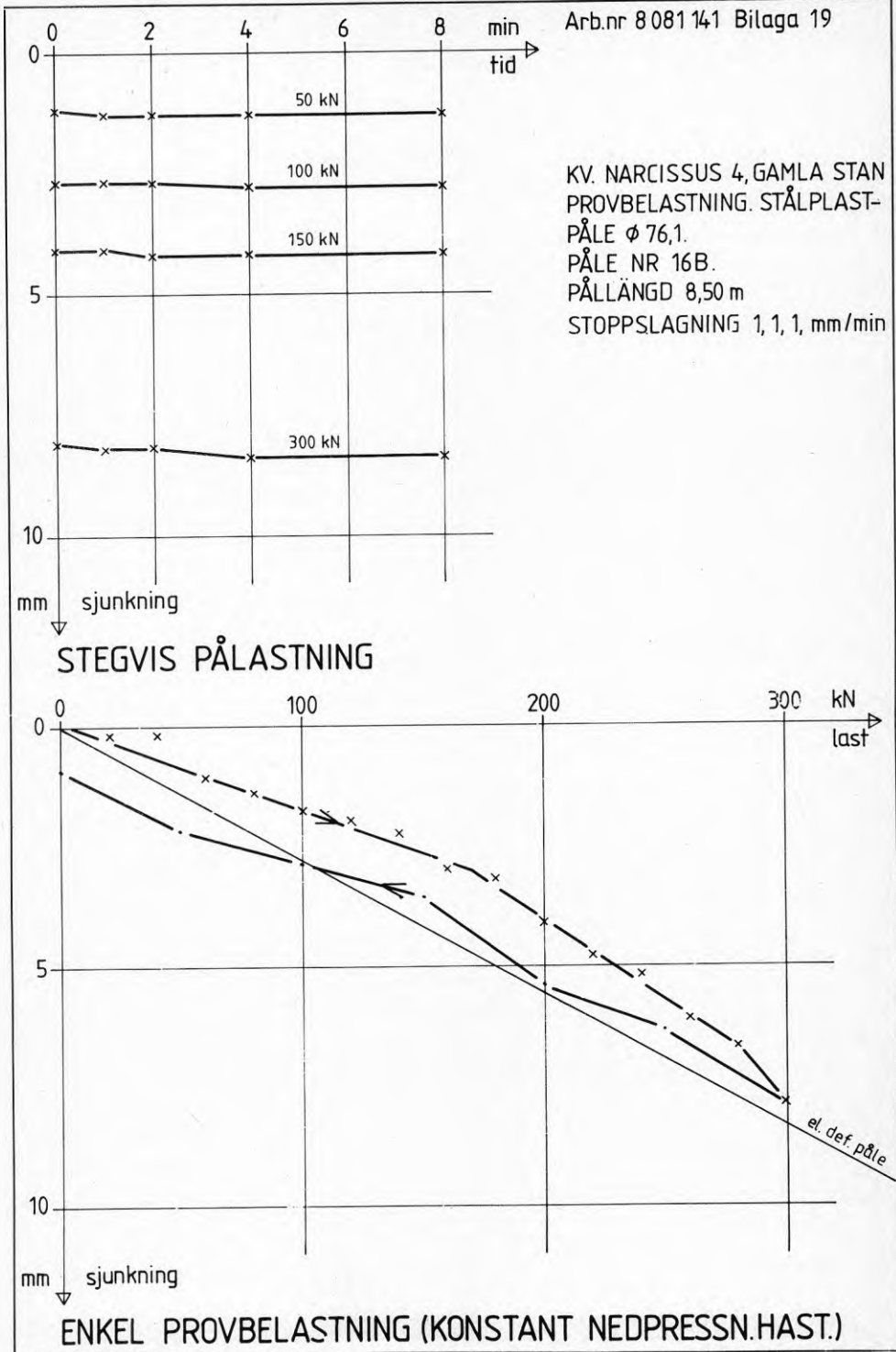


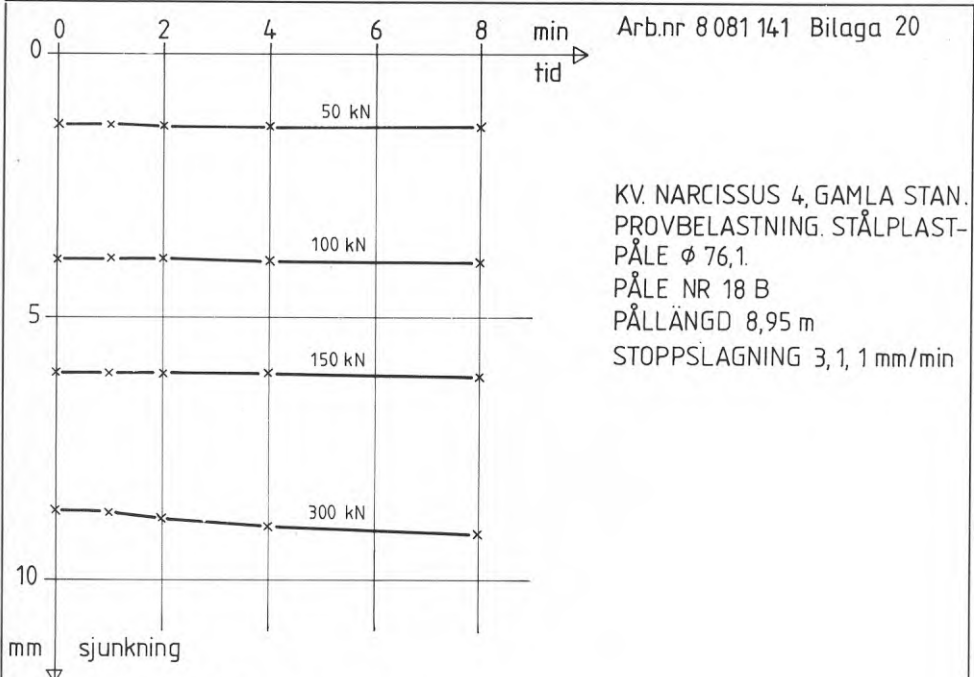






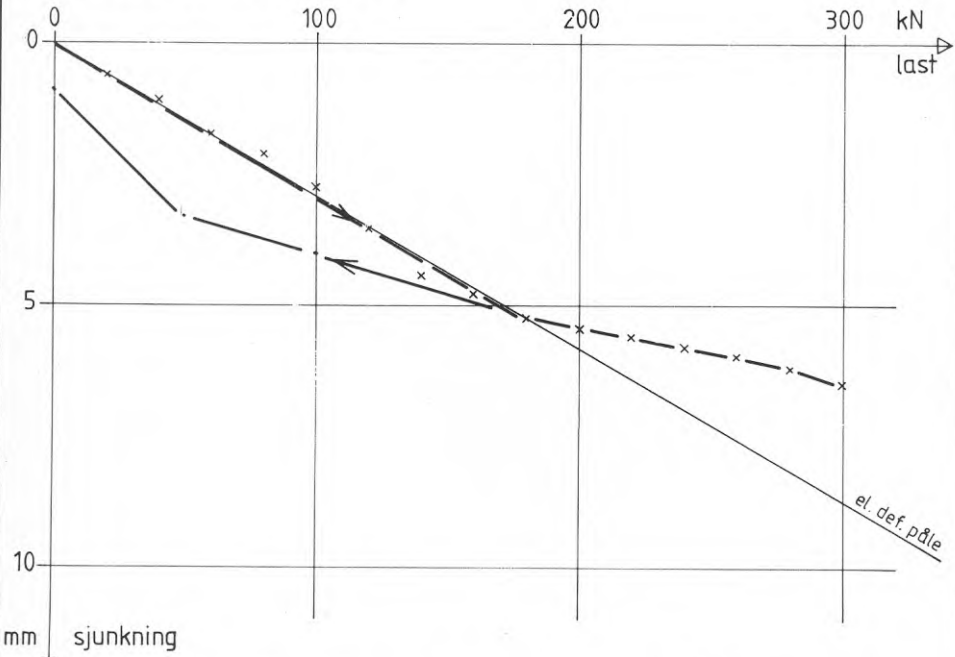




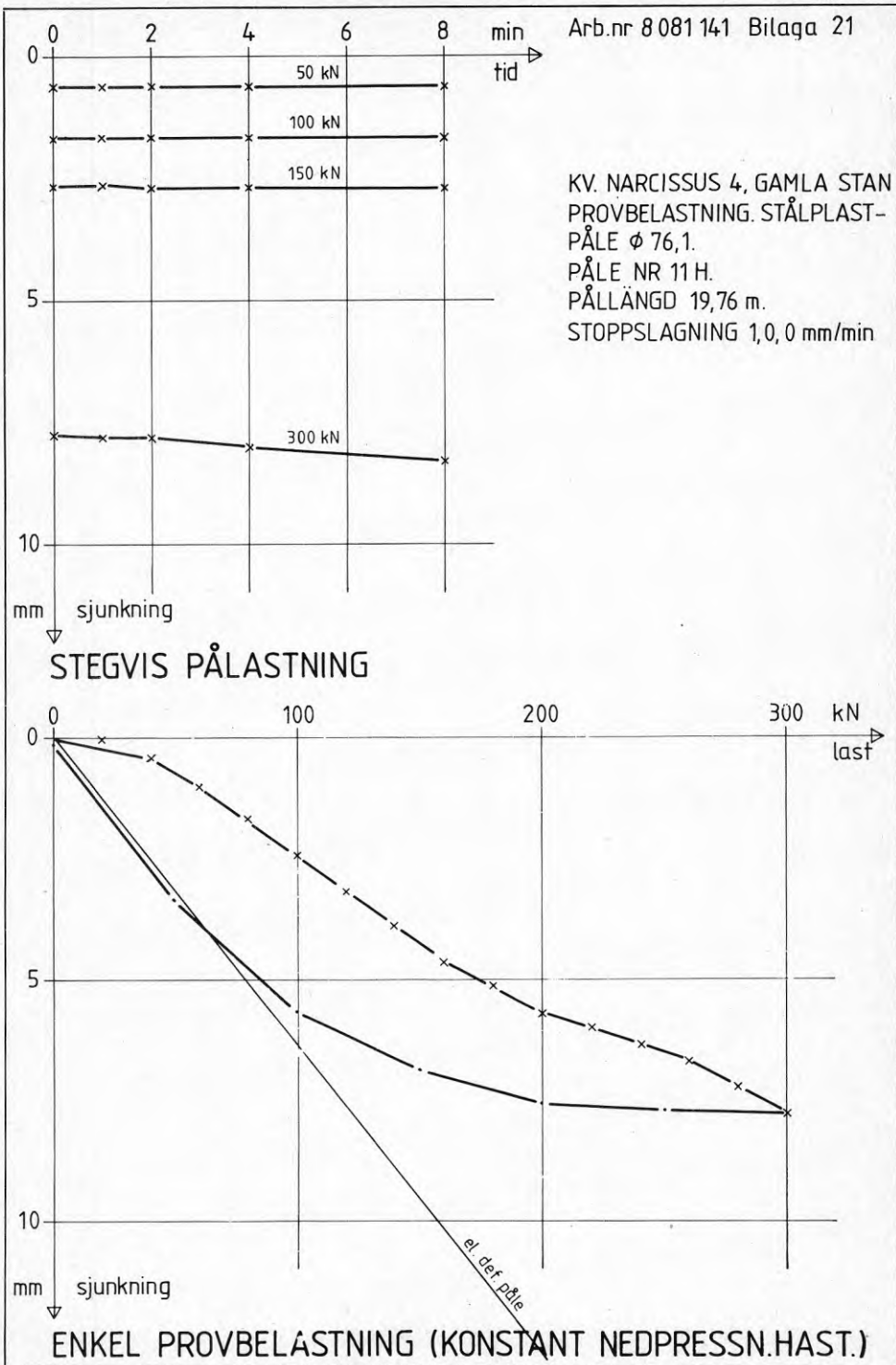


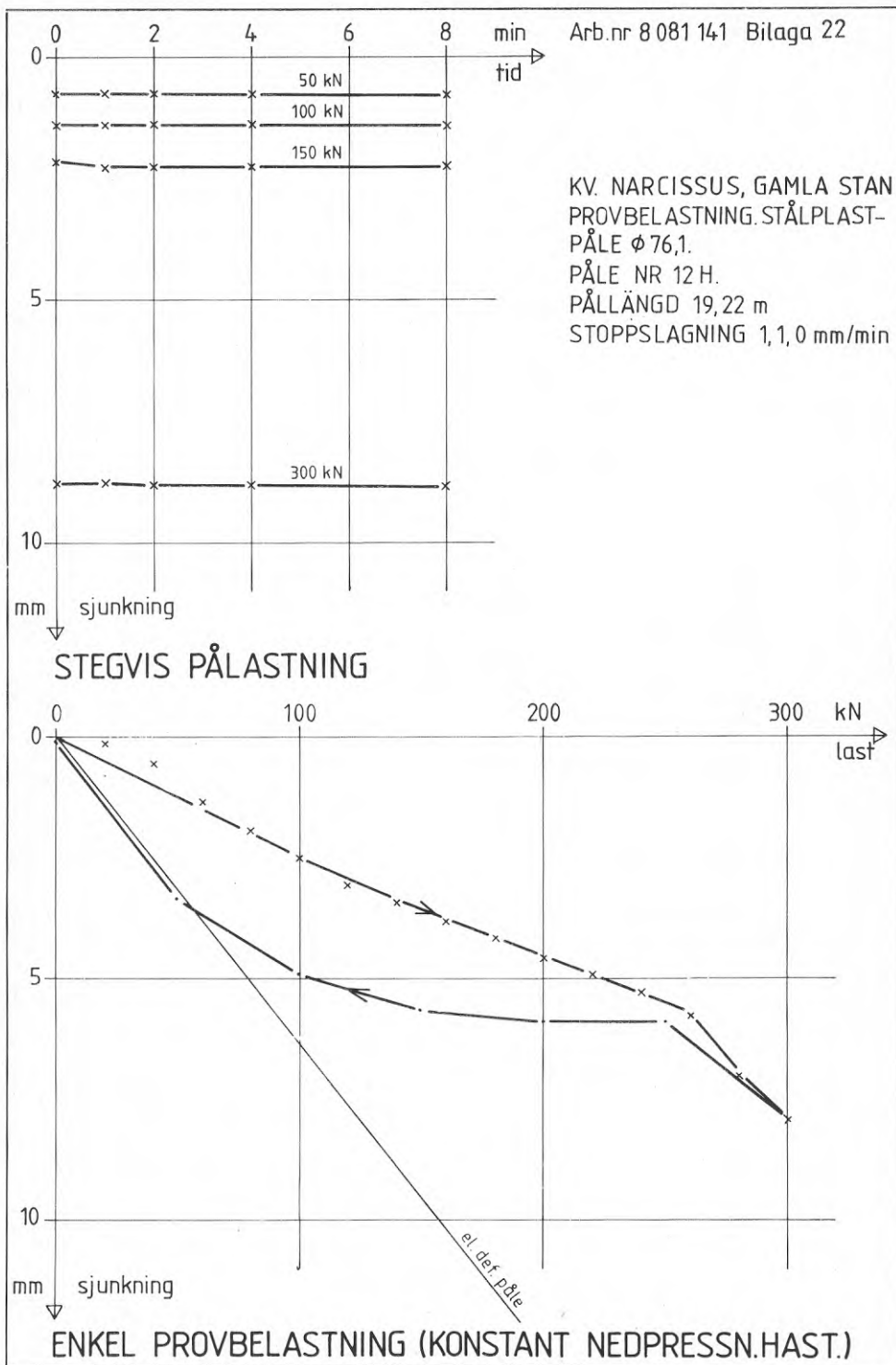
KV. NARCISSUS 4, GAMLA STAN.
PROVBELASTNING. STÅLPLAST-
PÅLE ϕ 76,1.
PÅLE NR 18 B
PÅLLÄNGD 8,95 m
STOPPSLAGNING 3,1, 1 mm/min

