



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**

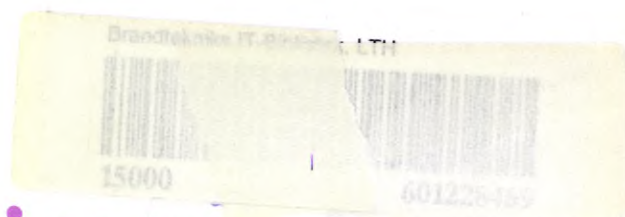
**R32: 1977**

**Betong — lättbetonghus  
utsatt för vibrationer  
från sprängning**

**Jan Olov Bergling**

**Kaj Eklund**

**Conny Sjöberg**



**Byggforskningen**

Rapport R32:1977

BETONG - LÄTTBETONGHUS UTSATT FÖR VIBRATIONER FRÅN SPRÄNGNING

Undersökning av skador vid olika vibrationsnivåer

Jan Olov Bergling

Kaj Eklund

Conny Sjöberg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 760440-2 från  
Statens råd för byggnadsforskning till Nitro Consult AB, Göteborg

Nyckelord:

betonghus  
lättbetonghus  
sprängning  
vibrationer  
skador  
sprickor  
fältundersökningar

UDK 622.235  
69.059.2

R32:1977  
ISBN 91-540-2693-8

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

**LiberTryck Stockholm 1977**



## INNEHÅLL

BETECKNINGAR .....	7
1	BAKGRUND .....
2	UDDEVALLAPROJEKTET .....
2.1	Försöksområde .....
2.2	Försökshuset .....
3	UNDERSÖKNINGENS GENOMFÖRANDE .....
3.1	Allmänt .....
3.2	Besiktning .....
3.3	Vibrationsmätning .....
3.3.1	Mätutrustning .....
3.3.2	Placering av givare .....
3.3.3	Mätning av våghastigheten .....
3.3.4	Bestämning av egensvängningstal i bjälklag .....
3.4	Hållfasthetsprov av betong och lättbetong .....
4	MÄTNINGS OCH BESIKTNINGSRESULTAT .....
4.1	Förbesiktning .....
4.2	Tabeller över sprängning och mätresultat .....
4.3	Beskrivning av mät- och besiktningresultat .....
4.3.1	Salva 1 bergsprängning, mätning, besiktning .....
4.3.2	Salva 2 bergsprängning, mätning, besiktning .....
4.3.3	Salva 3 bergsprängning, mätning, besiktning .....
4.3.4	Salva 4 bergsprängning, mätning, besiktning .....
4.3.5	Salva 5 bergsprängning, mätning, besiktning .....
4.3.6	Salva 6 bergsprängning, mätning, besiktning .....
4.3.7	Salva 7 bergsprängning, mätning, besiktning .....
4.3.8	Salva 8 bergsprängning, mätning, besiktning .....
4.3.9	Diagram svängningshastighet - skador .....

4.4	Markvibrationernas inverkan på murstockarna .....	47
4.4.1	Egensvängningsfenomen .....	47
4.4.2	Röktrycksprovning av murstockarna ..	47
4.5	Skadeanalyser .....	50
4.5.1	Lyft av flygelbyggnadens östra gavel .....	50
4.5.2	Skada i betongvägg .....	54
4.5.3	Skada i mellanvägg rum 3:6 och 3:7	56
4.5.4	Skador i sydöstra delen av huvudbyggnad .....	59
4.5.5	Skador i fasaden .....	63
5	SLUTSATSER .....	65
5.1	Skador vid olika vibrationsnivåer ..	65
5.2	Egenfrekvensens inverkan på vibrationsfrekvensen i olika konstruktionsdelar .....	65
5.3	Svaga konstruktionsdelars känslighet mot vibrationer .....	65
5.4	Vibrationernas inverkan på husets olika delar och konstruktionsdelarnas inbördes rörelser .....	66
	LITTERATURFÖRTECKNING .....	67
	BILAGA 1. FÖRBESIKTNINGSPROTOKOLL .....	68
	BILAGA 2. <del>FÖR</del> FÖRBESIKTNINGSPROTOKOLL .....	80
	BILAGA 3. RÖKTRYCKPROVNINGSPROTOKOLL .....	92
	SAMMANFATTNING Ingress .....	94
	Bakgrund .....	95
	Genomförande .....	96
	Resultat .....	97

FÖRORD

I föreliggande rapport redovisas en undersökning över den inverkan som markvibrationer från sprängningsarbeten har på en större  $1\frac{1}{2}$  plansvilla.

Villan var belägen på ett bergsparti som skulle sprängas bort för att bereda plats för den nya Uddevallagenomfarten.

Viktigt och nödvändigt är att undersöka olika materials och konstruktionselements motståndskraft mot vibrationer från sprängning och att få ytterligare belägg för att de vibrationsnivåer som i Sverige anges som gränsvärden fortfarande är tillämpbara.

Dessa nivåer har framkommit genom det undersökningsarbete som under 50- och 60-talet utfördes vid Nitro Nobel AB:s Detoniklaboratorium av U. Langefors, H. Westerberg och B. Kihlström. I det material som bearbetades ingick egna och främmande undersökningar, i ett senare skede även internationella. Resultatet gav tröskelvärden som ej får överskridas om man ville undvika skador i så kallad "normal bostadsbebyggelse". Gemensamt för husen i dessa första undersökningar var att husen grundlagts på berg och att de var i god kondition. Senare har kompletterande undersökningar utförts för hus uppförda på annan grund än hårt berg, t ex. mjukt berg, morän, sand eller lera. Resultaten av samtliga undersökningar är sammanställda i en tabell nr 1, redovisad av Nitro Nobel AB, Nitro Consult AB samt i boken "The Modern Technique of Rock Blasting" av U. Langefors och B. Kihlström. Denna tabell har i allmänhet accepterats i Sverige av myndigheter, byggherrar, entreprenörer och försäkringsbolag dels som riktvärden vid upprättande av anvisningar för sprängningsarbeten dels för bedömning av kausaliteten vid vibrationsskador.

På senare år har man tenderat att minska tillåtna vibrationsvärden till nivåer som ibland ligger betydligt under tidigare i Sverige accepterade värden. Denna tendens har av förståeliga skäl uppkommit genom

att skador på byggnader rapporterats från platser utanför det område som normalt besiktigas före sprängningsarbetenas igångsättning. Detta beror på att människan är känslig för vibrationer. Det blir då naturligt att även vid relativt små vibrationsvärden i förhållande till tillåtna tröskelvärden reagera med kontroll av egna hus.

Sprickor som funnits men som ej iakttagits tidigare upptäcks då och rapporteras som sprängskador.

Av ekonomiska skäl är det väsentligt att skaffa kunskap om vilka vibrationer hus i verkligheten tål och vid vilka värden hus börjar ta skada.

En sådan kunskap innebär att man ej onödigt fördyrar sprängningsarbeten.

Varje hus, som skall rivas och kan utsättas för vibrationer från sprängning, behöver därför utnyttjas.

Genom tillmötesgående från entreprenören för sprängningsarbetena, Nils P Lundh, och chefskontrollanten Mats Wikström vid Uddevallagenomfarten har detta projekt blivit möjligt.

Undersökningen har genomförts med anslag från BFR, försäkringsbolagen genom FSAB, Statens Vägverk samt Nitro Consults utvecklingsavdelning.

Medarbetare i projektgruppen har varit från Nitro Consult Jan-Olov Bergling, Gösta Bodén, Kai Eklund, Björn Kihlström, Conny Sjöberg samt från Chalmers Tekniska Högskola, institutionen för Konstruktionsteknik, Betongbyggnad Rickard Wilson. Gruppen vill här också framföra sitt tack för det stöd den fått underhand från representanter för försäkringsbolagen Folksam, Skandia och Trygg-Hansa samt Statens Vägverk och till alla övriga som bistått oss vid genomförandet av undersökningen.

Författarna

## BETECKNINGAR

7

A	amplitud i mikrometer	$\mu\text{m}$ ( $=10^{-6}\text{m}$ )
f	frekvens	Hz
v	svängningshastighet	mm/s
a	acceleration	$g$ ( $=9,81\text{ m/s}^2$ )
t	tid i sekund eller millisekund	s, ms ( $1\text{ ms}=10^{-3}\text{s}$ )
c	vågutbredningshastighet	m/s
$\gamma$	skjuvning	$\mu\text{m/m}$
R	horisontellt avstånd	m
$V_1$	försättning	m
$E_1$	hålavstånd	m
$Q_s$	samverkande laddning	kg
$\emptyset$	borrhålsdiameter	mm
K	kubhållfasthet	MPa ( $=10^6\text{Pa}$ )
$V_e$	vertikal mätning	vektorriktning
H	horisontell mätning	vektorriktning
//	parallell med	vektorriktning
$\perp$	vinkelrät mot	vektorriktning

## 1. BAKGRUND

Under de senaste 30-40 åren har en utveckling skett inom bergsprängningstekniken som gör det möjligt att spränga inne i tätorter, t ex. inne i centrum av storstäder. Sprängningsarbeten pågår där dagligen. Exempel är sprängning för husgrunder, ledningar, tunnlar och bergrum. En förutsättning för att sprängningar skall kunna utföras inne i tätorter är att sprängningarna sker utan risk för stenkast och utan skador i intilliggande hus på grund av markvibrationer. Arbetena skall så lite som möjligt inverka störande på människor.

Den ovan beskrivna utvecklingen av sprängtekniken har blivit möjlig genom en rad faktorer. Några av de viktigaste skall i korthet redogöras för här nedan.

Införandet av hårdmetaller i borrhälsborrarna, har medfört att det blivit betydligt enklare, mindre tidsödande och därmed billigare att borra hål i berg. Detta gör att borrhålsantalet per salva kan ökas och den erforderliga sprängämnesmängden fördelas i fler borrhål. Sprängningen kan kontrolleras i ökad grad med minskad risk för stenkast och kraftiga vibrationer.

Samtidigt med utvecklingen på borrhålssidan introducerades kortintervallstekniken (numera benämnd millisekundsprängning = ms-sprängning). Den innebär att de enskilda hålens eller hålradernas laddningar initieras med mycket små tidsintervall. Initieringen sker med speciella sprängkapslar med inbyggda fördröjningsselement. Ordningföljden anges med så kallade intervallnummer. Tidsskillnaden mellan två nummer är 13-25 millisekunder (1 ms = 1/1000 sek).<sup>\*</sup> Denna metod gör att allt sprängämne i en salva samverkar med gott sprängresultat som följd. Däremot samverkar ej hela sprängämnesmängden för att framkalla markvibrationer. Vid större salvor samverkar endast

\* Vid tunnelsprängning är intervalltiderna 100 - 500 ms.

1/40 - 1/60 av sprängämnet i vibrationshänseende. Den samverkande laddningsmängden i detta avseende kan dock aldrig bli mindre än den mängd som finns i ett hål.

I och med detta fanns det som regel inga hinder för bergsprängning inne i centrum av storstäder.

Insamling gjordes nu av uppmätta vibrationer. Man ville finna ut vilka storheter hos vibrationerna som måste mätas eller beräknas för att bäst svara mot vibrationernas skadeverkan i hus. Efter ett antal år hade det framkommit att vibrationernas svängningshastighet var en storhet som kunde användas. Den kunde beräknas ur en amplitud-tidkurva eller mätas direkt med dynamiska mätkroppar. Vibrationens svängningshastighet (v) beräknas ur amplitud-tidkurvan medelst formeln:

$$v = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot A \dots\dots\dots 1$$

där v= svängningshastigheten i mm/sek.

f= frekvensen i Hertz (Hz)

A= amplituden i mm

Endast värdet på v räcker emellertid ej alltid för att bestämma vibrationernas skadeverkan. Viktiga faktorer är vilken typ av markgrund ett hus är uppfört på samt husets konstruktion och kondition. Markgrunden bestämmer utbredningshastigheten (c) hos markvibrationsvågen under huset. Ju lägre vågutbredningshastighet ju känsligare blir huset för markvibrationer. För hus av likvärdig konstruktion och i samma kondition skall v/c alltid ha samma värde.

$$\gamma = \frac{v}{c} \dots\dots\dots 2$$

v= svängningshastigheten i mm/s

c= vågutbredningshastigheten i m/s.

γ= skjuvningen i mm/m.

Tusentals mätningar har utförts och jämförts med skadeverkan i hus på grund av markvibrationer från sprängningar.

Resultaten är sammanförda i nedanstående tabell 1.

Tabell 1: Gradering av skaderisk i normal bostadsbebyggelse <sup>1)</sup> i förhållande till svängningshastigheten v hos vibrationens vertikala komponent med hänsyn till bebyggelsens grundförhållanden.

Våghastighet <sup>c</sup> m/s	1000-1500	2000-3000	4500-6000	
	Sand, grus lera under grundvatten nivå	Morän, skiffer, mjuk kalksten	Granit gneis hård kalksten, kvartssiltisk sandsten, diabas	Resultat i normal bostadsbebyggelse
svängningshastighet v mm/s	18	35	70	Ingen märkbar sprickbildning
	30	55	100	Fin-sprickor och putsfall (tröskel värde)
	40	80	150	Sprickbildning
	60	115	225	Svår sprickbildning

<sup>1)</sup> Med normal bostadsbebyggelse menas hus med grund och bjälklag av betong, ytterväggar av tegel och mellanväggar av putsad tät lättbetong.