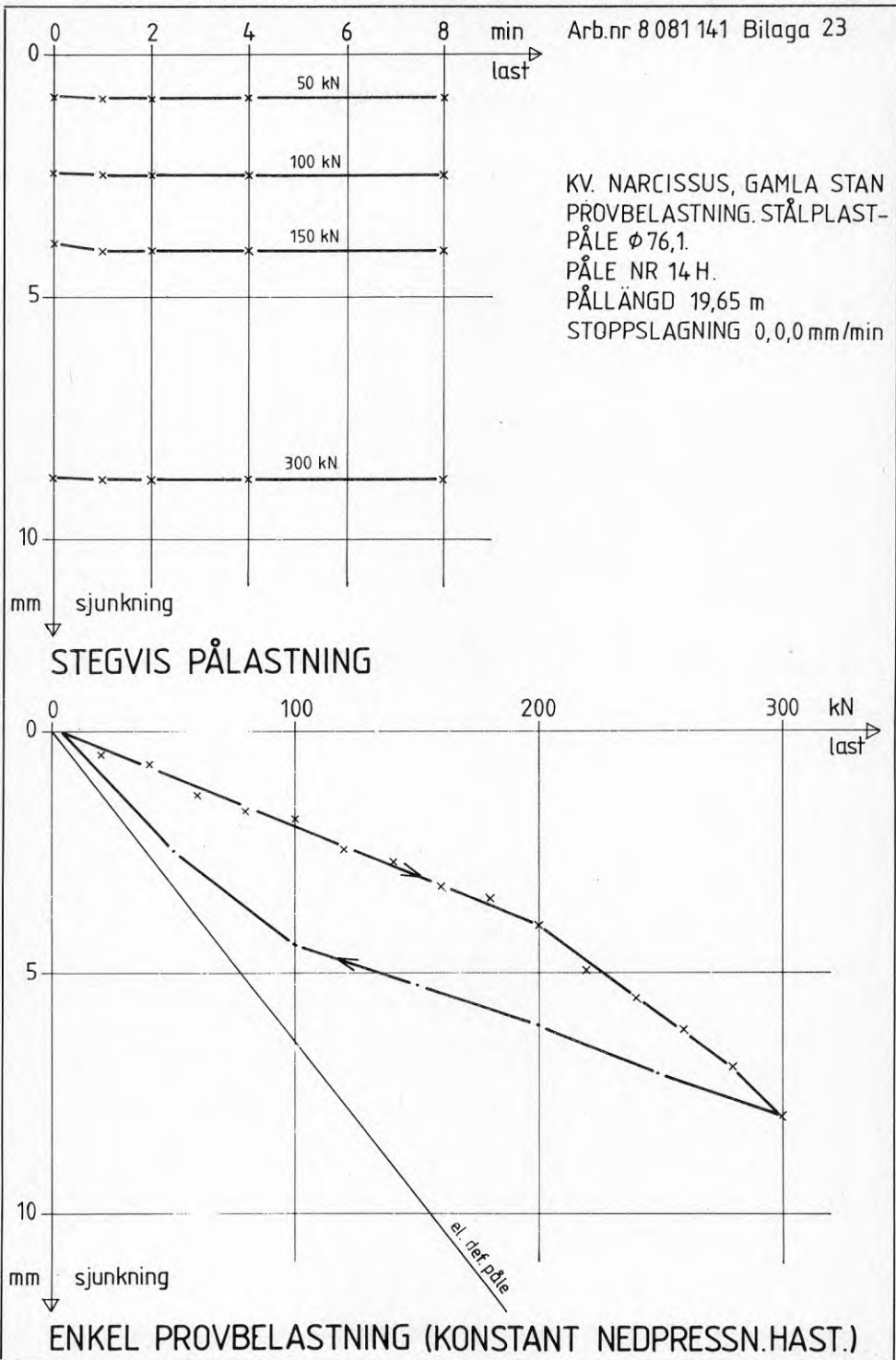
STEGVIS PÅLASTNING

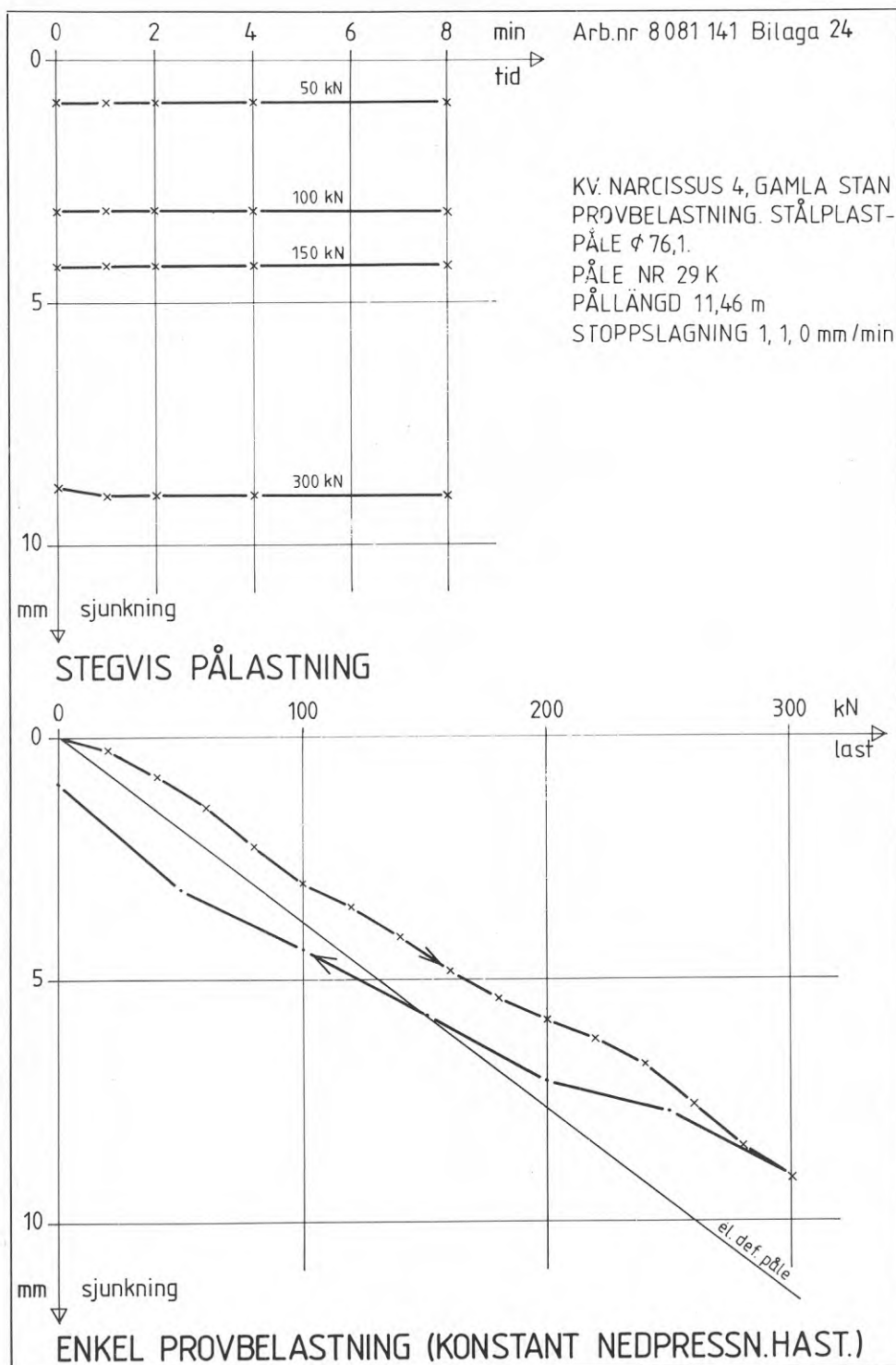


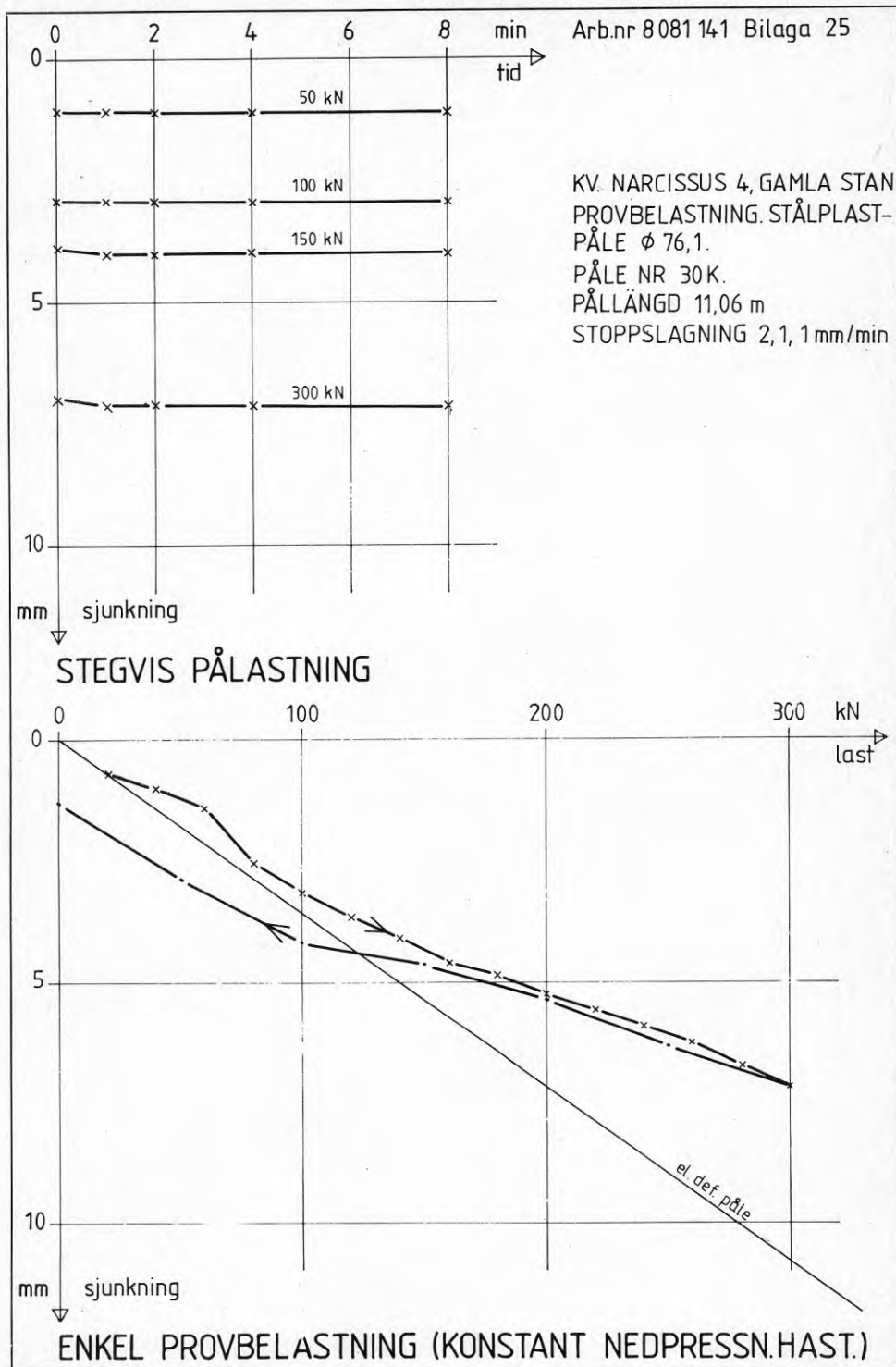
ENKEL PROVBELASTNING (KONSTANT NEDPRESSN. HAST.)

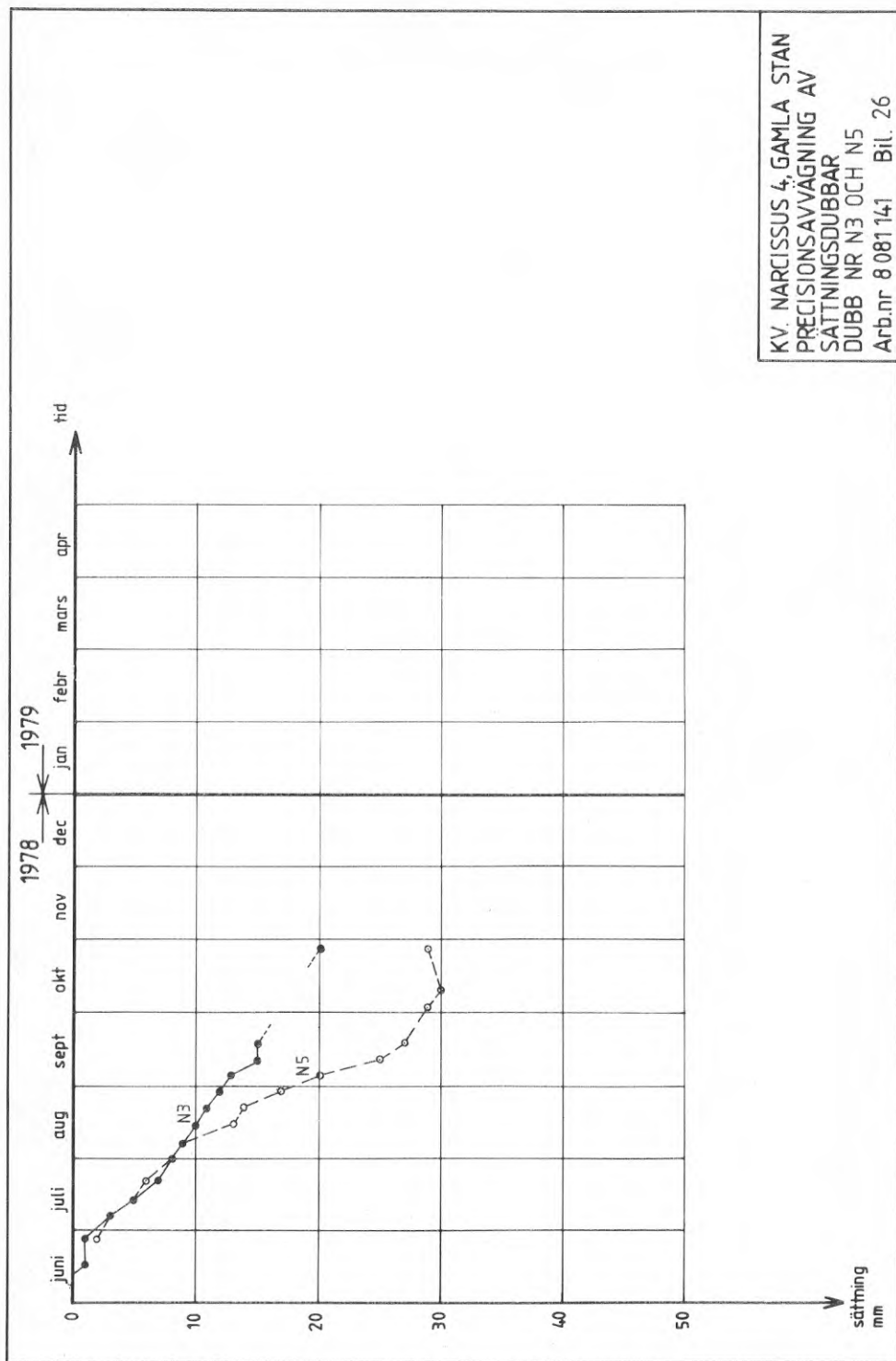




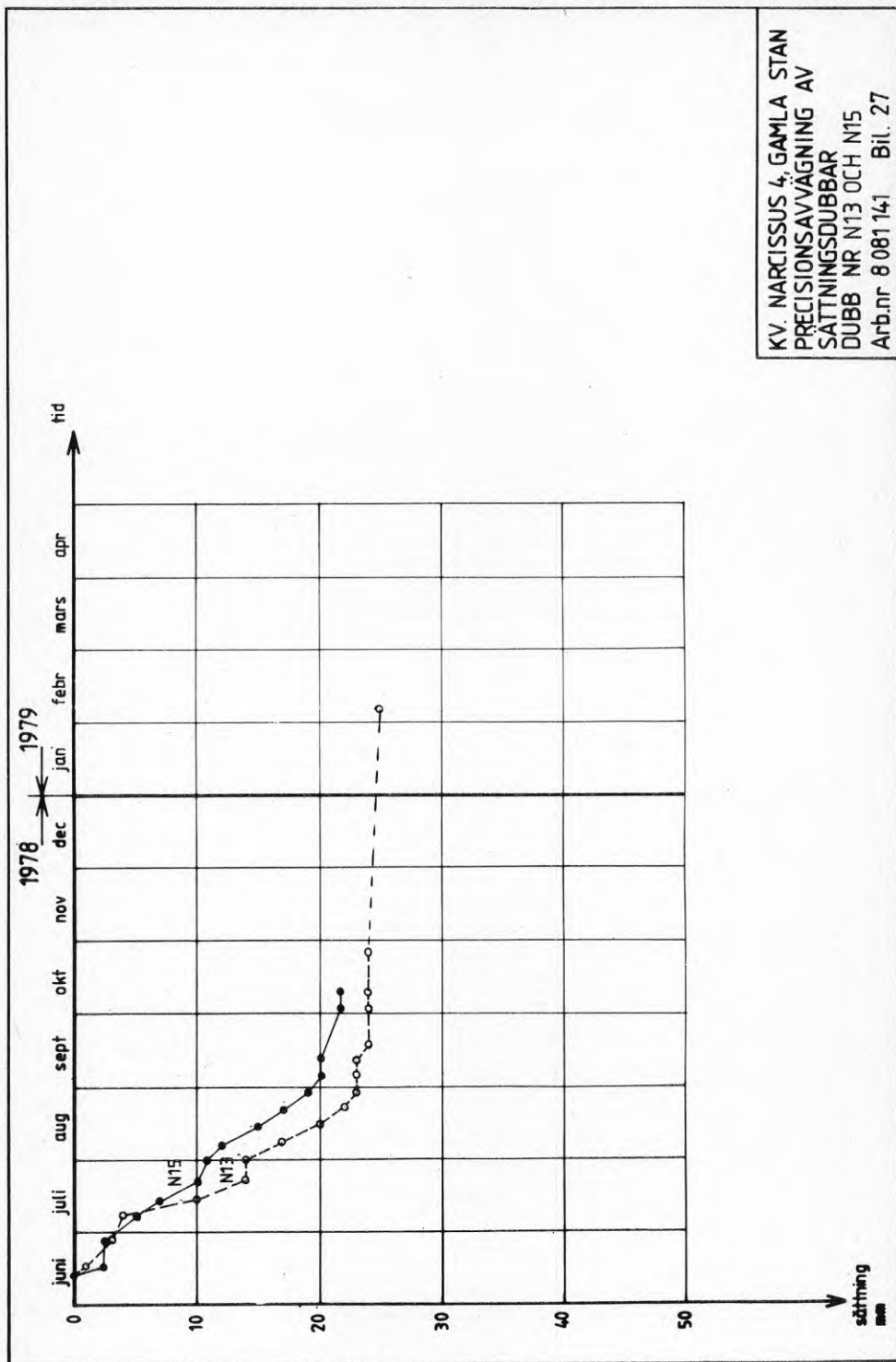




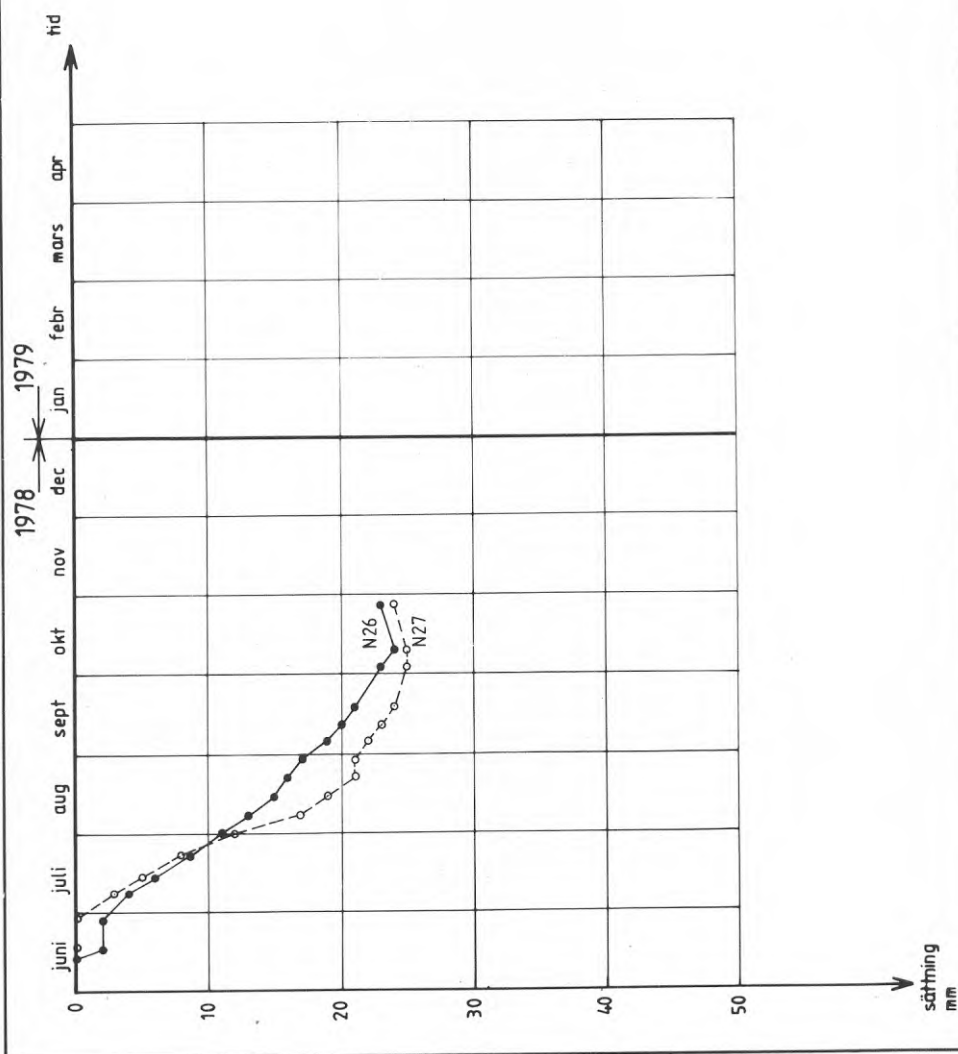




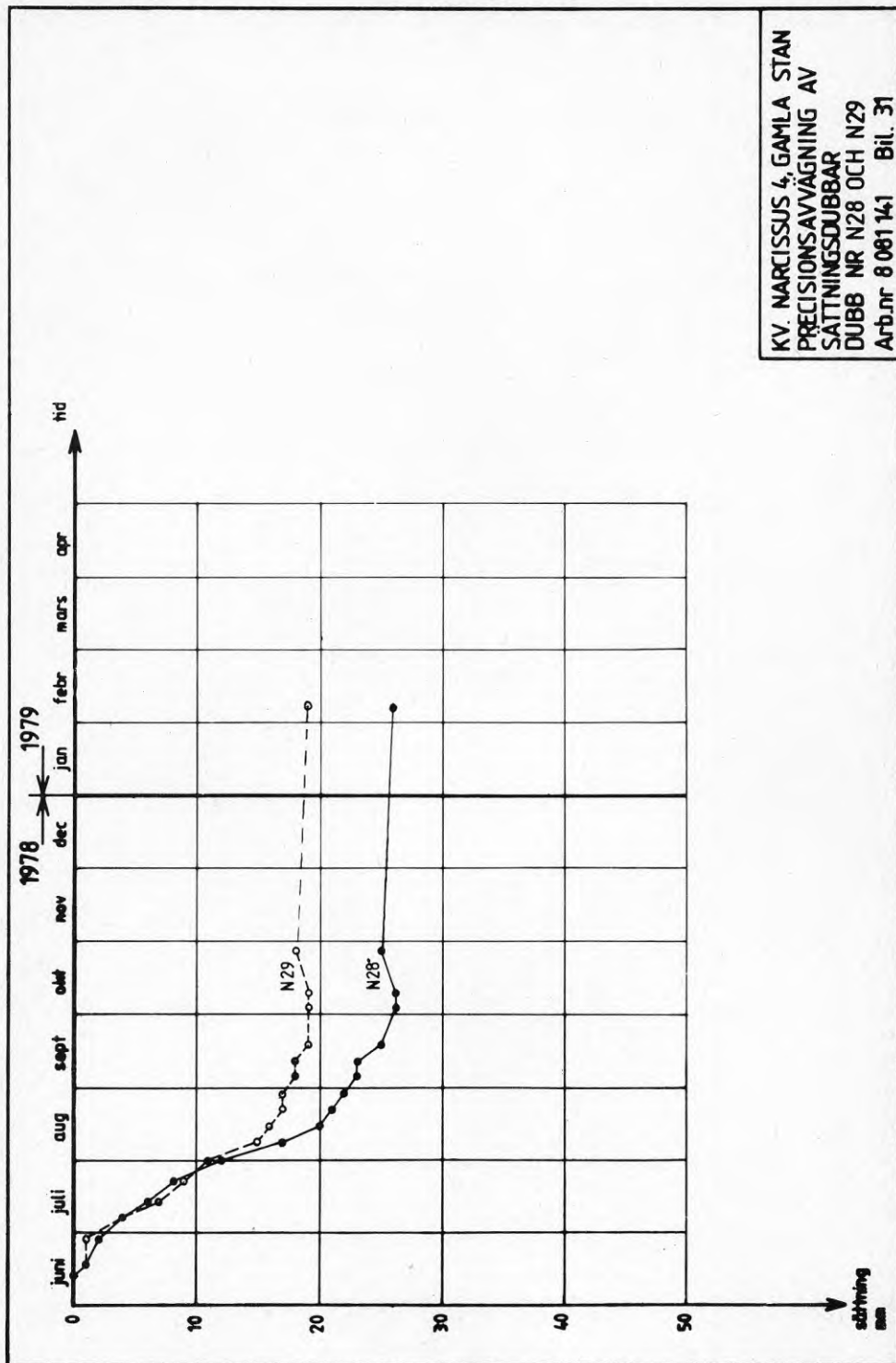
KV. NARCISSUS 4, GAMLA STAN
 PRECISIONSAVVÄGNING AV
 SÄTTNINGSDUBBAR
 DUBB NR N3 OCH N5
 Arb.nr 8 081 141 Bil. 26