Tabell 1 är den tabell som har accepterats i Sverige. Som tidigare nämnts har en tendens märkts att sänka tillåt-na vibrationsvärden.



Ofta har hänvisats till de mycket låga vibrationsvärden som anges i utlandet och då ofta de tyska DIN 4150 värdena (fig.1).

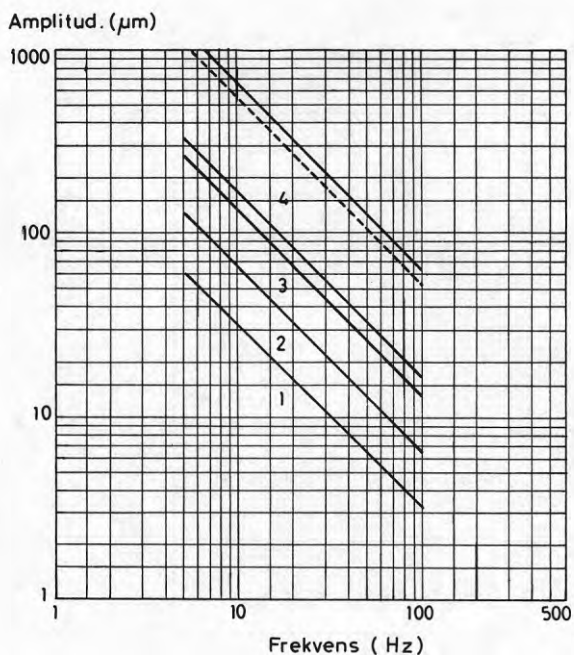


Fig.1. Tyska värden DIN 4150

Klass 1. Ruiner, kulturella byggnader under antikvarie-skydd,  $v = 2 \text{ mm/s}$ .

Klass 2. Byggnader med synbara skador och sprickor i murverk,  $v = 4 \text{ mm/s}$ .

Klass 3. Byggnader utan skador och i gott byggnadstekniskt skick (även med putssprickor),  $v = 8 \text{ mm/s}$ .

Klass 4. Väl utförda byggnader (industribyggen),  $v = 10\text{-}40 \text{ mm/s}$ .

Den streckade linjen anger  $v = 35 \text{ mm/s}$ .

Orsakerna till de, i förhållande till svenska, låga värdena är inte helt klarlagda. En omständighet som ej tycks vara medtagen är grundförhållandena under byggnaderna. Det verkar som om vibrationsgränser anges generellt där skador in-

träffar. Grundförhållandena kan då ha varit mycket ogynnsamma ur vibrations- skadesynpunkt.

En jämförelse emellan Langefors (Sverige), Northwood et al (Canada) och Bureau of Mines (USA) angivna vibrationsgränser framgår av fig. 2.

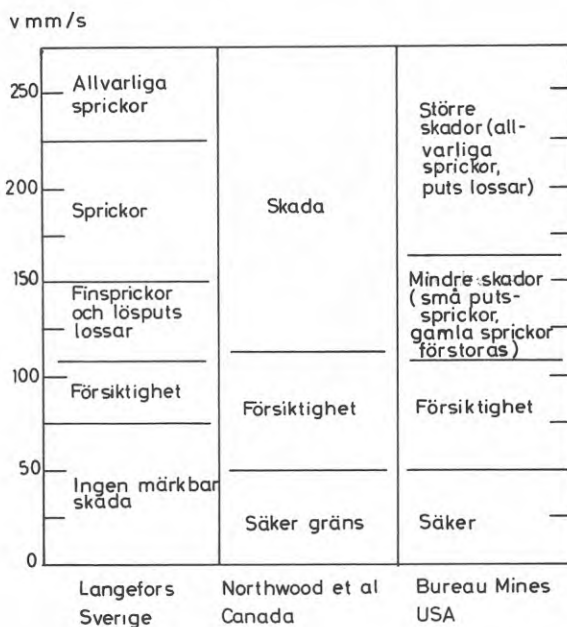


FIG. 2. Skadekriterier för vibrationer vid sprängning nära normal bostadsbebyggelse. Värdena gäller vid mätning på berg. Värdena bör halveras vid mätning på morän, skiffer och mjuk kalksten. För sand, grus och lera bör värdena i tabellen minskas till en fjärdedel.

Av utländska undersökningar är de som utförts av US Bureau of Mines de mest omfattande, dock är vibrationsvärden relaterade till skador få. US Bureau of Mines anger att ingen av vibrationernas tre komponenter får överskrida angivna värden.

I Storbritannien har Building Research Station kommit ut med ett förslag 1970, Digest 117. Där diskuteras andra länders undersökningar och föreslagna gränsvärden. Fig. 3. anger olika skaderiskzoner som föreslås.

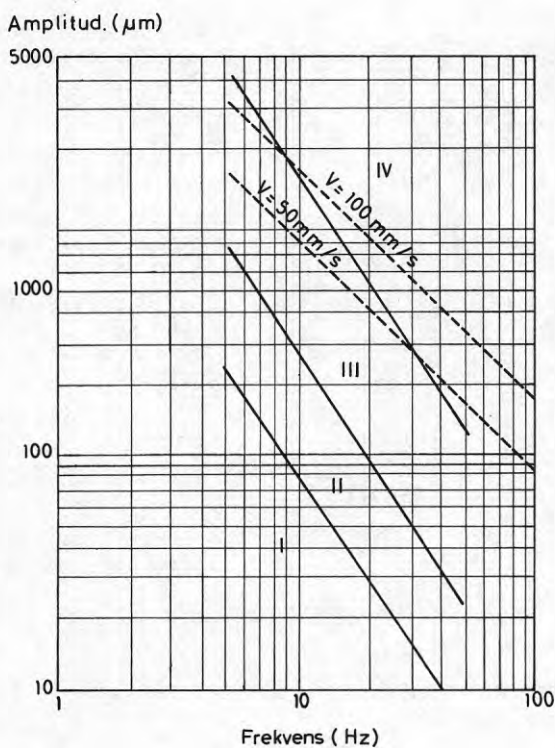


Fig. 3. Digest 117

Område I Inga skador

Område II Möjligen putssprickor

Område III Sannolikt skada på bärande  
konstruktion

Område IV Skada på bärande konstruktion

I Norge har Kontoret for Fjellsprengningsteknikk sammanställt ett diagram (fig.4) över resultaten från undersökningar i Norge. Kurvorna för skador i bebyggelse sammanfaller rätt väl med de svenska värdena för normal bostadsbebyggelse grundlagd på hårt berg.

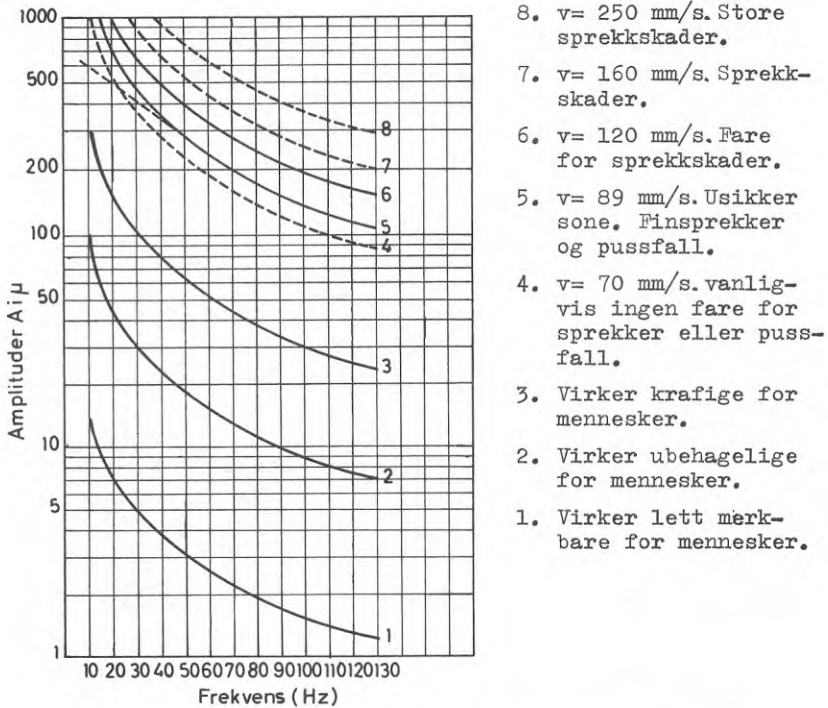


Fig 4. Diagram från Kontor for Fjellsprengningsteknikk över sammanhang mellan amplitud, frekvens och skadekriterier.

Vid en jämförelse mellan vibrationsnivåerna från olika länder är det viktigt att komma ihåg under vilka förutsättningar vibrationsnivåerna är upprättade. En förutsättning är markförhållanderna under byggnadens grund.

Det är samtidigt betydelsefullt att veta hur mätningarna är utförda. Så är t ex. de av Langefors uppställda skadekriterierna angivna i förhållande till den i husgrunden inkommande vibrationens **vertikala** komponent. Mättes eller

beräknas vibrationens resultant av tre komponenter gäller ej värdena i tabell 1 (Langefors värden). Nytt skadekriterium måste anskaffas som är uppgjort med hänsyn till resultanten

$$v_{R \max} = \sqrt{v_x^2(t) + v_y^2(t) + v_z^2(t)}.$$

Då ett hus vibrerar genom inverkan av markvibrationer från bergsprängning påverkas husets delar på olika sätt. Vibrationernas värden varierar från plats till plats i huset. Att i det enskilda fallet ta reda på var i huset, vibrationerna är störst eller orsakar mest skada är mycket svårt. För att kunna utföra mätningar i ett större antal hus vid ett och samma sprängtillfälle är det nödvändigt att finna ut en förenklad mätmetod. Förenklingen får dock ej påverka resultaten i oacceptabel riktning. Antalet mätpunkter måste begränsas och mätkropparnas placering systematiseras.

I vårt fall har detta inneburit, att en mätkropp för vertikal mätning placerats på en bärande grundkonstruktion i nära kontakt med markgrunden.

Ett systematiskt fel infördes kanske därvid men det borde efter en lång tids uppföljning ha nedbringats till ett minimum. Alla de svängningar i huset som åstadkom skador ställdes så småningom i relation till de i grunden inkommande vibrationernas vertikala komponent. Detta förfarande kan ha haft till följd att sprängningarna begränsas i en del fall något mer än nödvändigt. Finns det i byggnaden speciella detaljer eller anläggningar som är speciellt känsliga för vibrationer utföres mätningar vid eller på dessa.

Nya byggnadsmaterial och konstruktionsdelar gör att kriterierna hela tiden måste kompletteras och kontrolleras. Speciellt viktigt är det att få större erfarenhet av vibrationsvärden som är så stora, att skador uppkommer i byggnader, och detta för att få bättre kunskap om de verkliga gränsvärdena.

En undersökning liknande den som rapporteras i denna rapport har tidigare utförts i Älta utanför Stockholm. Även där kunde sprängningar utföras, så att en på arbets-

området belägen enfamiljvilla, användes för att kontrollera gränsvärdena för skador. Resultatet av denna undersökning stämmer väl med de vibrations- skadenivåer, tabell 1, som kom fram av Langefors undersökning. Även denna undersökning utfördes med medel från BFR. Resultatet är rapporterat i Rapport R 42:1975 från Statens Råd för Byggnadsforskning. \*

## 2 UDDEVALLAPROJEKTET

2.1 Försöksområde

Försöksområdet är beläget i Uddevalla på den nya genomfartsleden, västra delen, där ca 400.000 m<sup>3</sup> öppen bergsprängning och 100.000 m<sup>3</sup> tunnelsprängning ingår.

På en bergskärning (sektion 3 + 620) låg en större villa inom det område som skulle sprängas bort. Villan utnyttjades till kontrollantkontor och ca halva vägbredden var utsprängd när projektet startades.

De tidigare sprängningarna hade utförts ca 1½ år innan dessa försök påbörjades och då med restriktioner att kontrollantkontoret ej skulle utsättas för större markvibrationer än  $v = 100$  mm/s. Den bergklack som återstod att spränga bort, fram till ca 1 m från villan, hade en pallhöjd på upp till 12 m, en längd på 80 m samt en bredd på ca 10 m, totalt 3.900 m<sup>3</sup>.

Bergarten utgjordes huvudsakligen av förskiffrad gnejsgranit.

Berggrunden var förskiffrad i ca N - S/30 - 40°E. Spricktektoniskt dominerande slag längs förskiffringen och brantstående plan i N70-80°W.

Berggrunden inom den bergplint, som huset var beläget på, företedde en tydligt blockig utbildning längs ovan nämnda sprickriktningar.

Markstötvågornas utredningshastighet var hög, 6500 m/s. Några markerade svaghetszoner kunde ej iakttagas.

Bergspartiet utsprängdes i 8 st salvor, vars lägen framgår av en plankarta (se fig 6.1).

## 2.2 Försökshuset

Det aktuella huset var en större  $1\frac{1}{2}$ -plansvilla med ca 300 m<sup>2</sup> bottenyta. Huset var byggt i en huvud- och en flygelbyggnad på två olika nivåer + 18,05 resp + 15,60 (fig. 5, 6, 6.2 och 6.3).