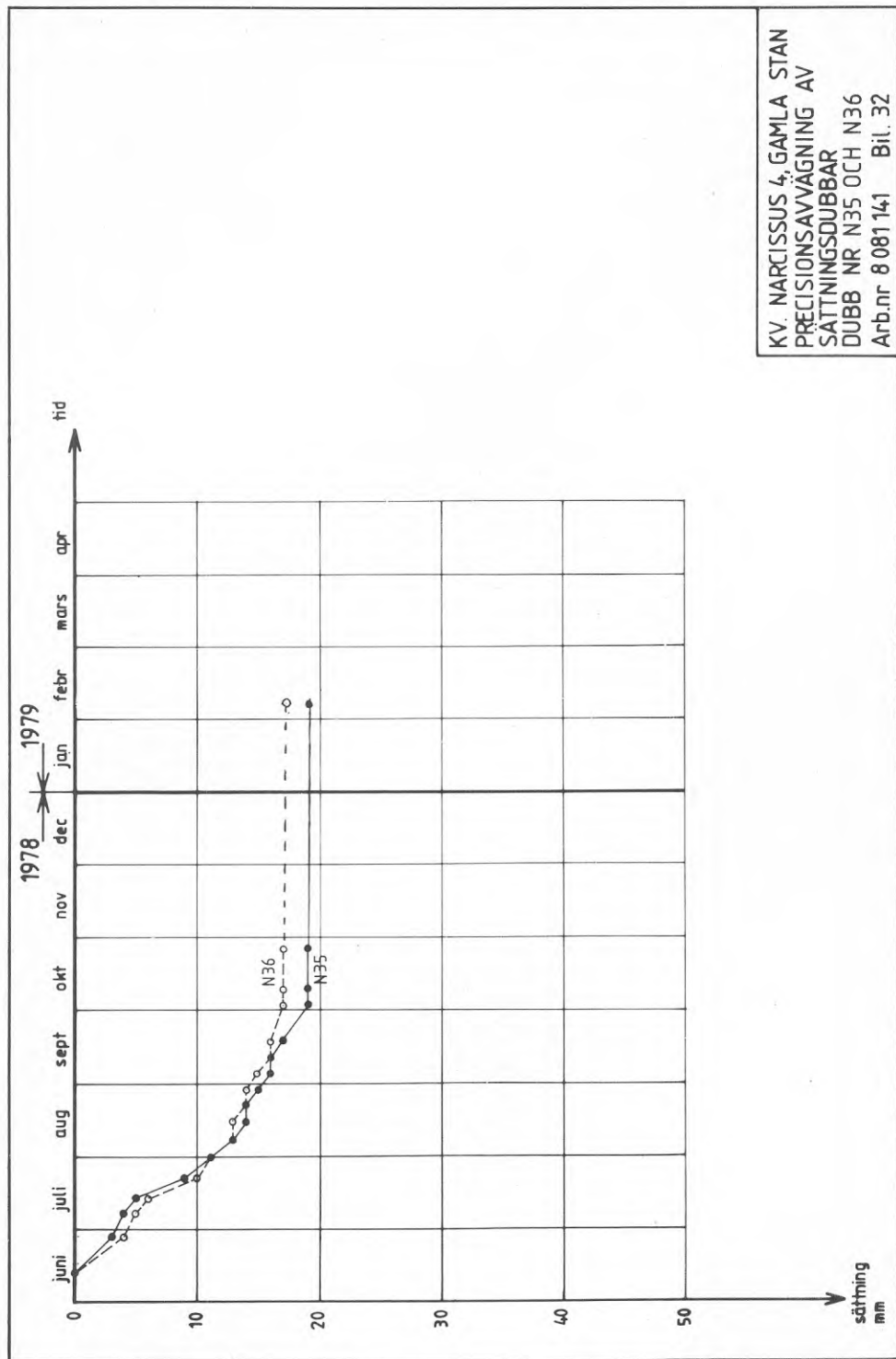


KV. NARCISSUS 4, GAMLA STAN
 PRECISIONSAVVGÄNING AV
 SÄTTNINGSDUBBAR
 DUBB NR N13 OCH N15
 Arb.nr 8 081 141 Bil. 27

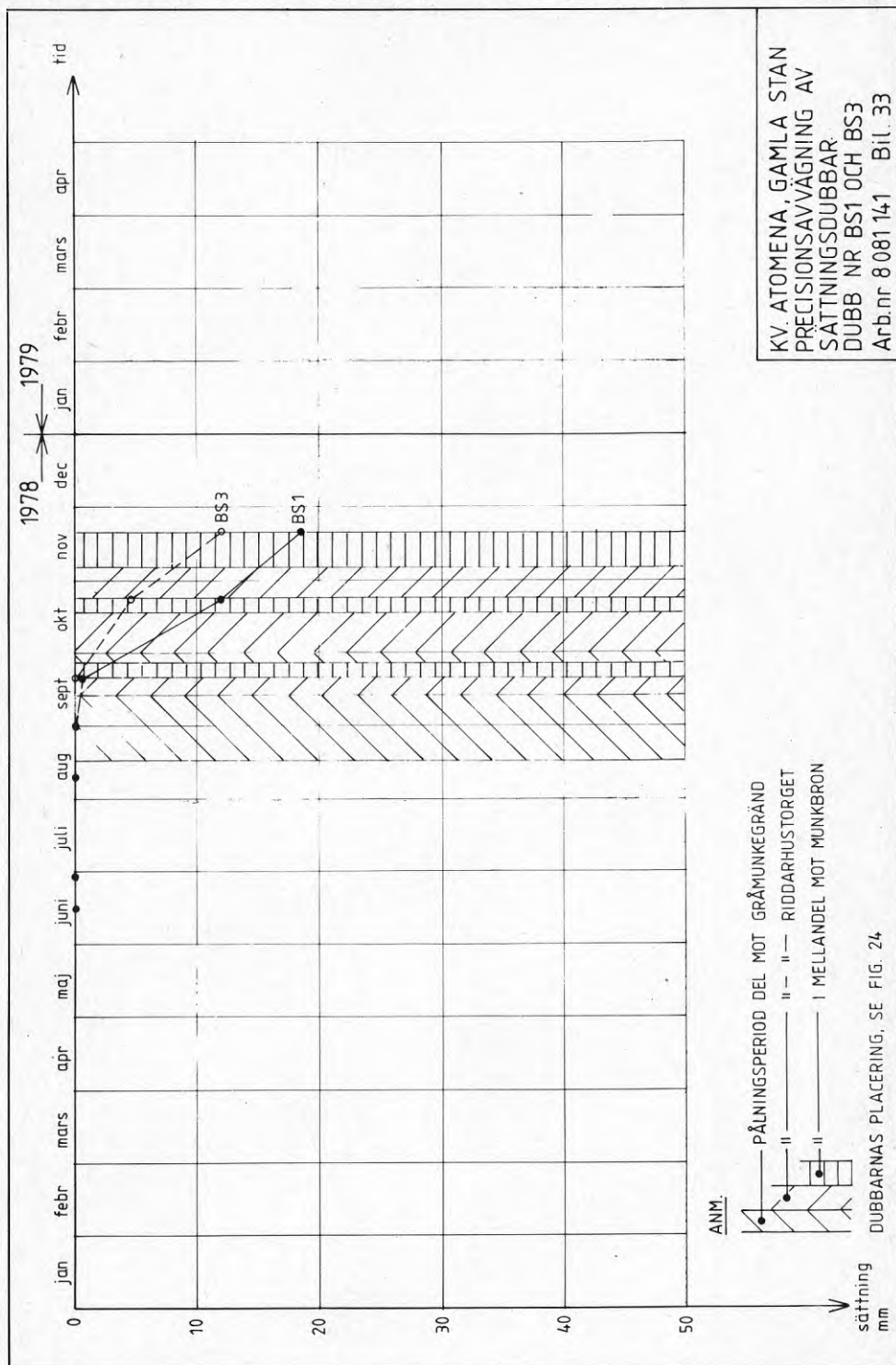


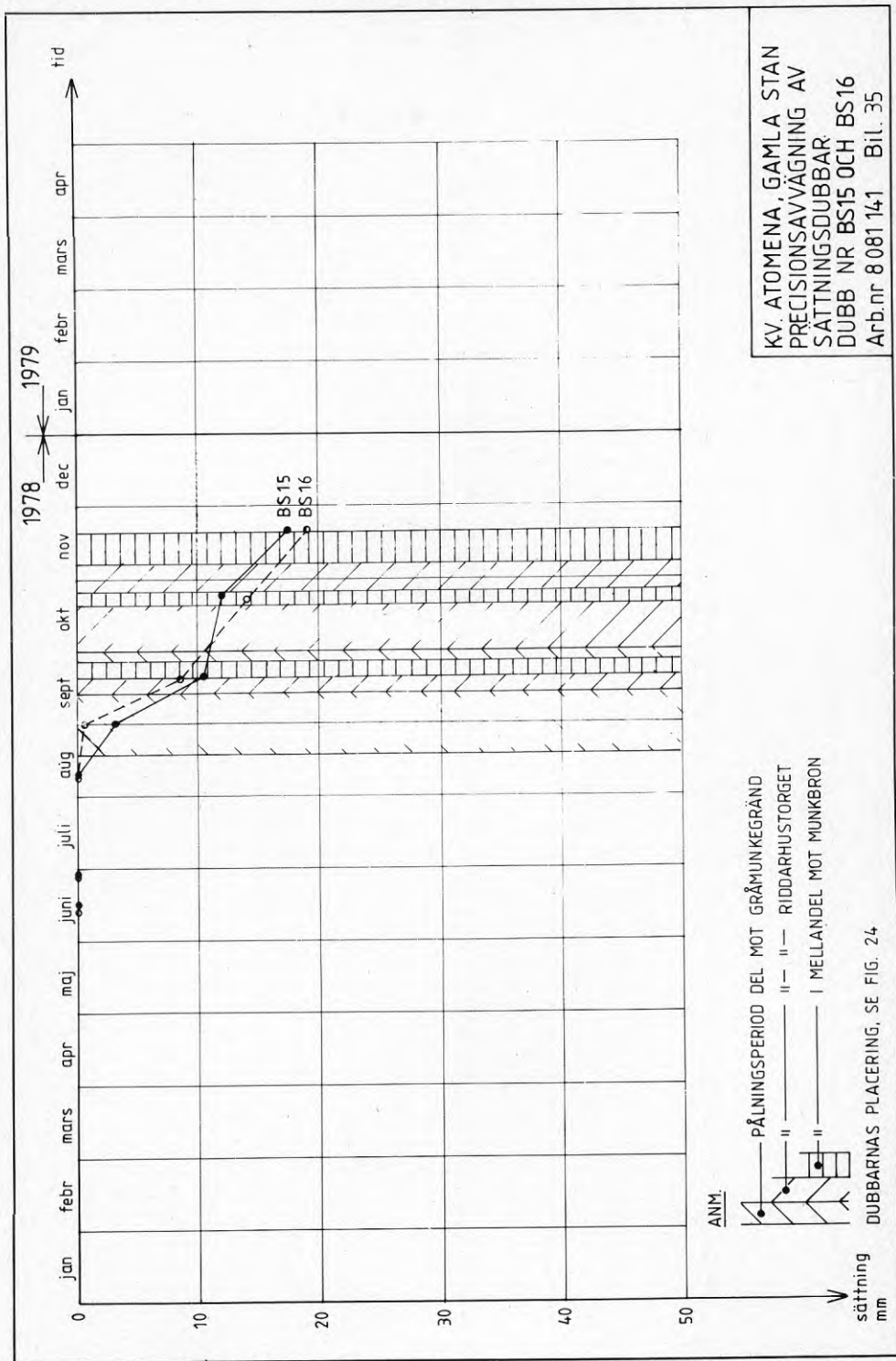
KV. NARCISSUS 4, GAMLA STAN
 PRECISIONSAVVÄGNING AV
 SÄTTNINGSDUBBAR
 DUBB NR N26 OCH N27
 Arb.nr 8 081 141 Bil. 30