Grundmurarna som bestod av betong, var nedförda till berg. Samtliga bjälklag bestod av platsgjuten betong och bärande konstruktioner över öppningar av armerade betongbalkar. Bärande väggar ovan källarnivån var murade med lättbetong och ytterväggarna var klädda med fasadtegel. Takstolarna var en fackverkskonstruktion i trä och takbeläggningen bestod av tegelpannor.

Försökshusets placering i förhållande till salvorna framgår av plankartan (fig 6.1). För att erhålla en stegvis ökning av vibrationerna på huset skulle, enligt de ursprungliga planerna, sprängningarna börja från väster där pallhöjden var lägst.

En VA-ledning, som tidsmässigt styrde entreprenaden, föranledde emellertid att sprängningsordningen fick kastas om. Den östra delen av bergpartiet, salva 1-3, fick därför sprängas ut först.

Detta har fört med sig att vibrationernas inverkan bedömts i de båda huskropparna var för sig. Husets två delar har då stegvis utsatts för större vibrationer dels från öster dels från väster.

Tillåten svängningshastighet hos vibrationernas vertikala komponent skulle enligt våra normer vara  $v = 70$  mm/s i båda huskropparna.





FIG. 5. Försökshus före sprängningarna.



FIG. 6. Försökshus efter tredje sprängningen.

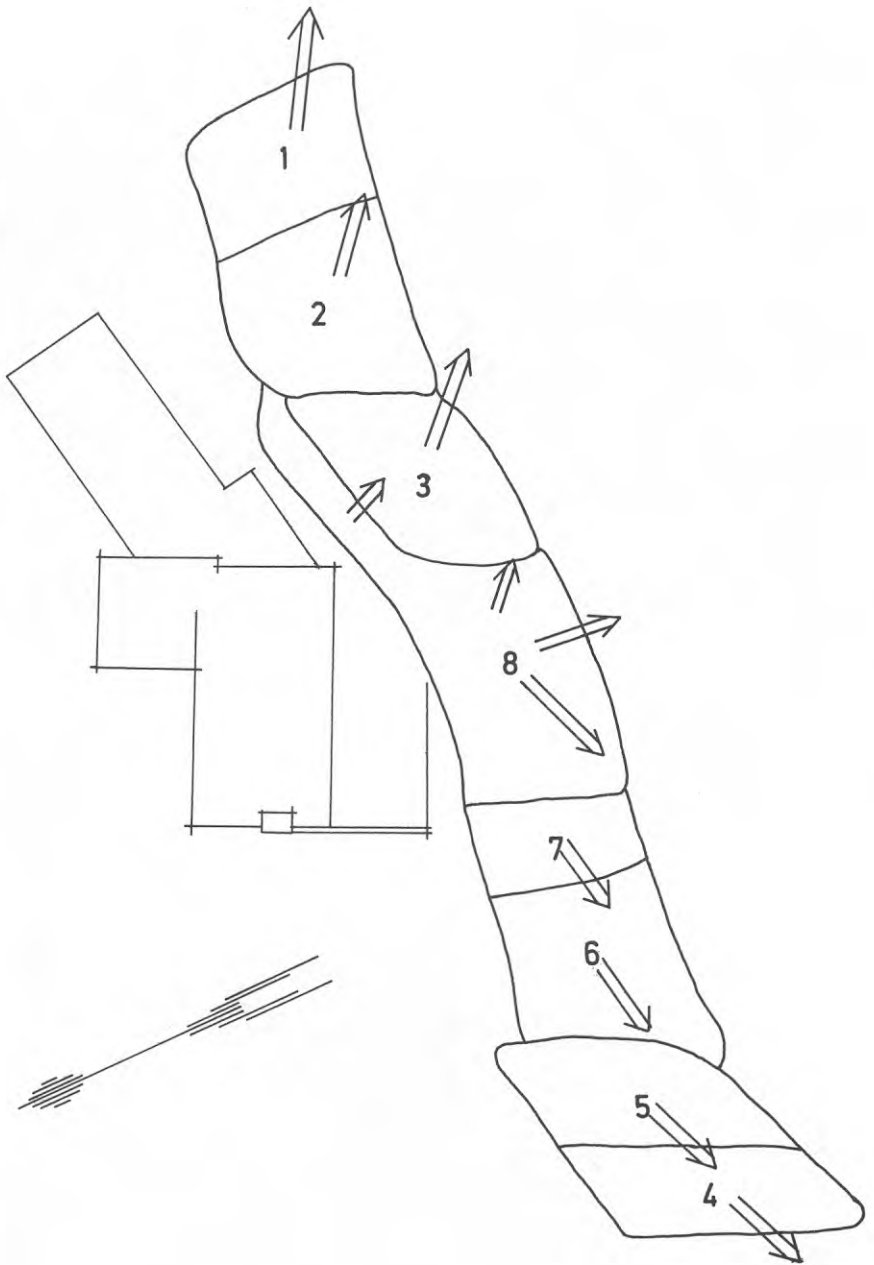


FIG. 6.1. Plankarta visande salvornas läge.

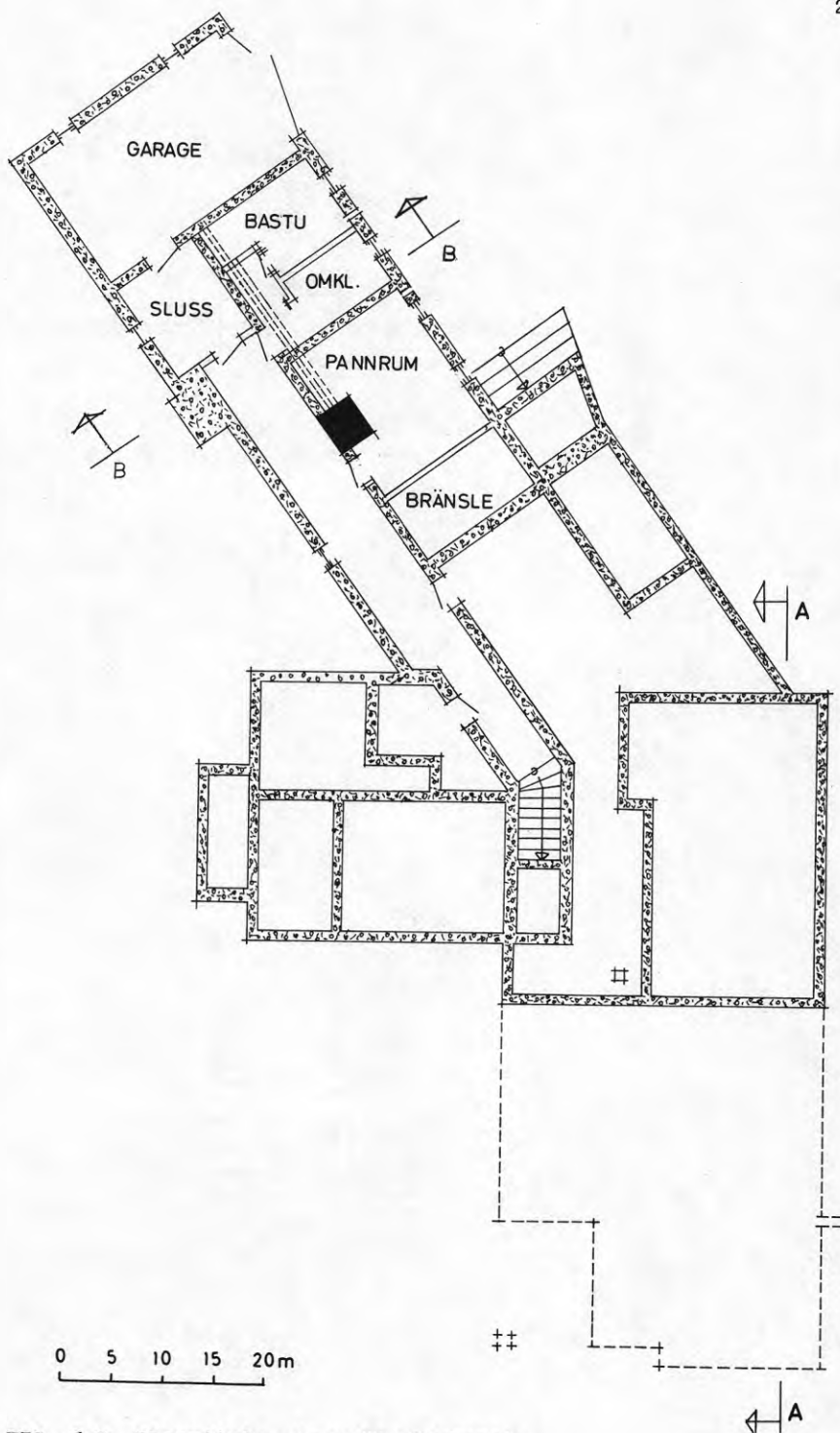
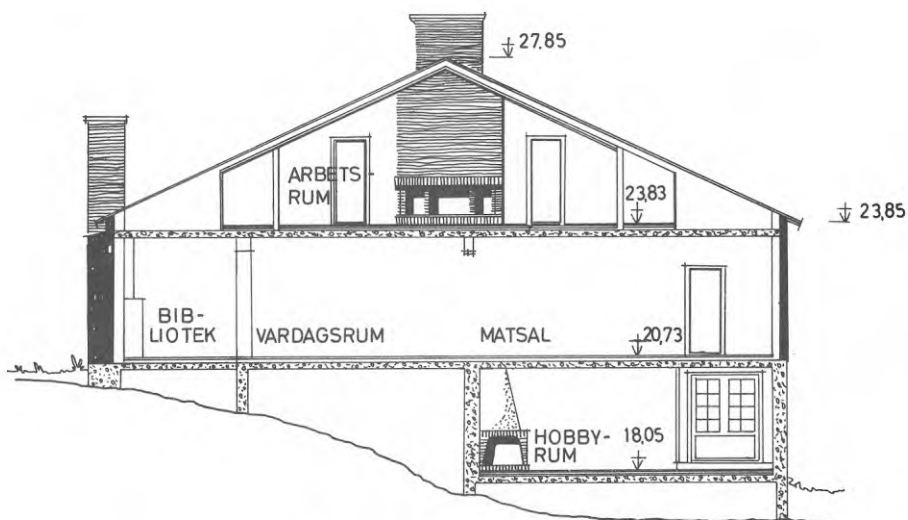
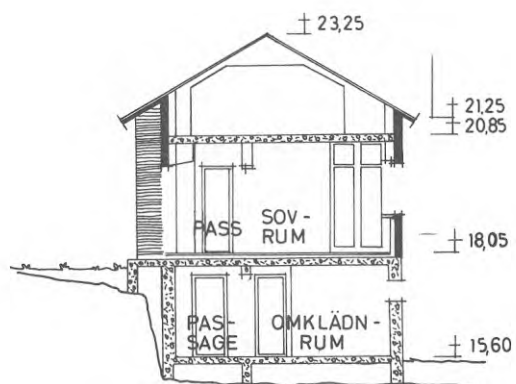


FIG. 6.2. Planritning över försökshuset.



SEKTION A-A



SEKTION B-B

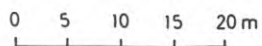


FIG. 6.3. Sektioner genom försökshuset.

### 3           UNDERSÖKNINGENS GENOMFÖRANDE

#### 3.1           Allmänt

Undersökningen har till stora delar följt de rutiner som Nitro Consult AB utvecklat genom åren i samband med övervakning och kontroll av sprängningsarbeten. Till skillnad från de normala rutinerna har mellan - besiktning skett efter varje salva. Antalet mätkroppar har varit 24 st monterade både vertikalt och horisontellt. Normalt monteras endast en till två vertikala mätpunkter i grundmuren.

För att kunna följa vibrationernas utbredning upp i husets konstruktioner har mätpunkter placerats på olika nivåer, och i olika material. Studier har också utförts på egensvängningarnas inverkan på skadebilden hos vissa material. Hållfasthetsprovningsen har utförts på i husets representativa ingående material.

Våghastighetsmätning har utförts på underliggande berggrund för att kunna bestämma värdet på skjuvningen v/c.

#### 3.2           Besiktning

Förbesiktning av fastigheten genomfördes den 11 och 12 mars 1976. Besiktningen utfördes av NC:s besiktningspersonal. Före besiktningen studerades befintliga byggnadsritningar. Nitro Consults rutiner vid besiktning är den s.k. grafiska metoden, vilket bl a försäkringsbolagen rekommenderar.

Den grafiska metoden innebär att man på härför avsedda formulär med rutor för väggar, golv och tak ritar in dörrar och fönster. På dessa rutor inritas sprickor och defekter som upptäcks vid för - mellan och efterbesiktning (se bilaga 1).

Med hjälp av befintliga fasadritningar gjordes förenklade skisser där fogsprickor och sprickor i grundmur etc. ritades in, som upptäcks vid för-mellan och efterbesiktning. För att ytterligare förenkla besiktningen används symboler för olika typer av skador (se bilaga 1).

På grund av den komplicerade planlösningen i fastigheten har planskisser gjorts. På dessa planskisser har sedan numrering av rummen skett, där första siffran betecknar vilket plan det är och andra siffran rumsnumret, (se bilaga 1).

Besiktningarna har kompletterats med ett stort antal fotografier.

### 3.3 Vibrationsmätning

#### 3.3.1 Mätutrustning

Efter vad som sagts i pkt 1 så är svängningshastigheten den mest relevanta parametern vid bedömning av vibrationers samband med skaderisker.