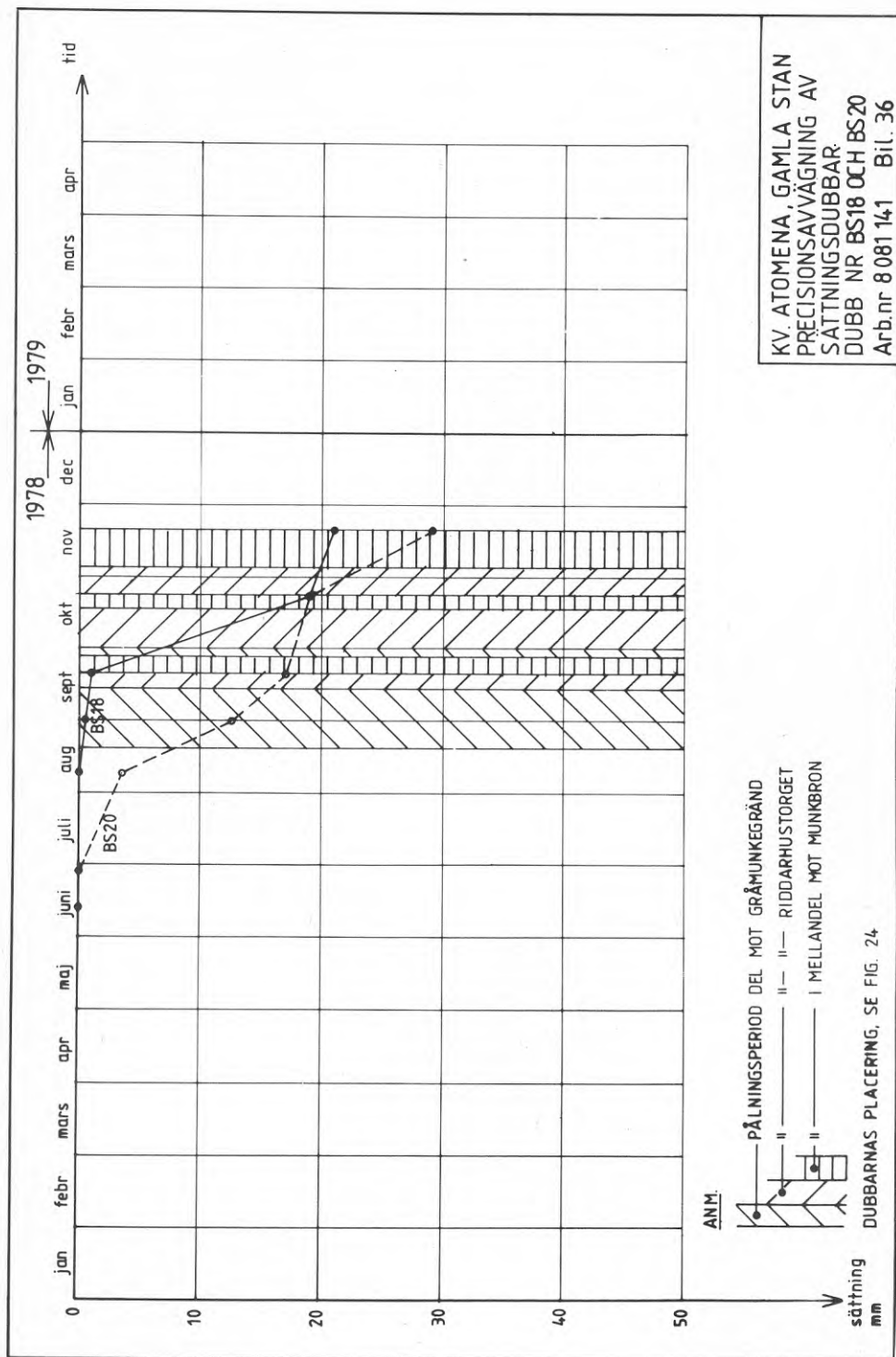


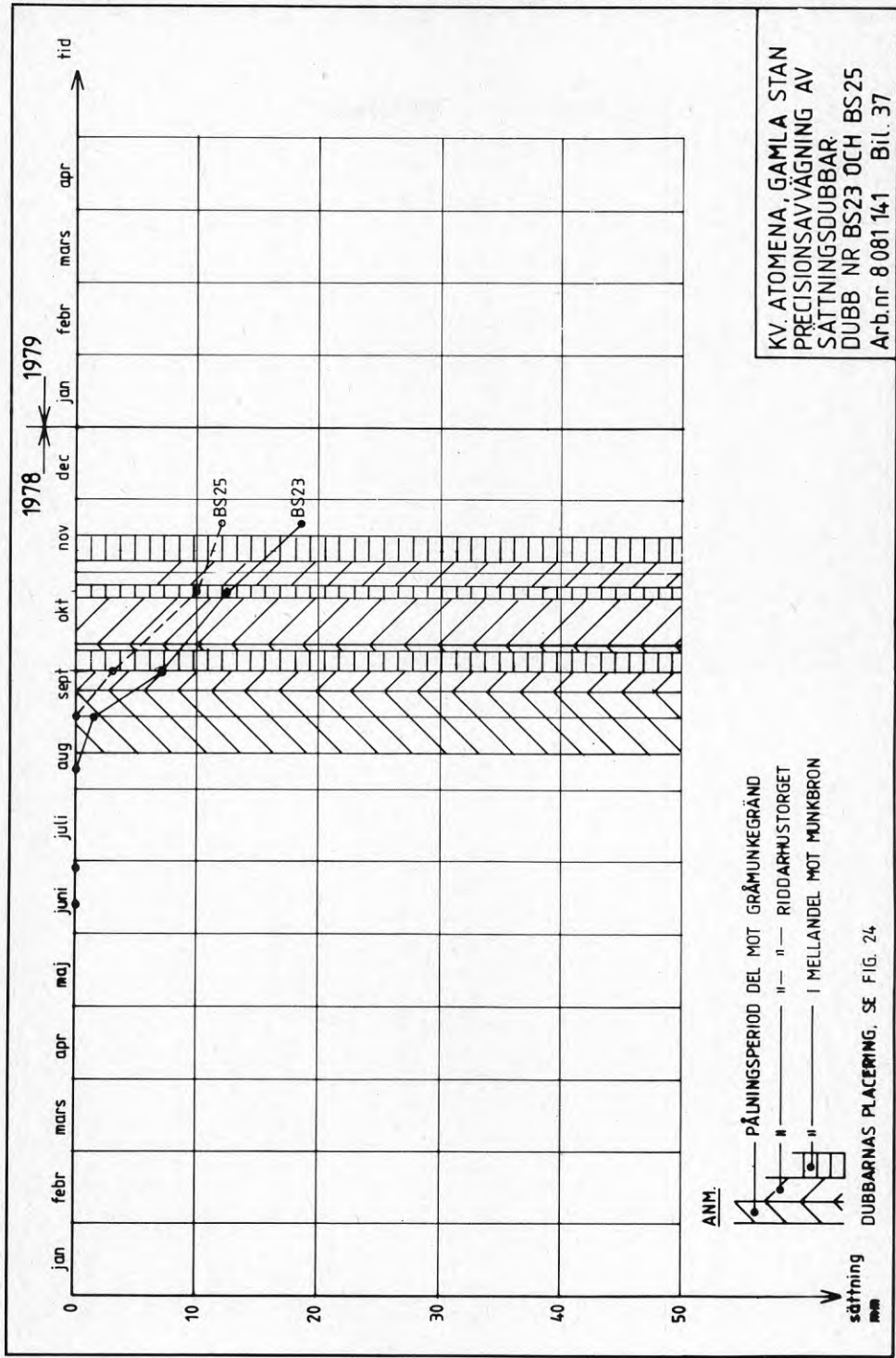
KV. NARCISSUS 4, GAMLA STAN
 PRECISIONSAVVÄGNING AV
 SÄTTNINGSDUBBAR
 DUBB NR N35 OCH N36
 Arb.nr 8 081 141 Bil. 32





KV. ATOMENA, GAMLA STAN
 PRECISIONSAVVÄGNING AV
 SÄTTNINGSDUBBAR
 DUBB NR BS15 OCH BS16
 Arb.nr 8 081 141 Bil. 35





KV. ATOMENA, GAMLA STAN
 PRECISIONSAVVÄGNING AV
 SÄTTNINGSDUBBAR
 DUBB NR BS23 OCH BS25
 Arb.nr 8 081 141 Bil. 37

FOTOBILAGA

GRUNDFÖRSTÄRKNING, KV. POLLUX 1, 2



Schaktning med hydraul-
grävare typ "Bobcat".



GRUNDFÖRSTÄRKNING, KV. POLLUX 1, 2



Kapning och bortforsling av
rustbädd före påslagning
(konsoler i grundmurarna
uppborrade).



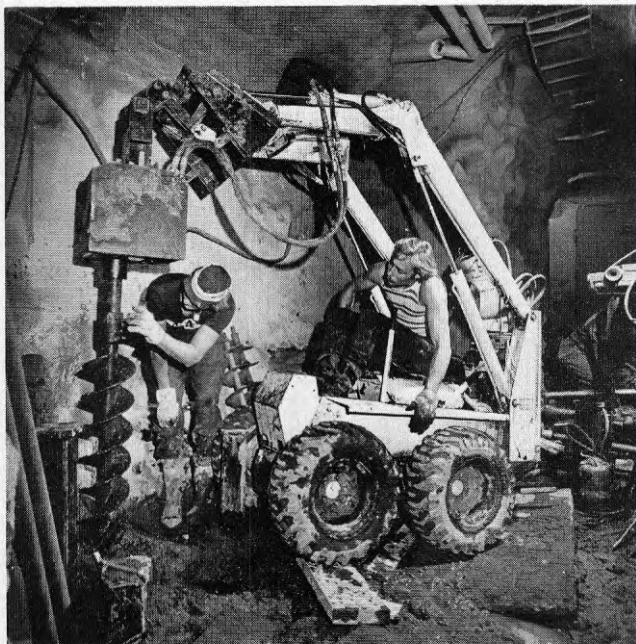
GRUNDFÖRSTÄRKNING, KV. POLLUX 1, 2



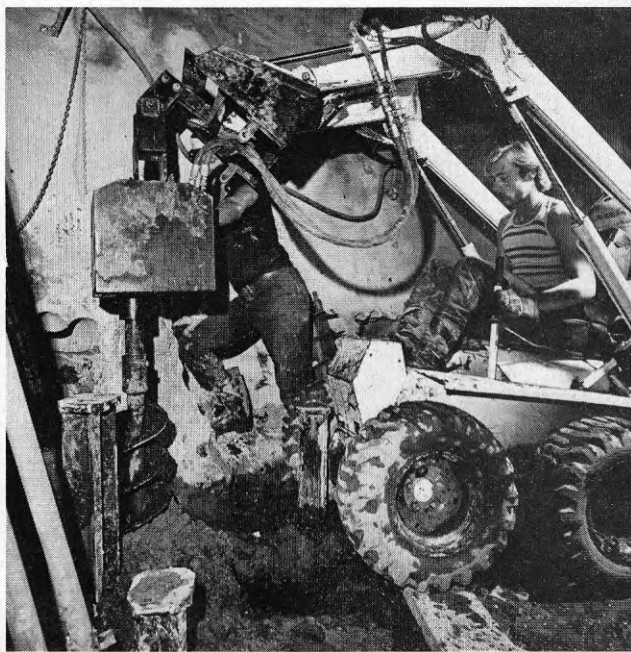
Borring av konsoler i grundmurarna med diamantborrtröstning.



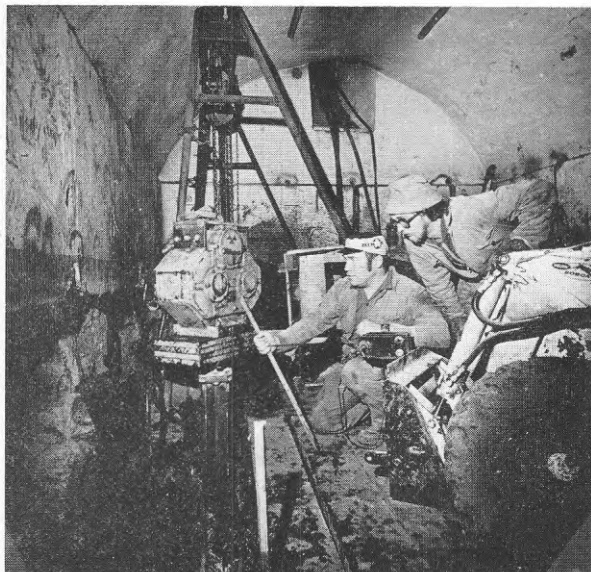
GRUNDFÖRSTÄRKNING, KV. POLLUX 1, 2



Förborrning genom fyllning med
augerborr, \varnothing 200 mm, före på-
slagning.



GRUNDFÖRSTÄRKNING, KV. POLLUX 1, 2



Påldrivning med vibrohejare typ MICASA MOH 24G (användes endast i rum K0102).

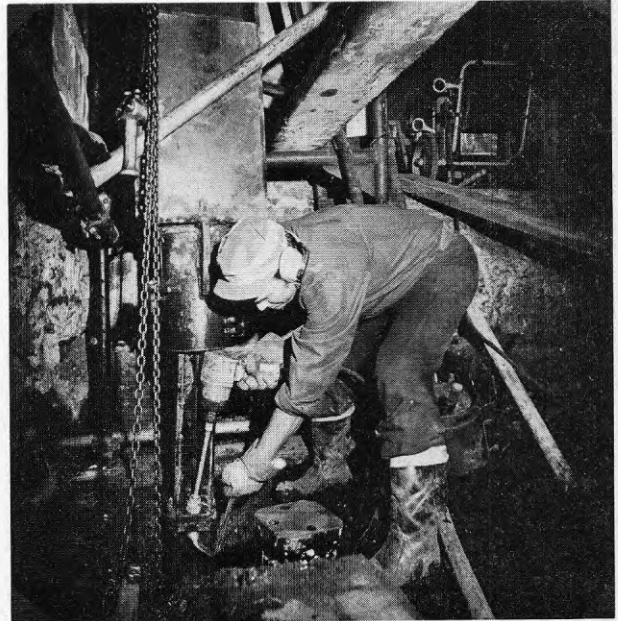
Pålslagning med tryckluftshejare typ Atlas Copco PH 180 K.



GRUNDFÖRSTÄRKNING, KV. POLLUX 1, 2



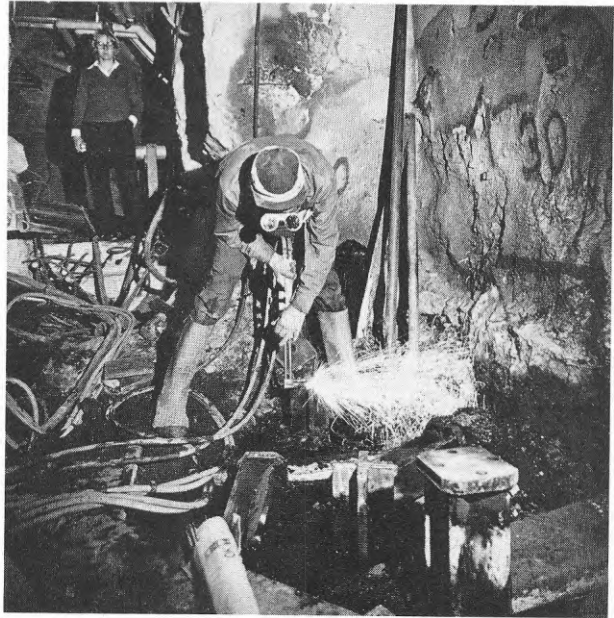
Skarvning av SW-påle.



GRUNDFÖRSTÄRKNING, KV. POLLUX 1, 2



Montage av topplåtar.

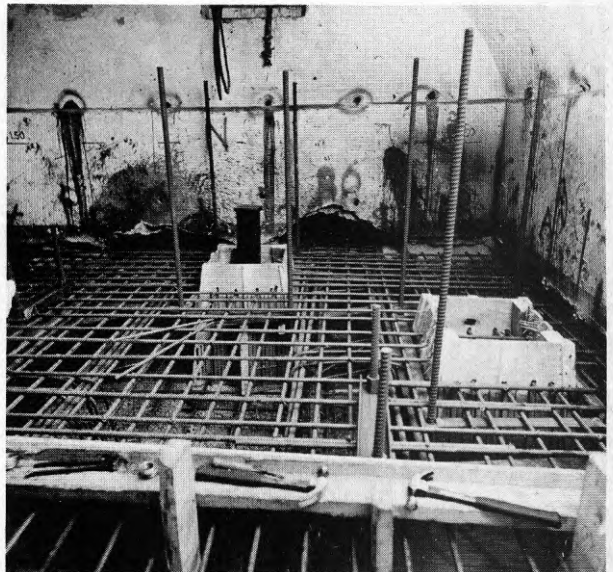


GRUNDFÖRSTÄRKNING, KV. POLLUX 1, 2

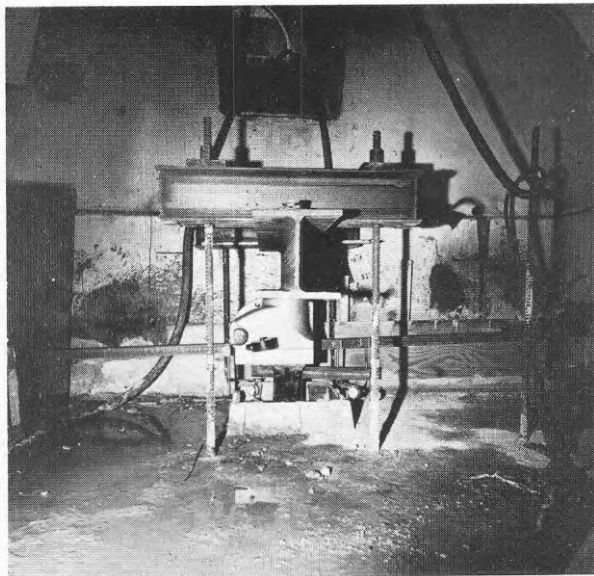


Grovplanering före armering och gjutning av betongplattan.