Vid mätningarna användes givare av elektrodynamisk typ som är hastighetsmätande och alstrar en elektrisk spänning direkt proportionell mot vibrationernas svängningshastighet.

Totalt användes 24 st. dämpade givare typ HS-1 Geospace's fabrikat med frekvensområdet 4,5 - 1500 Hz och resistans 510  $\Omega$ , vilkas utspänning är 10,0 mV/mm/s ( $\pm 1,5\%$ ). Signalerna från givarna passerade dämpsatser och registrerades på 2 st. UV-skrivare (fabrikat SE 3006/12) genom galvanometrar typ B-450 med inre resistans 120  $\Omega$  och frekvensområdet 0-300 Hz. Galvanometrarnas känslighet är 0.050 mA/cm ( $\pm 2\%$ ).

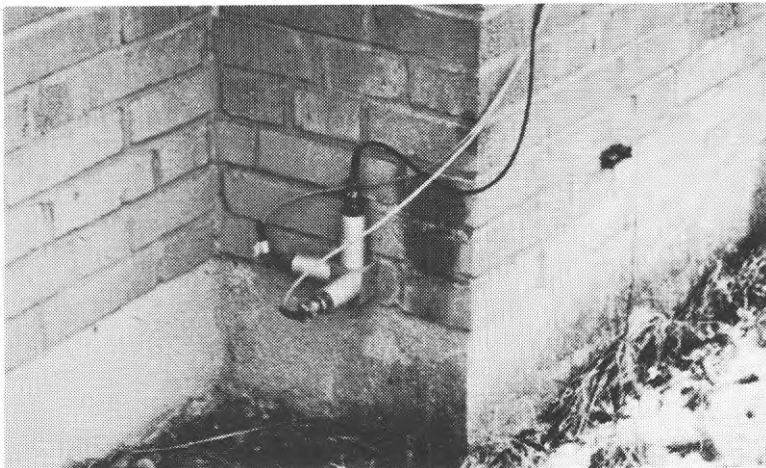


FIG. 7. Mätpunkt med givare i tre riktningar.



För att korrigera eventuella fel i mätsystemet har test-sig-naler med kända spänningar skickats genom hela mätsy-stemet när detta hade uppmonterats på mätplatsen. Detta gjordes även mellan mätningarna för att kontrollera ut-rustningens funktion.

Vid samtliga salvor och våghastighetsmätningar har regi-streringspappret hos UV-skrivarna frammatats med högsta hastighet (1250 mm/s). Frekvensupplösningen blir då mycket god med ett utvärderingsfel på maximalt  $\pm 5\%$ .

Noggrannheten vid utvärderingen av vibrationsnivån ligger på maximalt 3-5% fel beroende på vilken dämpning som använts.

Eftersom felen hos mätsystemet och utvärdering är obe-roende av varandra kan det sammanlagda felet uppgå till max 10% av mätresultatet.

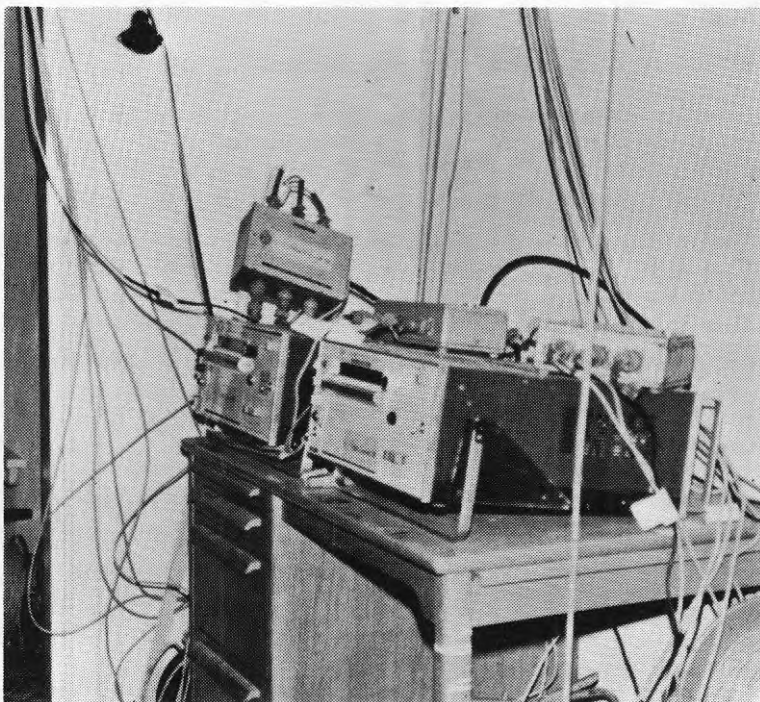


FIG. 8. UV-skrivare för registrering av mätvärden.

### 3.3.2 Placering av givarna

Givarnas placering framgår av fig 9.

Mätpunkt 1 - 4 (+15,9 m respektive +24,3 m och +20,7 m respektive +26,4 m) monterades i tre riktningar både längst ner och längst upp på två av husets murstockar.

Mätpunkt 5 (+17,2 m) monterades i tre riktningar på betongvägg i källarvåning.

Mätpunkt 6 (+21,9 m) monterades i tre riktningar på lättbetongvägg i bottenvåning.

Mätpunkt 7 (+24,3 m) monterades i tre riktningar på tegelvägg (fasad), övervåning.

Mätpunkt 8 (+16,6 m) monterades på berg i källarvåning.

Mätpunkt 9 (+19,9 m) monterades på betongpelare i entréplan.

Mätpunkt 10 (+20,9 m) monterades på flygelbyggnadens vindsbjälklag av betong.

För de horisontella givarna (fig. 9 och tabell 2) avser beteckningen // att givaren är parallell med husets längdriktning och  $\perp$  att givaren är vinkelrät mot densamma.

### 3.3.3 Mätning av våghastigheten

I angivna skadekriterier tas hänsyn till vågutbredningshastigheten varför denna uppmättes.

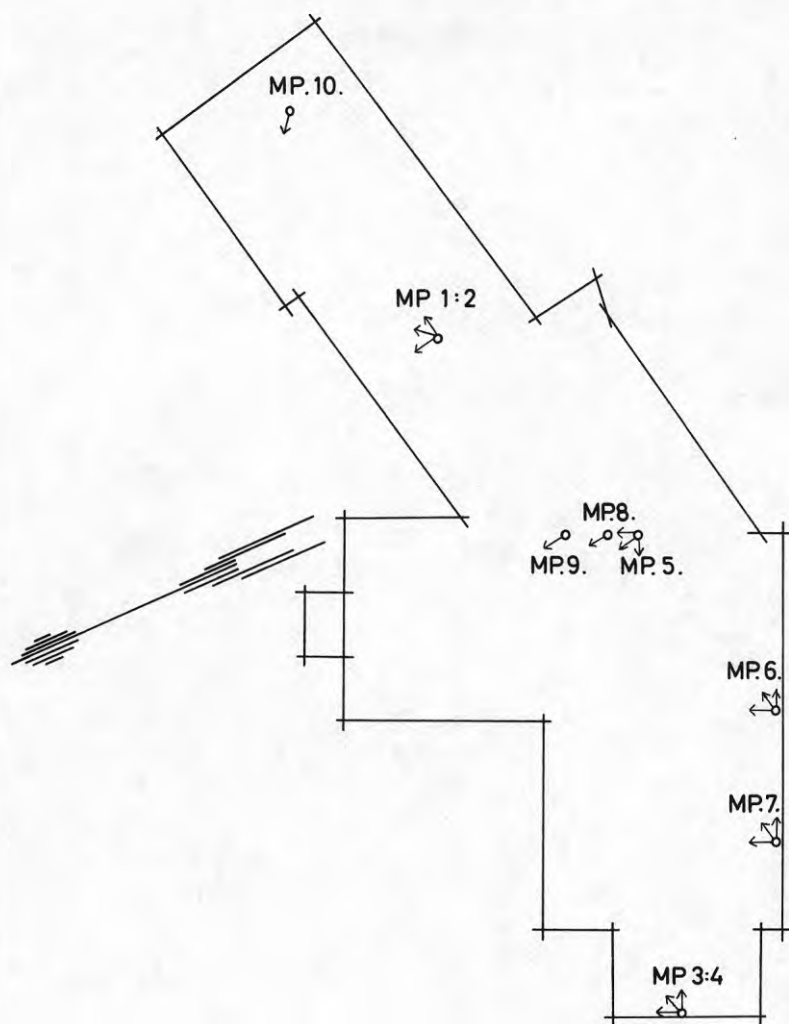
Vid mätningarna användes UV-skrivare och 3 st vertikalmätande geofoner som placerades i linje med varandra så att våghastigheten under huset kunde mätas.

Resultatet av de tre mätningarna överensstämde väl och markstötvägens utbredningshastighet beräknades till 6500 m/s.

Denna mätning bestyrker det tidigare bedömda värdet på husets känslighet mot vibrationer.

Vibrationshärden utgjordes av ett i linje med geofonerna placerat borrhål som utnyttjades till tre laddningar om 0,1 - 0,5 kg Dynamex. Samtliga givare var monterade i berg och avstånden mellan dem uppmättes. Placering framgår av fig 10.





↕ = Mät punkt med geofon placerad för vertikal mätning

↕↔↕ = Mät punkt med geofoner placerade för mätning i tre riktningar

FIG. 9. Placering av mätpunkter.

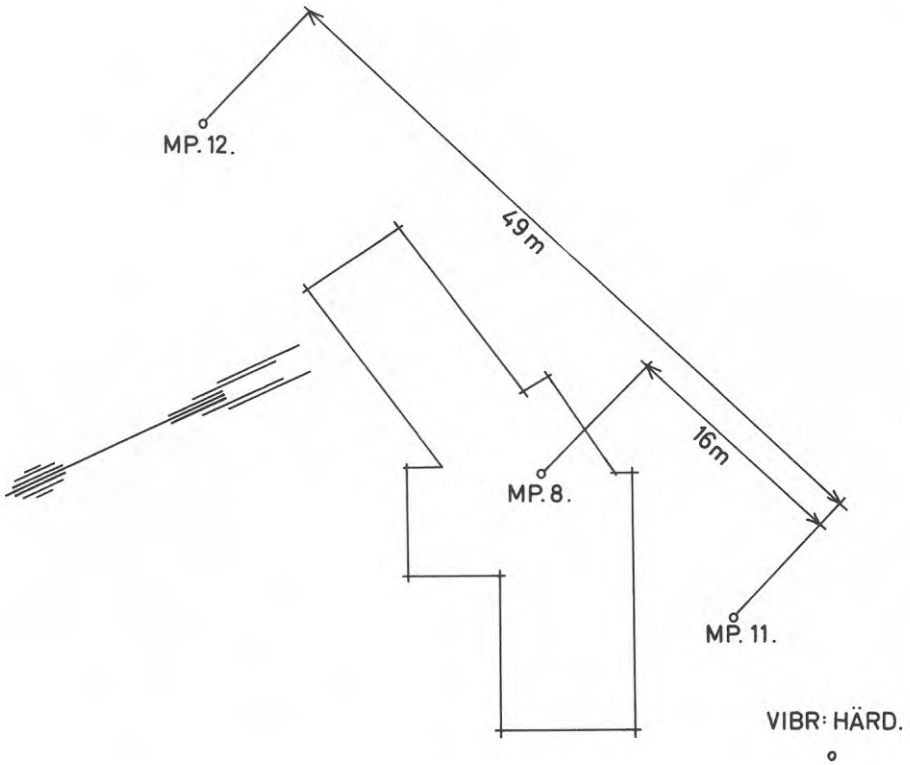
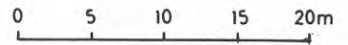


FIG. 10. Våghastighetsmätning



### 3.3.4 Bestämning av egensvängningstal i bjälklag

Egenfrekvensen för bjälklaget ovanför rum 2:3 bestämdes på följande sätt. En vibrator, vars varvtal kunde regleras med hjälp av en vridtransformator, fastbultades i betongplattan. Ett stycke därifrån placerades en givare som anslöts till en UV-skrivare. Då vibratorn kördes kunde tydligt höras vid vilken frekvens den lägsta resonansfrekvensen (=egenfrekvensen) låg, eftersom det då började "sjunga" i bjälklaget. På remsan som erhöles från UV-skrivaren framträdde en tydlig topp i vinkelhastighet och amplitud vid denna frekvens. Den uppmättes till 37 svängningar/s (Hz), vilket värde väl svarar mot vad som erhålles vid en teoretisk beräkning vid lämpligt val av av inspänning runt kanterna.

Vid frekvenserna 61 och 76 svängningar/s (Hz) uppträdde nya toppar motsvarande egensvängningsnoder med högre ordningstal ("övertoner"). Dessa har dock mindre intresse eftersom medsvängningen här är betydligt mindre.

### 3.4 Hållfasthetsprov av betong och lättbetong

Sedan huset rivits utplockades slumpvis ett antal betong- och lättbetongstycken ur vilka sågades 100 respektive 150 mm provkuber, sex av vardera. Dessa provades på vanligt sätt varvid följande resultat erhöles.

Betongen: Enligt ritningarna skulle betongen uppfylla kraven för kvalitet K 15 (kubhållfasthet räknad i MPa). Normalt är att man på byggnadsplatsen siktar på ett medelvärde K 18 som är ca 20% över det föreskrivna.

Provning sker normenligt vid 28 dygns ålder, men hållfastheten försätter att öka efter denna tidpunkt och ligger efter 20 år, 20 - 30% över 28-dygnsvärdet, vilket i detta fall ger ca K 22,5. De uppmätta lägsta och högsta värdena låg på K 17 respektive K 36 och de övriga ganska jämnt fördelade däremellan. Resultatet visar alltså på överhållfastheten hos betongen, men med stor spridning i hållfasthetsvärdena.

Lättbetongen: Densiteten hos provkuberna uppmättes till mellan 600 och 720 kg/m<sup>3</sup>, vilket tyder på att lättbetongen tillhör standardklassen 0,65/65, vars densitet och kubhållfasthet skall vara 660 kg/m<sup>3</sup> respektive 6,5 MPa. De uppmätta kubhållfastheterna låg mellan K 5,2 och K 5,8 med ett enstaka värde på K 4,4. Detta visar på att kvaliteten varit lägre än vad man borde vänta sig. Även draghållfastheten befanns vara lägre än normalt för denna klass, exakt hur mycket kan dock ej sägas eftersom draghållfasthetsprovningen ej utfördes på det sätt som är brukligt för lättbetong.

## 4 MÄTNINGS OCH BESIKTNINGSRESULTAT

4.1 Förbesiktning

En granskning av förbesiktningsprotokollet visar att de befintliga skadorna var av normal omfattning. Dock förtjänar följande att nämnas:

Korridor 1:3 finsprickor i övergången mellan betongvägg och murstock. Rum 1:6 mellan bastu och pannrum södra väggen hårfina till fina sprickor i puts samt genomgående vertikal finspricka som passerar genom två diagonala hörn på fönsteröppningen.

Pannrum 1:7 södra väggen likartad som rum 1:6 dessutom hade färg och puts ramlat ner och på en del ställen kring sprickor och avflagningar hade färgen rullat sig. Skadebilden tyder på att rummen 1:6 och 1:7 utsatts för hård uttorkning på grund av uppvärmningen från panna respektive bastu.

4.2 Tabeller över sprängning och vibrationsmätning

Nedanstående tabeller redovisar salva för salva vibrationernas högsta registrerade svängningshastighet i mm/s och frekvensen i Hz för samtliga mätpunkter.

Längst till vänster visas salvans nummer och datum samt den största samverkande laddningen  $Q_s$  i kg. Därefter följer på övre raden svängningshastighetens vertikala komponent,  $V_v$ , dess horisontella parallellt med husets långsida och den andra horisontella vinkelrät däremot. På andra raden rakt under värdet på svängningshastigheten redovisas motsvarande frekvens.

Den sista kolumnen för varje mätpunkt redovisar det horisontella avståndet från det närmaste borrhål som haft den största samverkande laddningen till mätpunkten.

I diagram (fig 12) visas en sammanställning över sambandet skador - svängningshastighet. Skador som uppstod vid salva 1 i samband med att stödmuren lyftes (se 4.5.1) är ej redovisade då dessa ej har orsakats av vibrationer.

## Uddevallaprojektet

## Mätresultat

TABELL 2

Salva nr. datum	Qs kg	m/s Hz	Mätpunkt 1			Mätpunkt 2			Mätpunkt 3			Mätpunkt 4			R <sub>m</sub> m
			Ve	//	⊥	Ve	//	⊥	Ve	//	⊥	Ve	//	⊥	
1.	110	v	290	250	225	225	215	200	26	30	24	85	-	83	39
17.3		f	140	95	74	36	155	150	39	27	40	46	-	23	
2.	180	v	350	225	285	230	355	245	110	89	63	205	-	83	32
19.3		f	80	43	-	38	48	30	31	45	23	66	-	200	
3.	270	v	390	380	300	360	135	83	120	125	170	165	105	140	26
22.3		f	60	-	-	-	27	28	67	-	-	-	-	-	
4.	2.5	v	4	5	4	8	7	4	7	6	4	38	3	10	34
24.3		f	70	78	45	62	35	31	48	105	62	52	36	78	
5.	5.5	v	10	13	10	16	10	9	28	16	19	92	21	61	24
25.3		f	57	70	28	40	52	21	140	140	45	52	35	18	
6.	122	v	23	22	15	42	24	29	89	51	110	165	71	130	17
14.5		f	58	40	125	30	36	15	150	75	40	30	11	-	
7.	192	v	41	23	17	40	28	44	260	125	73	400	115	135	15
19.5		f	105	115	115	22	30	14	57	48	20	90	56	20	
8.	320	v	170	160	190	-	-	-	225	260	170	500	260	140	15
25.5		f	97	42	-	-	-	-	240	-	40	-	-	-	

## Uddevallaprojektet Forts.

## TABELL 2 Mätresultat

Salva nr.	Qs	mm/s	Mätresultat			Mätresultat			Mätresultat			Mätresultat			Mätresultat					
			Ve	//	⊥	R <sub>m</sub>	Ve	//	⊥	R <sub>m</sub>	Ve	//	⊥	R <sub>m</sub>	Ve	//	⊥	R <sub>m</sub>		
datum	kg	Hz																		
1.	11.0	v	41	98	25	22	33	45	23	29	23	57	25	33	31	22	22	22	115	12
17.3		f	108	72	150		165	64	26		43	72	11		44			140	42	
2.	18.0	v	330	120	145	16	185	85	135	20	115	155	98	24	300	16	110	17	255	20
19.3		f	110	175	-		24	95	36		150	24	17		-			62	40	
3.	27.0	v	850	265	245	16	360	145	185	15	135	525	350	18	450	17	230	18	220	28
22.3		f	-	37	43		-	85	30		28	-	-		65			-	-	
4.	2.5	v	6	4	4	48	8	13	13	41	5	10	12	38	6	49	6	50	7	67
24.3		f	80	160	160		48	62	62		27	57	21		125			30	31	
5.	5.5	v	11	20	15	38	35	22	30	31	16	42	21	27	14	38	11	39	11	56
25.3		f	180	150	160		86	75	82		47	63	21		78			85	37	
6.	12.2	v	22	33	25	28	83	48	135	21	-	-	-	-	31	29	22	30	22	47
14.5		f	100	210	31		45	48	27		-	-	-		62			48	33	
7.	19.2	v	66	61	30	23	94	100	130	15	-	-	-	-	44	23	28	24	33	41
19.5		f	62	70	41		36	32	29		-	-	-		62			52	34	
8.	32.0	v	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	760	14	490	15	145	31
25.5		f	-	-	-		-	-	-		-	-	-		-			-	-	

4.3 Beskrivning av mät- och besiktningsresultat4.3.1 Salva 1 17/3-76 kl 16<sup>45</sup>

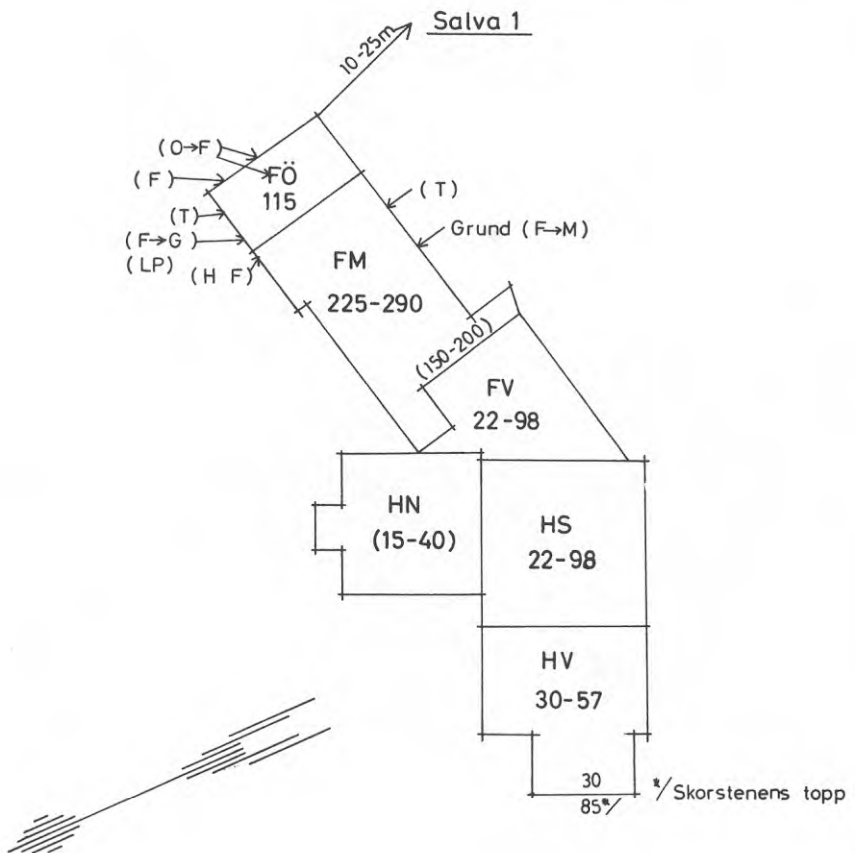
## Bergsprängning

11 hål  $\varnothing 64$  mm. Försättning 1,8 - 2,2 m. Hålavstånd 2,1 - 2,3 m. Håldjup 3 - 6 m. 35 kg Dynamex och 14,3 kg Nabit. Största samverkande laddning 11 kg, Dynamex viktstyrka. Int.nr. 1 - 7 $\frac{1}{2}$ . Horisontellt avstånd till mätpunkter 12 - 39 m.

Subjektiv bedömning vid  $v = 290$  mm/s och  $a = 25$  g.

Vibrationerna upplevdes som obehagliga.

FIG. 11:1. visar uppmätt svängningshastighet  $v =$  mm/s (sannolika värden inom parentes) och skador i de olika delarna av huset. Skadebeteckningarna är desamma som i besiktningsprotokollet. Skadebeteckningar inom parentes härrör från lyftningen av muren.





Besiktning

Källarplan

Ingen anmärkning

Entréplan flygelbyggnadens östra del (FÖ).

Lyftningen av stödmuren orsakade följande skador:

Rum 2:1 norra väggen: befintliga skador härfin till fin ökade till grov samt puts lossnade. På den östra väggen förlängdes befintliga skador något. På den södra väggen uppstod en horisontell finspricka ca 0,2 m från taket längs hela väggen.

I rum 2:2 förlängdes befintliga sprickor och ökade från härfina till fina.

De skador som uppstod i rum 2:3 östra väggen är en fortsättning av sprickan från rum 2:1 men fortsätter diagonalt över väggen.

Entréplan flygelbyggnadens mittdel (FM). I denna del har endast en tapetskada i rum 2:7 konstaterats.

Bottenvåning

Utan anmärkning

Övervåning

Utan anmärkning

I den södra fasaden har några sprickor ökat från fina till medelgrova.

På takets nordöstra del av flygelbyggnaden ramlade taktegel ner.

Synpunkter beträffande lyftning av stödmur (se pkt 4.5.1).

4.3.2 Salva 2 19/3-76 kl 14<sup>25</sup>

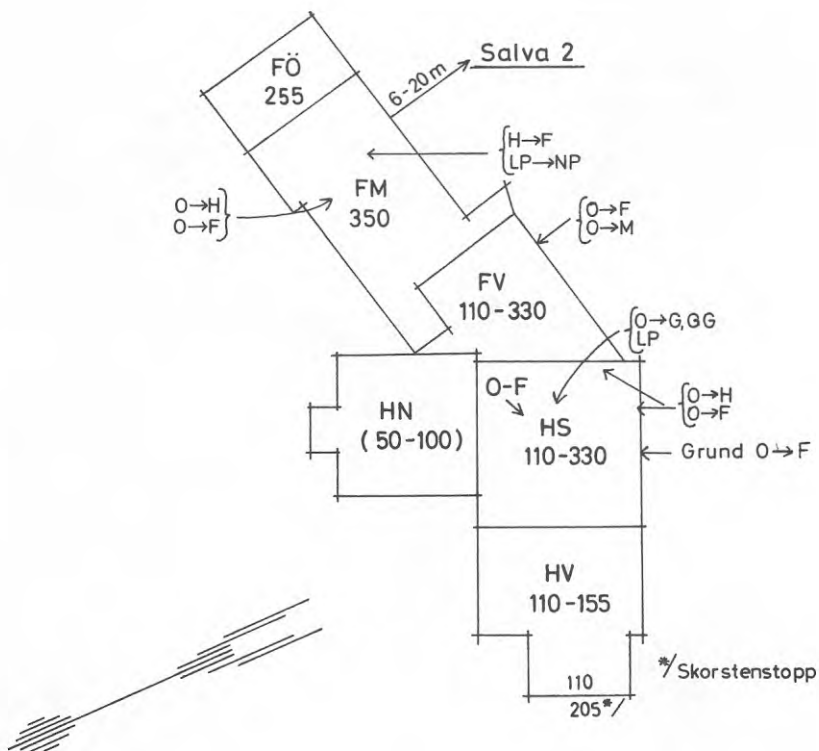
## Bergsprängning

Betongmur hoggjuten med husgrund sprängdes av ca 5 m från huset. Vid sprängningen användes int.nr 1 och 2. Dessa sprängkapslar initierades samtidigt med de övriga i salvan. 19 hål  $\varnothing 64$  mm. Börsättning 1,9 - 2,8 m. Hålavstånd 2,4 - 2,6 m. Håldjup 6 - 8,5 m. 194 kg Dynamex och 52 kg Nabit. Int.nr  $3\frac{1}{2}$  - 10. Största samverkande laddning 18kg, Dynamex viktstyrka. Horisontellt avstånd till mätpunkter 16 - 32 m.