Färdigarmerad etapp före gjutning (den uppstickande pålen skall provbelastas).



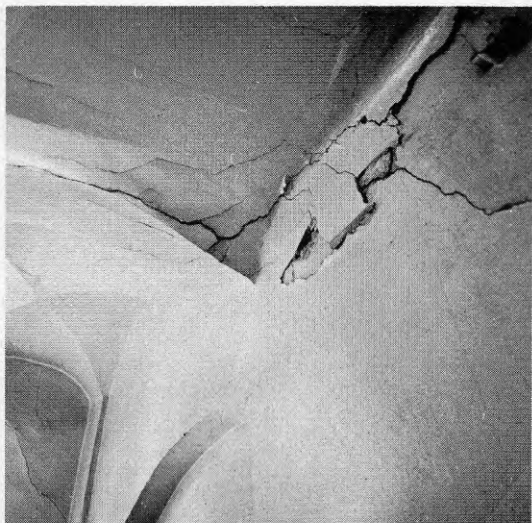
GRUNDFÖRSTÄRKNING, KV. POLLUX 1, 2



Provbelastning (den nya betongplattan utnyttjas som mothåll).



GRUNDFÖRSTÄRKNING, KV. POLLUX 1, 2

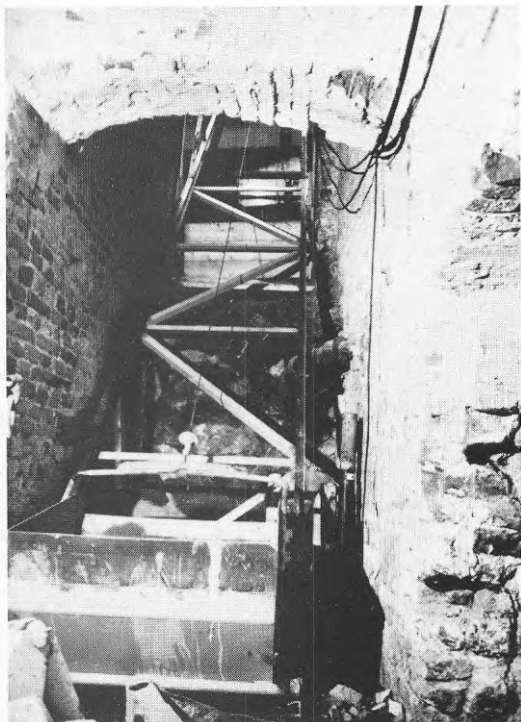


Exempel på inträffade skador.
(Uppkomna i huvudsak före
grundförstärkningen)