Subjektiv bedömning vid  $v = 350$  mm/s och  $a = 18$  g.

Vibrationerna upplevdes mycket obehagliga. Betongdamm yrde ut ur väggar och bjälklag. Enstaka telefonlurar hoppade av telefonklykorna. Telefonväxeln gick sönder.

FIG. 11.2. visar uppmätt svängningshastighet  $v =$  mm/s (sannolika värden inom parentes) och skador i de olika delarna av huset. Skadebeteckningarna är desamma som i besiktningsprotokollet.



### Besiktning

Källarplan flygelbyggnadens västra del (FV)

I rum 1:8 tillkom fina och medelgrova sprickor i betongväggar. (se pkt 4.5.2).

Källarplan flygelbyggnadens mittdel (FM)

Ett fåtal befintliga sprickor ökade något samt att lös puts ramlade ner.

### Entréplan

I hela flygelbyggnaden på detta plan tillkom ett stort antal hårfina och fina sprickor.

Bottenplan huvudbyggnadens södra del (HS)

Mellan rum 3:6 och 3:7 har en horisontell grov genomgående spricka uppkommit. Putsen har lossnat på 0,3 meters bredd utefter sprickan som går mellan två dörrar. Mönstret utgör ett rutnät, och är lika på båda sidor av väggen. (se pkt 4.5.3).

I rum 3:6 har dessutom en serie hårfina till fina sprickor uppkommit på den östra och södra väggarna.

I rum 3:7 uppkom en grov spricka ovan dörr norra väggen. På den östra väggen i nedgången till rum 2:9 ökade befintlig hårfin spricka till grov. Ovan dörr uppkom en horisontell genomgående finspricka. På den västra väggen i rum 3:5 uppkom motsvarande horisontella genomgående finspricka (se pkt 4.5.4).

### Övervakning

Ingen anmärkning

På fasaden åt sydväst tillkom en finspricka under fönster i grundmuren. Övriga delar av fasaden utan anmärkning.

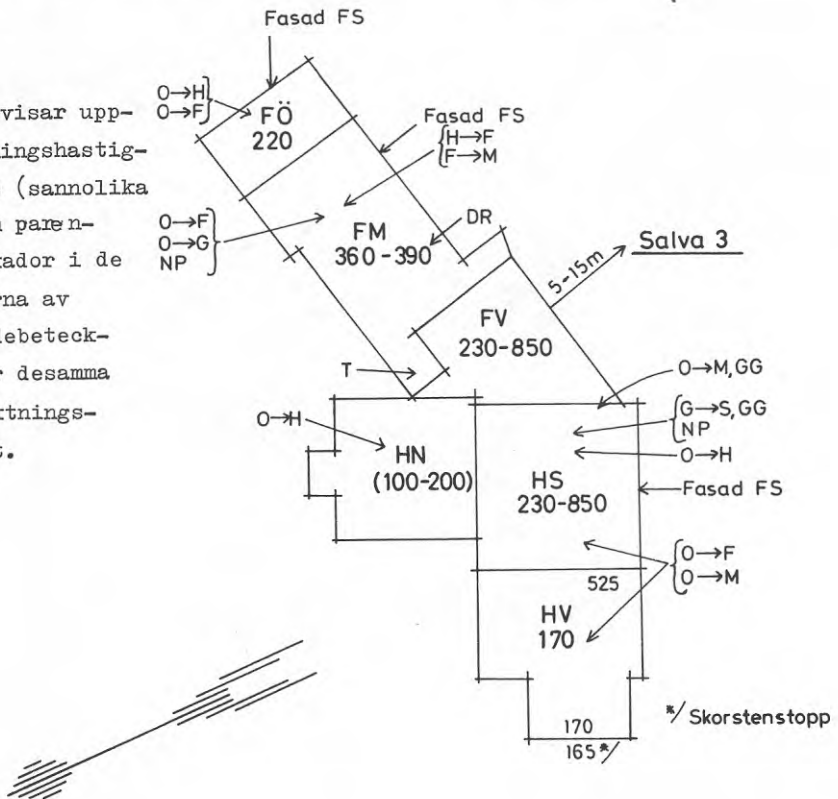
4.3.3 Salva 3 22/3-76 kl 14<sup>45</sup>

## Bergsprängning

18 hål  $\varnothing 64$  mm. Försättning 1,9 m - 2,5 m. Hålavstånd 1,9 - 2,5 m. Håldjup 8 - 12 m. 304,5 kg Dynamex och 75,5 kg Nabit. Största samverkande laddning 27 kg, Dynamex viktstyrka. Int.nr. 1 - 10. Horisontella avstånd till mätpunkter 15 - 28 m.

Subjektiv bedömning vid  $v = 390$  mm/s och  $a = 15$  g. Vibrationerna upplevdes som ytterst obehagliga. Stora mängder betongdamm yrde ut från väggar och bjälklag vilket bildade en tät dimma. Nästan samtliga telefonlurar i den södra delen av huset hoppade av telefonklykorna. En kopieringsmaskin i rum 2:10 hoppade av de träklotsar den var uppställd på. Glaskupor från lampetter föll ned. En bokhylla i rum 4:6 på övervåningen fäst i ytterväggen lossnade från konsolerna och ramlade ned. I samma rum intill mätpunkt 7 slungades fönstren upp dock utan att skadas.

FIG. 11:3. visar uppmätt svängningshastighet  $v =$  mm/s (sannolika värden inom parentes) och skador i de olika delarna av huset. Skadebeteckningarna är desamma som i besiktningsprotokollet.



## Besiktning

Källarplan flygelbyggnadens mittdel (FM)

Ett fåtal sprickor ökade i bredd.

I rum 1:3 uppkom en fin och en grov spricka i golvet.

I rummen 1:3, 1:6 och 1:7 tillkom några fina sprickor samt att tidigare lös puts ramlade ner.

Entréplan flygelbyggnadens östra del (FÖ)

Ett fåtal nya hårfina och fina sprickor har tillkommit.

Mittdelen (FM)

Dragning i tapeten i rum 2:5.

Entréplan huvudbyggnadens södra del (HS)

I väggen mellan rum 2:10 och 2:11 har en genomgående medelgrov spricka uppkommit.

Bottenvåning huvudbyggnadens södra del (HS)

Sprickan mellan rum 3:6 och 3:7 ökar samt putsnedfall.

I övrigt tillkommer några hårfina och fina sprickor samt att några av dom tidigare sprickorna ökar i bredd.

I den norra delen (HM) tillkom ett fåtal hårfina sprickor.

Övervåning huvudbyggnadens södra (HS) och västra (HV) delar.

I detta plan tillkommer endast fem stycken fina och två stycken medelgrova sprickor.

Vid denna salva har även skador i fasadens tegelfogar i fasaderna åt öster, söder och sydväst tillkommit.

I flygelbyggnadens mittdel nordvästra hörnet ramlade taktegel ner (ca 10 st).

4.3.4 Salva 4 24/3 - 76 kl 15<sup>50</sup>

## Bergsprängning

154 hål borrserie 11. Försättning 0,9 m. Hålavstånd 1,0 m. Håldjup 0,8 - 2,4 m. 35 kg Dynamex. Största samverkande laddning 2,5 kg, Dynamex viktstyrka. Int.nr. 1 - 14. Horisontellt avstånd till mätpunkter 34 - 67 m.

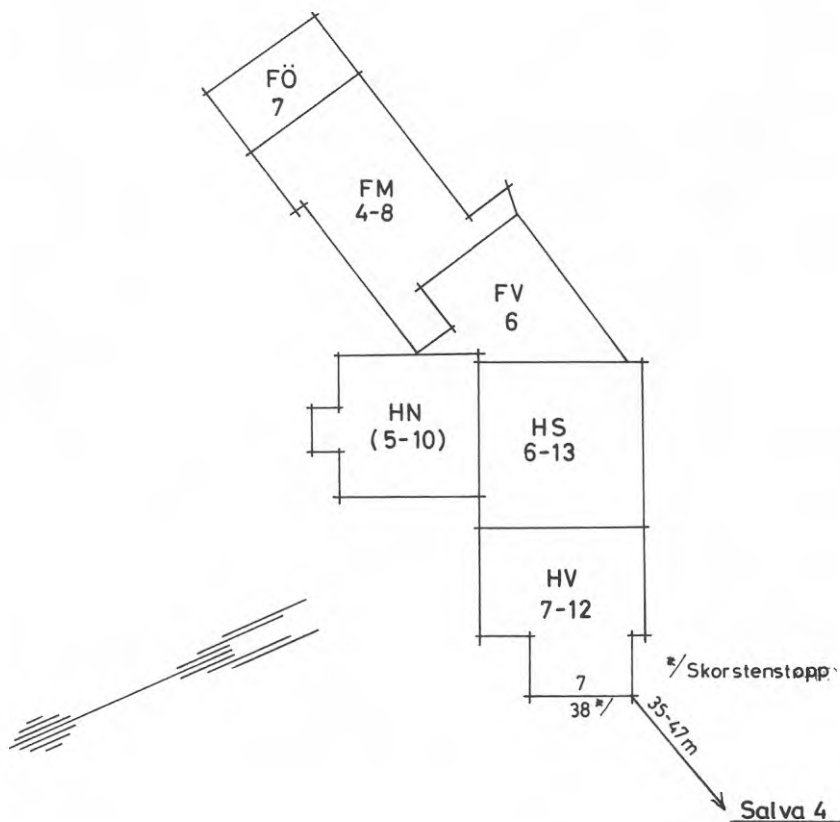
Subjektiv bedömning vid  $v = 4$  mm/s och  $a = 0,2$  g.

Vibrationerna upplevdes som klart märkbare.

## Besiktning

Vid besiktningen kunde några förändringar ej iakttagas.

FIG. 11.4. visar uppmätt svängningshastighet  $v =$  mm/s (sannolika värden inom parentes).



4.3.5 Salva 5 25/3-76 kl 13<sup>25</sup>

## Bergsprängning

30 hål  $\varnothing$  64 mm. 10 tätsömshål e-c 0,6 m  $\varnothing$ 51 mm

Försättning 1,5 - 1,7 m. Hålavstånd 1,7 - 2,0 m. Håldjup  
2,5 - 4 m. 75 kg Dynamex. Största samverkande laddning 5,5 kg,  
Dynamex viktstyrka. Int.nr. 1-14.

Horisontellt avstånd till mätpunkterna 24 - 56 m.

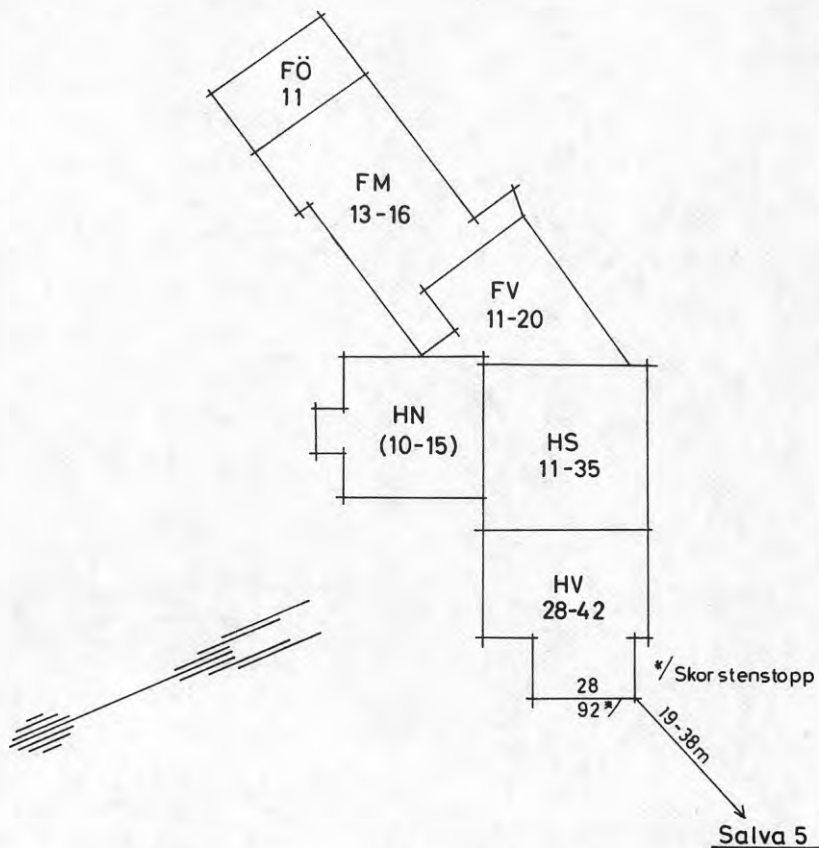
Subjektiv bedömning vid  $v = 10$  mm/s och  $a = 0,4$  g.

Vibrationerna upplevdes som klart märkbara.

## Besiktning

Vid besiktningen kunde några förändringar ej iakttagas.

FIG. 11:5 visar uppmätt svängningshastighet  $v =$  mm/s (sannolika värden inom parentes).



4.3.6 Salva 6 14/5-76 kl 15<sup>40</sup>

## Bergsprängning

19 hål  $\varnothing 64$  mm. 4 tätsömshål c-c 0,6 m  $\varnothing 51$  mm.

Försättning 1,2 - 1,3 m. Hålavstånd 1,4 - 1,6 m. Håldjup

4 - 11 m. 128,6 kg Dynamex 46,8 kg Nabit 2,4 kg Gurit.

Största samverkande laddning 12,2 kg, Dynamex viktstyrka.

Int.nr. 1 - 8 $\frac{1}{2}$ . Horisontellt avstånd till mätpunkterna

17 - 47 m.

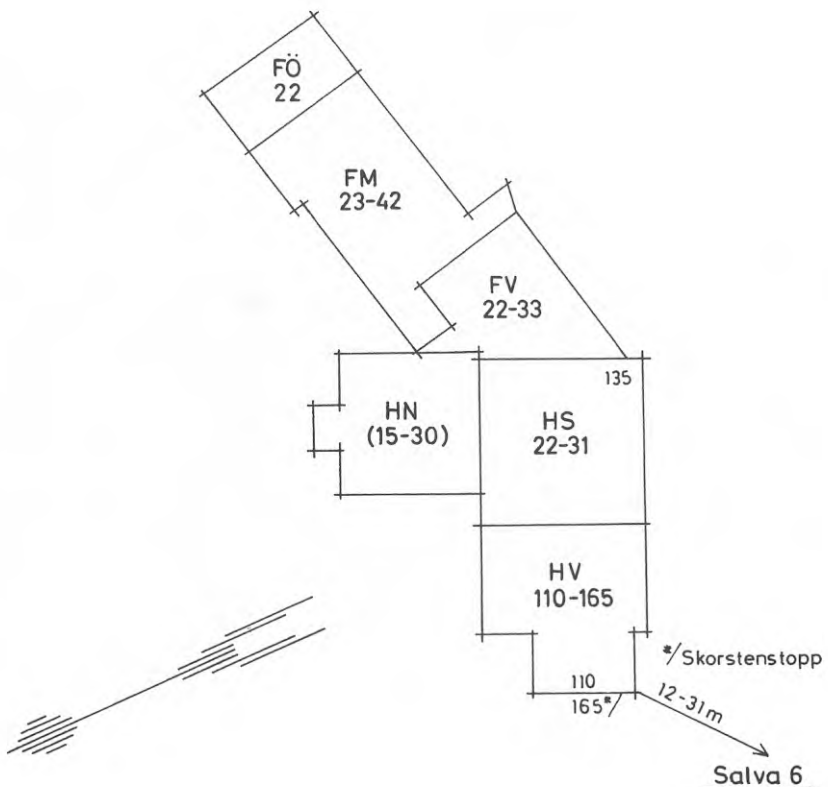
Subjektiv bedömning vid  $v = 23$  mm/s och  $a = 0,8$  g.

Vibrationerna upplevdes som irriterande.

## Besiktning

Vid besiktningen kunde några förändringar ej iakttagas.

FIG. 11:6. visar uppmätt svängningshastighet  $v =$  mm/s (sannolika värden inom parentes).





4.3.7 Salva 7 19/5-76 kl 16<sup>10</sup>

## Bergsprängning

17 hål  $\varnothing 64$  mm. Försättning 1,2 - 1,7 m. Hålavstånd 1 - 1,8 m. Håldjup 11 - 12 m. 200 kg Dynamex 35,5 kg Nabit. Största samverkande laddning 19,2 kg, Dynamex viktstyrka. Int.nr. 1 - 20. Horisontellt avstånd till mätpunkter 15 - 41 m.

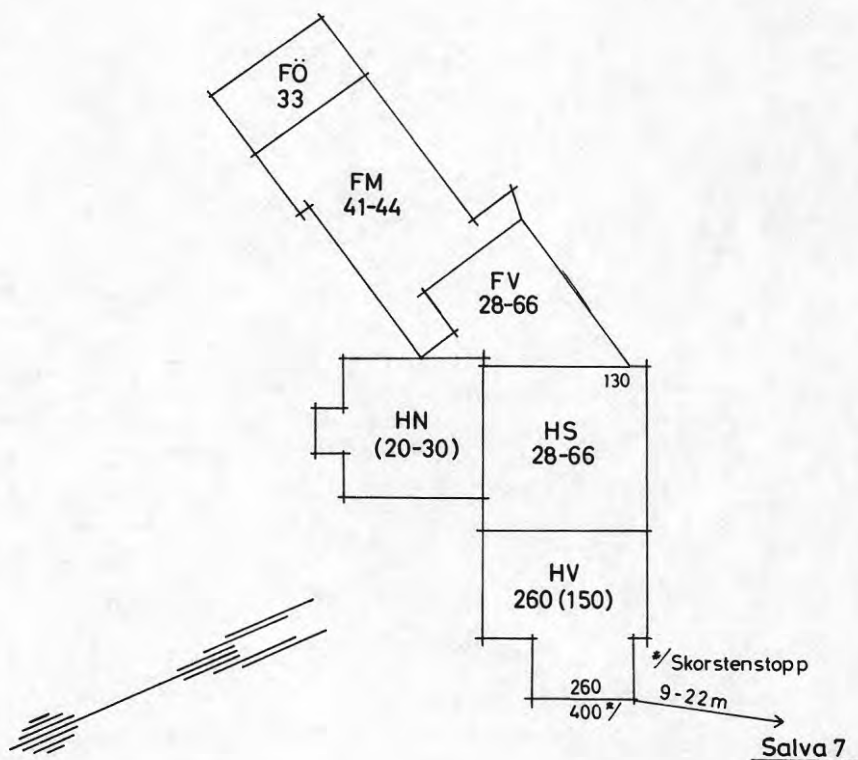
Subjektiv bedömning vid  $v = 41$  mm/s och  $a = 3$  g.

Vibrationerna upplevdes som obehagliga.

## Besiktningen

Vid besiktningen kunde några förändringar ej iakttagas.

FIG. 1:1. visar uppmätt svängningshastighet  $v =$  mm/s (sannolika värden inom parentes).



4.3.8 Salva 8 25/5-76 kl 15<sup>10</sup>

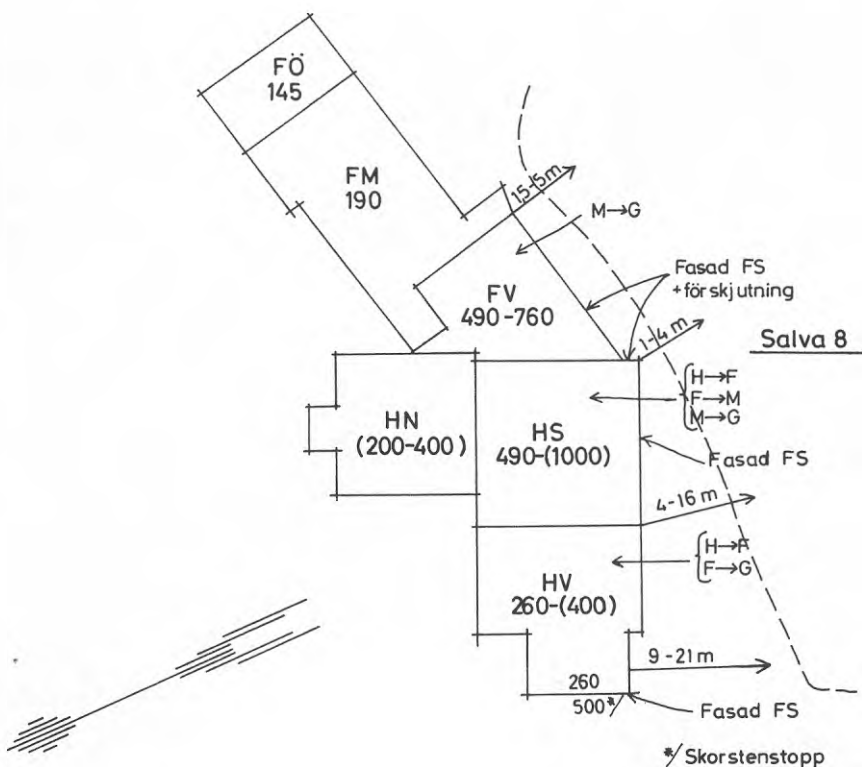
## Bergsprängning

29 hål  $\varnothing 64$  mm. Försättning 2,2 - 2,8 m. Hålavstånd 2,5 - 3,2 m. Håldjup 11 - 14 m. 750 kg Dynamex. Största samverkande laddning 32 kg, Dynamex viktstyrka. Int.nr. 1 - 20. Horisontellt avstånd till mätpunkter 14 - 31 m.

## Subjektiv bedömning

(Vid sprängningen vistades ingen i huset på grund av säkerhetsskäl.)

FIG. 11:8. visar uppmätt svängningshastighet  $v = \text{mm/s}$  (sannolika värden inom parentes) och skador i de olika delarna av huset. Skadebeteckningarna är desamma som i besiktningensprotokollet.



## Besiktning

Källarplan flygelbyggnadens västra del (FV)

Rum 1:8 ökade tidigare sprickor till grova samt förlängdes.

Entréplan huvudbyggnadens södra del (HS)

Tidigare sprickor ökade något

Bottenvåning huvudbyggnadens södra del (HS)

I denna del tillkom och ökade tidigare sprickor betydligt.

Övervåning huvudbyggnadens södra (HS) och västra delar (HV).

I dessa delar ökade ett fåtal sprickor något i bredd.

I fasader åt sydost, söder, sydväst och väst tillkom fogsprickor. I den södra och sydvästra fasaderna tillkom dessutom förskjutningar på ca en centimeter (se pkt 4.5.5).

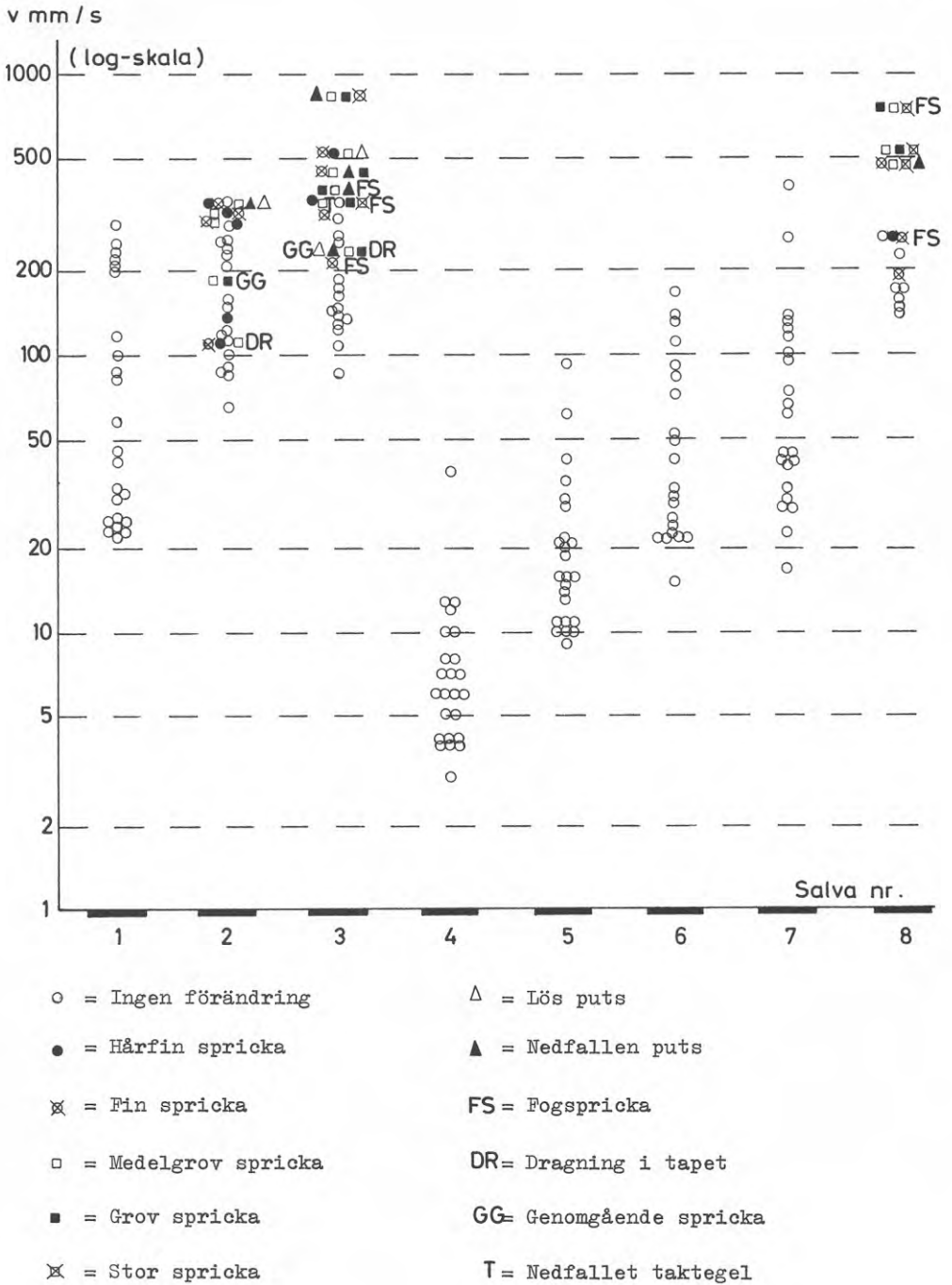


FIG. 12. Diagram svängningshastighet - skador.