GRUNDFÖRSTÄRKNING KV NARCISSUS 4

Schaktgrop och håltagning
I botten syns avlastnings-
balkar av stålprofiler



"Hundbana" för utlastning
av schaktmassor

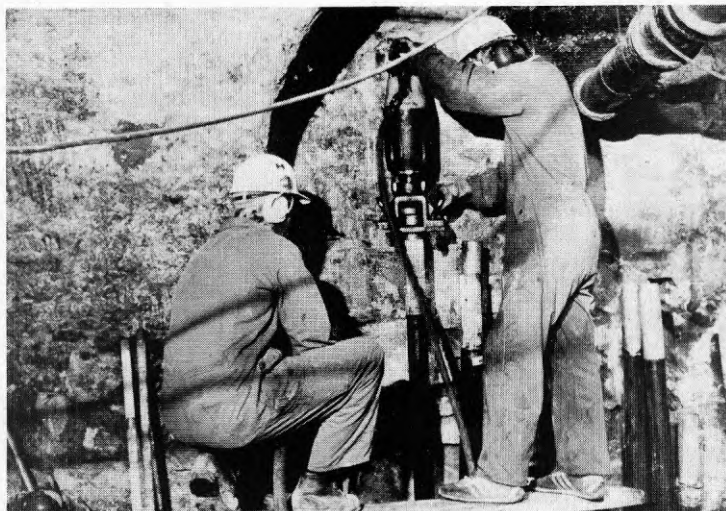
GRUNDFÖRSTÄRKNING, KV NARCISSUS 4



Uppvärmning av plastskikt för skarvning av påle



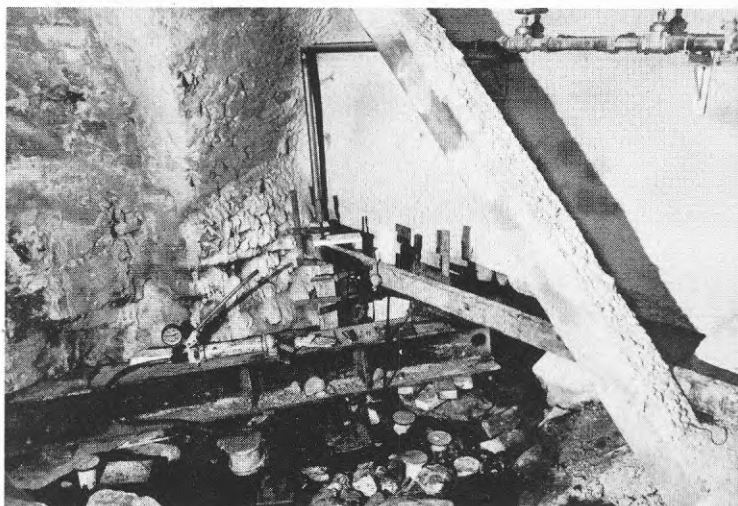
Pålgrupp före kapning



Påslagning

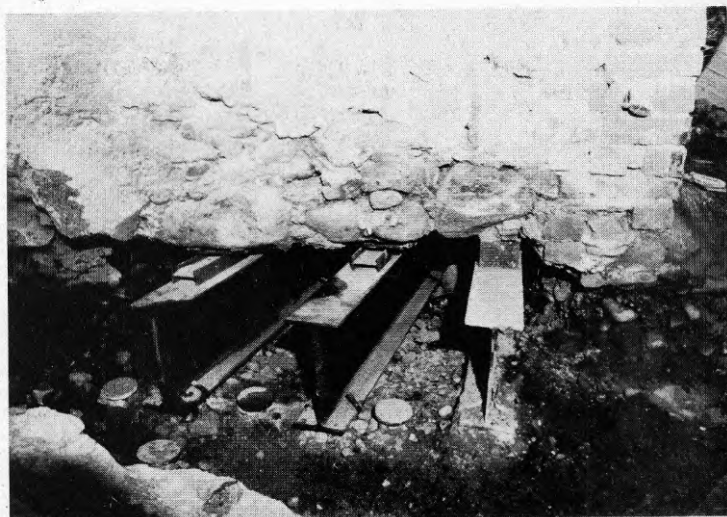
GRUNDFÖRSTÄRKNING, KV NARCISSUS 4

Provbelastning



Uppdragen påle jämförd med en oanvänd

GRUNDFÖRSTÄRKNING, KV NARCISSUS 4

Avlastning med
stålprofilerSchaktgrop med kring-
gjuten stålprofil

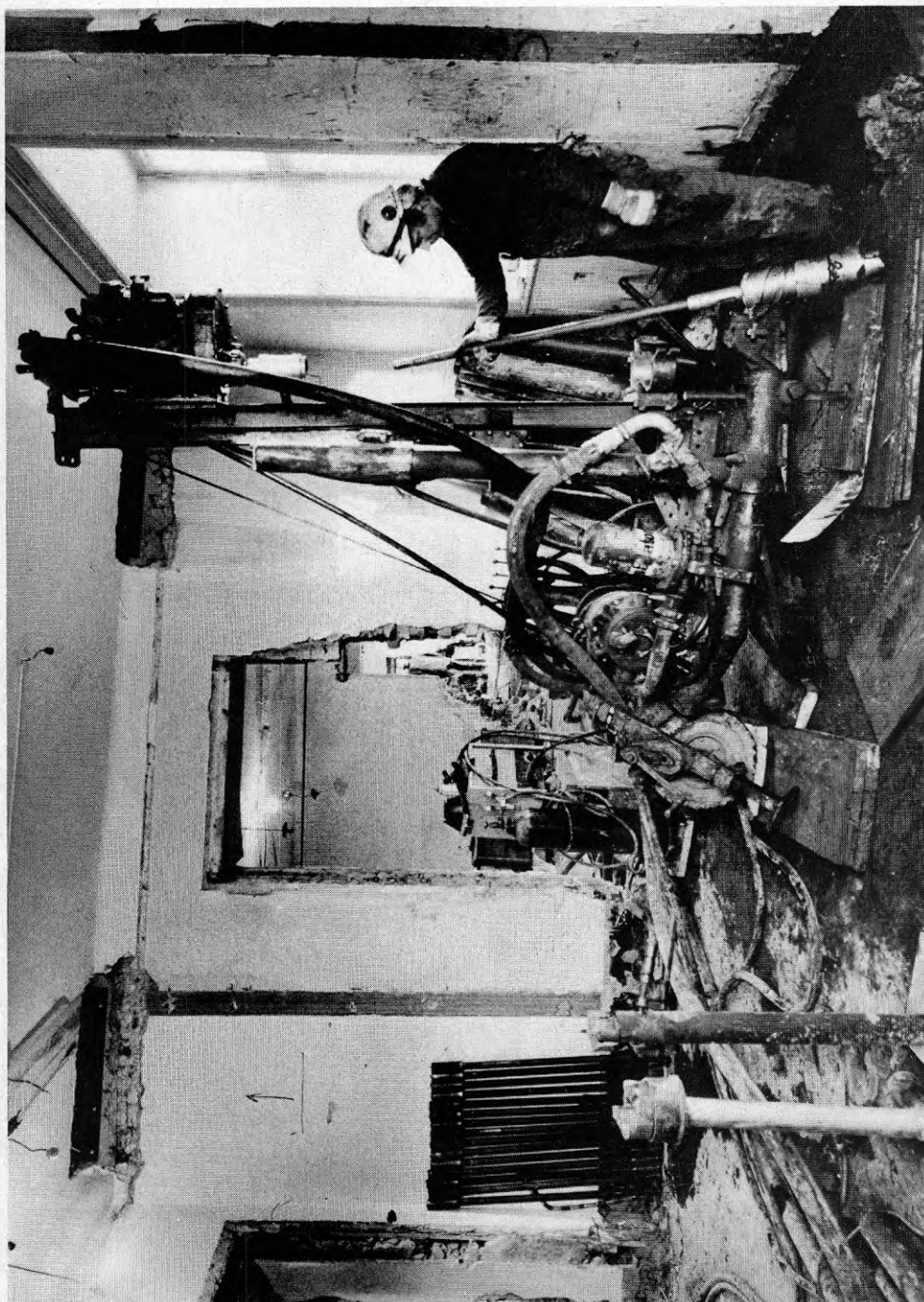
GRUNDFÖRSTÄRKNING, KV NARCISSUS 4

Armering av förstärkningsbalk
på toppar med topplåt



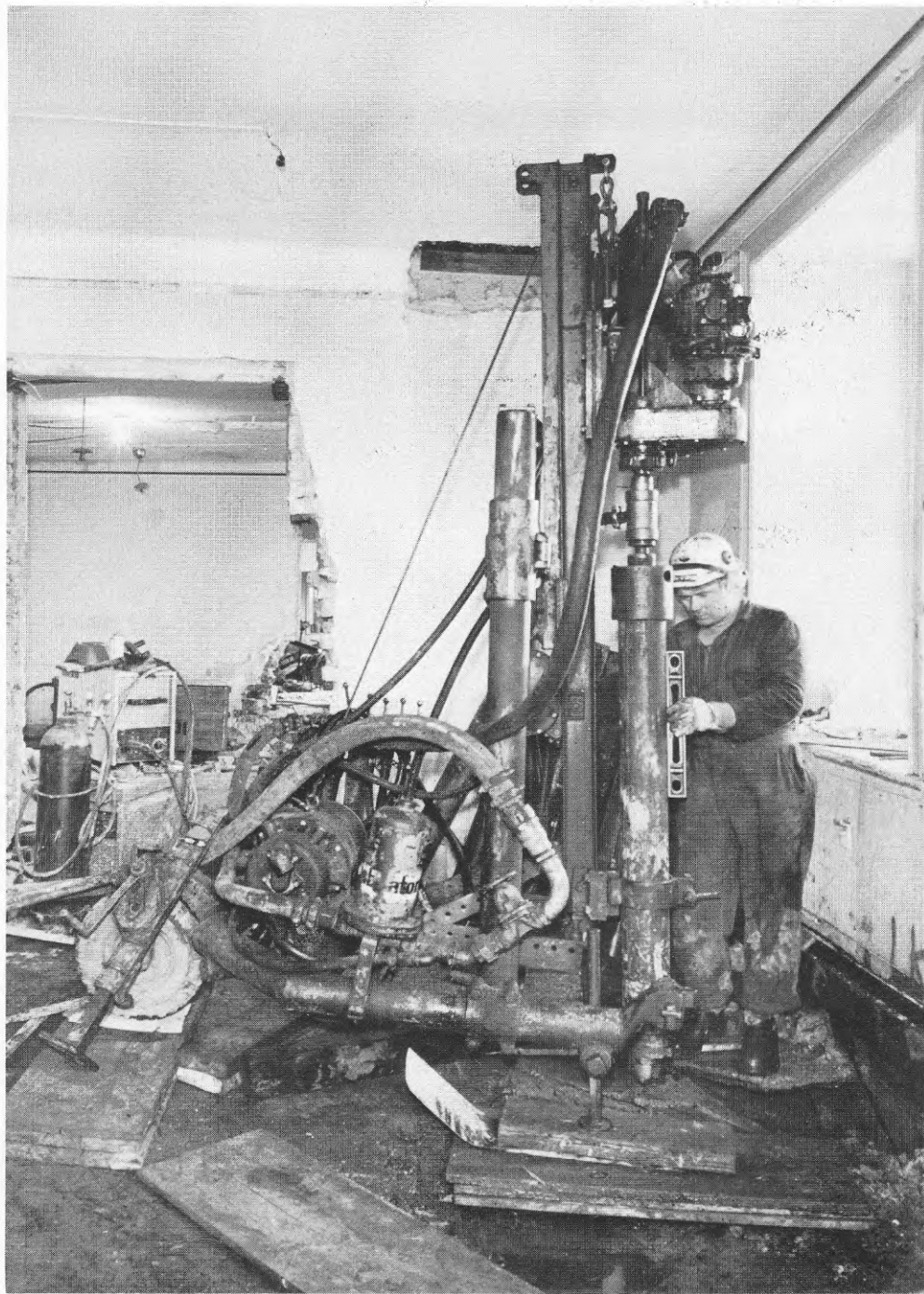
Formsättning armering

Grundförstärkning, kv. Atomena



Borrågregat och borrkronor för foderrörsdrivning.

Grundförstärkning, kv. Atomena



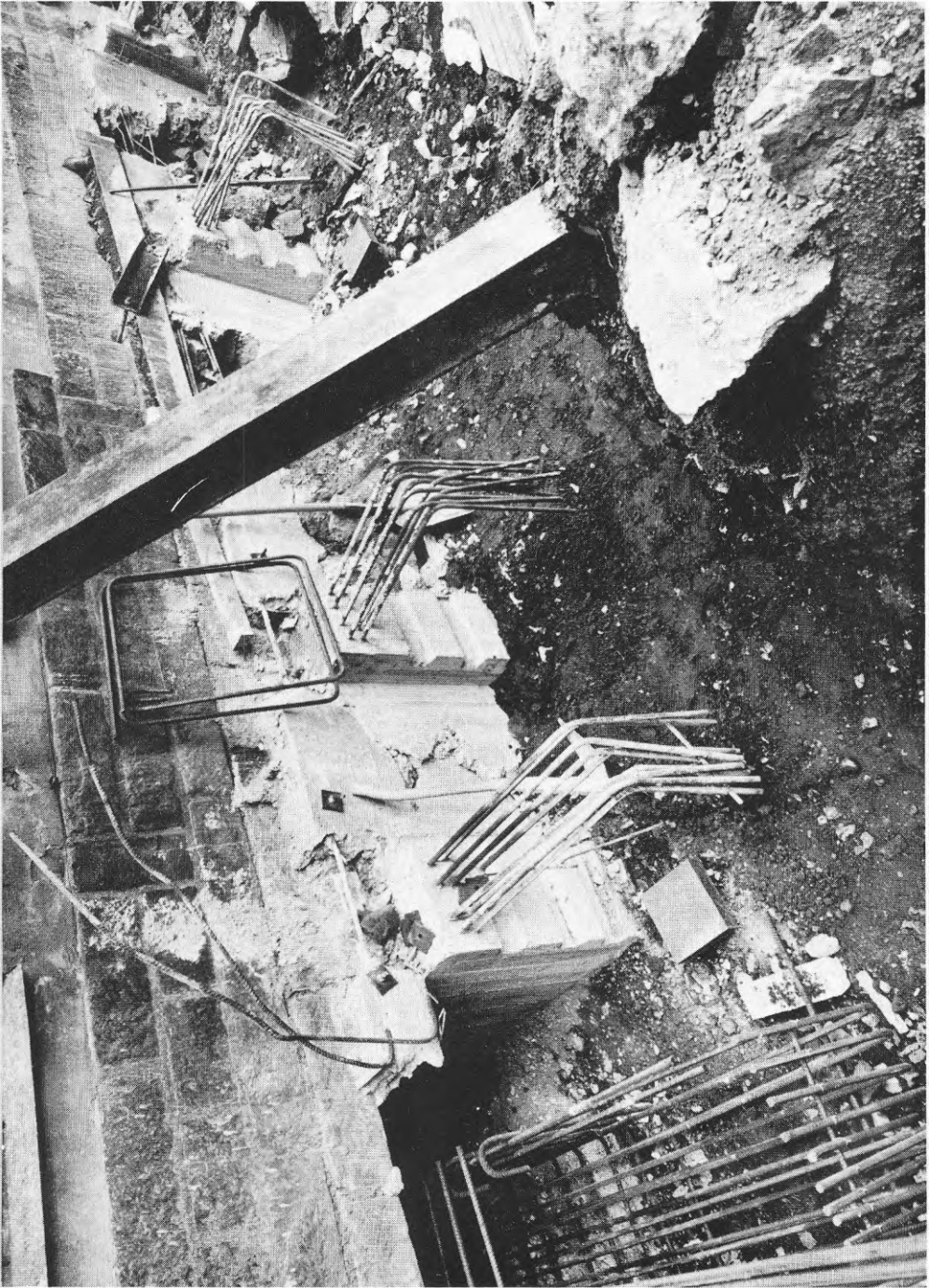
Injustering av foderrör för borrning

Grundförstärkning, kv. Atomena



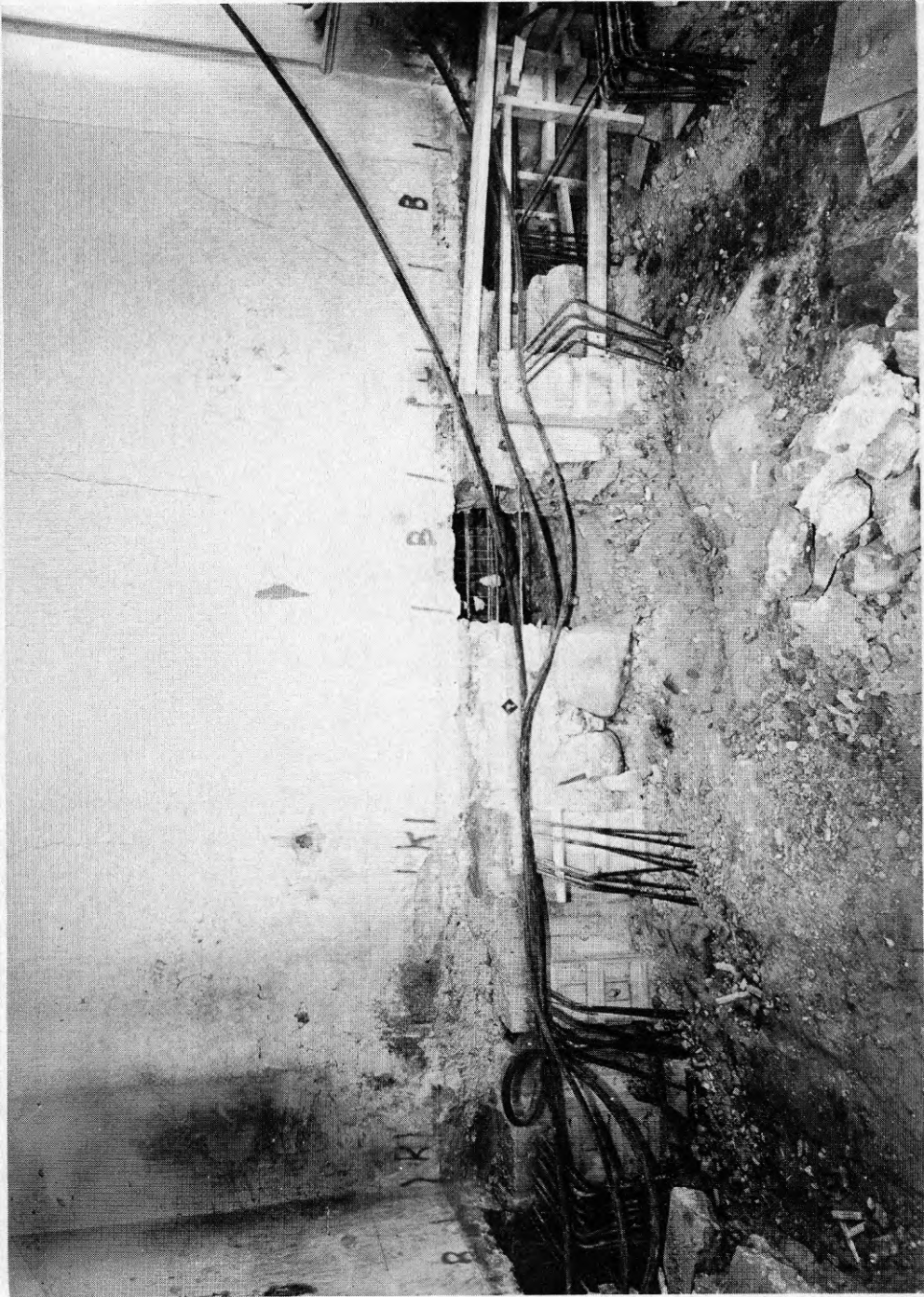
Ställning för stålännessättning samt svetsning av ämne.

Grundförstärkning, kv. Atomena



Gjutna konsoler och armerade balkgenomföringar under vägg.

Grundförstärkning, kv. Atomena



Hålltagning för balkar och gjutna konsoler.

Grundförstärkning, kv. Atomena



Armering och formsättning av balksystem.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 780606-7
från Statens råd för byggnadsforskning till
AB Jacobson & Widmark, Lidingö**

R96:1979

ISBN 91-540-3086-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6600996

**Abonnemangsgrupp:
Z. Konstruktioner o. material**

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

Cirkapris: 40 kr exkl moms