#### 4.4 Markvibrationernas inverkan på murstockarna

##### 4.4.1 Egensvängningsfenomen

Vid mätningarna framkom att egensvängningsfenomen uppträdde i murstockarna. Dessa gör att de i botten inkommande vibrationerna ger upphov till högst varierande vibrationsvärden uppe i toppen på murstockarna.

Den 9 m höga murstocken i flygelbyggnaden, med MP 1 och 2 har mestadels ej kommit in i egensvängning utan vibrationerna dämpas som vanligt under sin väg upp i murstocken. Vid några låga inkommande svängningshastigheter har däremot en ökning av vibrationerna i toppen av murstocken kunnat konstaterats i egensvängningsområdet (25 - 35 Hz).

Den 6 m höga murstocken vid huvudbyggnadens västra gavel, reagerade däremot kraftigt i egensvängningsområdet (40 - 50 Hz). De vertikala vibrationerna blev betydligt kraftigare i skorstenstoppen än de i botten inkommande. Av tabell 2 framgår att vibrationernas svängningshastighet vid ett av de låga värdena blivit upp till 5 ggr större i murstockens överdel än vid dess fot. Normalt var dock ökningen av svängningshastigheten mellan 2 och 3 gånger.

Eftersom egenfrekvensen är relativt låg blir amplitudökningen stor i förhållande till ökningen hos svängningshastigheten. Amplitudökningen har vid ett tillfälle blivit 9 gånger större relativt den inkommande amplituden.

##### 4.4.2 Röktrycksprovning av murstockar

Före sprängningarnas igångsättning utfördes provtryckningar av de två nämnda murstockarna. Under sprängningsarbetets gång (efter salva 5) gjordes åter en provtryckning och efter salva 7 utfördes slutligen en sista provtryckning. Resultatet av provtryckningarna anges i skorstensfejarmästare Olof Henrikssons protokoll 76-05-26 (bilaga 3). Detta är dock något oklart formulerat varför kontakt tagits med Henriksson för vidare upplysningar. Här nedan följer ett återgivande och förtydligande av hans protokoll:

Murstocken i flygelbyggnaden (9 meters murstock):  
Vid provtryckningen före sprängningarna (76-03-01) visade det sig att murstocken var något otät där den passerade bjälklaget i nedre botten men ej värre än att den blev godkänd utan föreläggande. Vid provtryckningen efter salva 5 (76-04-01) hade rökkanalen blivit något otät även vid anslutningen till dörrkarmen i nedre botten. Skorstenskransen hade dessutom spruckit. I pannrummet uppstod stora otätheter runt en inmurad dragregulator, vilket orsakade ett föreläggande om reparation, men ej eldningsförbud (fig. 13).



FIG. 13. Inmurad dragregulator i murstock.

Vid provtryckningen 76-05-25 hade rökgenomsläppligheten ökat så att trycket vid provningen var svårare att hålla. Detta orsakade då ett föreläggande om reparation av sprickorna kring inmurad dragregulator vilket föranledde eldningsförbud.

Murstocken i huvudbyggnaden (6 meters murstock):

Vid provtryckningen före sprängningarna (76-03-01) förelåg ingen anmärkning.

Vid provtryckningen efter salva 7 (76-05-25) visade sig murstocken vara otät både i skiljetungor och bjälklagsgenomföringen samt ovan tak. Detta orsakade föreläggande om reparation dock ej eldningsförbud.

4.5 Skadeanalyser

Nedan har en del mer framträdande skador sammanställts med avseende på byggnadens geometri och konstruktion, synbarlig orsak o.s.v. Beträffande nivåer för svängningshastigheten vid de olika salvorna hänvisas till kap. 4.3.

## 4.5.1 Lyft av flygelbyggnadens östra gavel.

I samband med avtäckning av berget hade en befintlig stödmur under tillfarten till garaget östra delen tagits av i enlighet med vad som anges på figur 14.

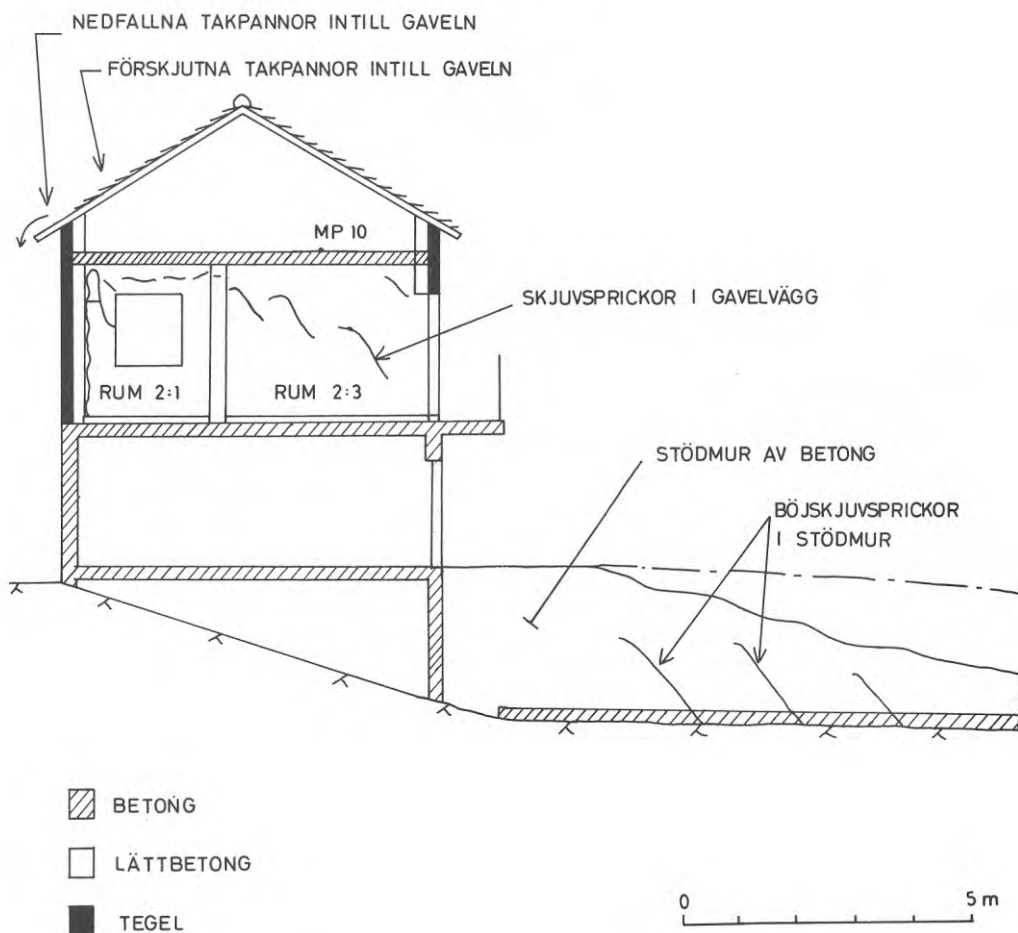


FIG. 14. Skiss av stödmur och östra gavelväggen efter salva 1.



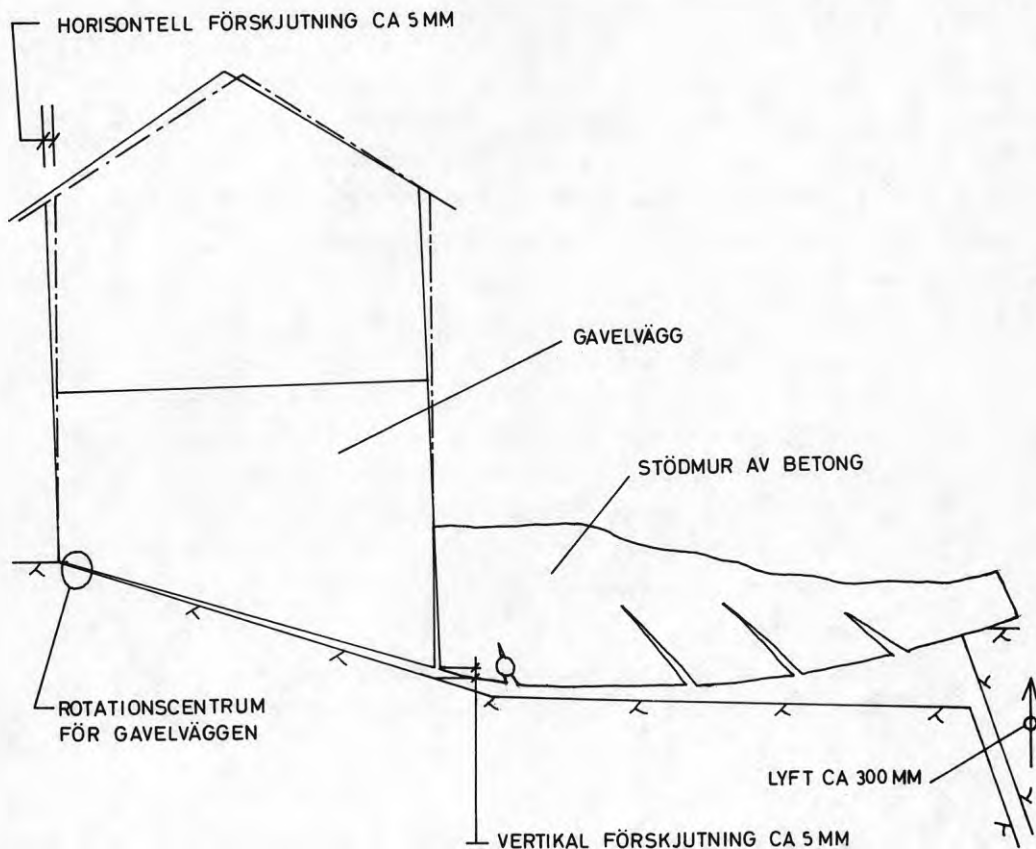


FIG. 15. Antagna förskjutningar av stödmur och östra gavelväggen vid salva 1 (för tydlighets skull har förskjutningarnas storlek skalmässigt överdrivits i figuren).

På grund av horisontella slag i berget lyftes stödmurens fria ände. Stödmuren var kraftigt armerad och ihopgjuten med fastighetens grundmur. Detta har medfört att stödmuren fungerat som en hävarm och åstadkommit en förskjutning i östra gavelväggen i form av en rotation kring bottenre nedre hörnet (se fig. 15). Tack vare mycket stora böjskjuvsprickor i stödmuren har den omnämnda lyftningsrörelsen som uppskattas till ca 0,3 m vid änden reducerats avsevärt vid själva hushörnet. Med ledning av bl a geometrin och uppmätt vertikal amplitud vid givaren på övre bjälklaget har rörelsen här uppskattats till minst ca 5 mm.

Om angivna antagande om läget för rotationscentrum hos gavelväggen är riktigt skulle detta ge en horisontell rörelse i höjd med övre bjälklaget av minst ca 5 mm (se fig 15) samtidigt som övre bjälklaget genom sin in-spänning i de övriga väggarna i huset förmodligen varit ganska låst mot horisontell förskjutning. Detta för-hållande kan förklara den sprickbildning som konstaterats och som i korthet kan beskrivas på följande sätt (jfr även 4.3.1).

Rum 2:1 (tidigare använt som badrum men omändrat och målat i samband med ombyggnad till kontor). Horisontell medelgrov till grov spricka ca 0,05 m från taket i norra väggen, ovanför sprickan lös puts som föreföll något för-skjuten utåt rummet i höjd med sprickan (se fig. 16). Horisontell fin till medelgrov spricka ca 0,2 m från taket i de östra och södra väggarna. På den östra väggen lös puts som vid senare sprängningar delvis föll ned (se fig. 17, 18).

Vertikal finspricka i nordöstra hörnet, samt ett antal hårfina sprickor i området mellan takhörnet och fönstret i östra väggen (se fig. 16).

Rum 2:2 befintliga sprickor ökade i längd.

Rum 2:3 sneda skjuvsprickor hårfina till fina i östra väggen, södra väggen uppvisar praktiskt taget inga förändringar beroende på väggens ringa styvhet i partierna ovanför garagedörr respektive balkongdörr. Ett par be-fintliga fina sprickor i grundmuren under södra fasaden ökade dock till medelgrova.

Slutligen kan nämnas att 5 st takpannor ramlade ner och ytterligare ett antal försköts vid det nordöstra hörnet, av taket. Orsaken härtill kan förmodligen härröras från den återgående rörelsen hos gavelväggen efter lyftet (jfr fig. 15).



FIG. 16. Rum 2:1 nordöstra hörnet efter salva 1.



FIG. 17. Rum 2:1 östra väggen efter salva 3.

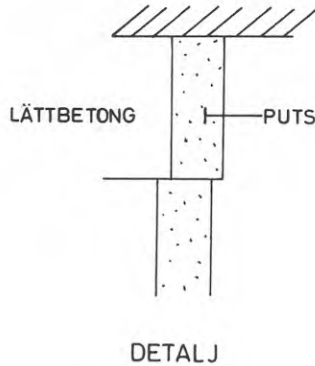
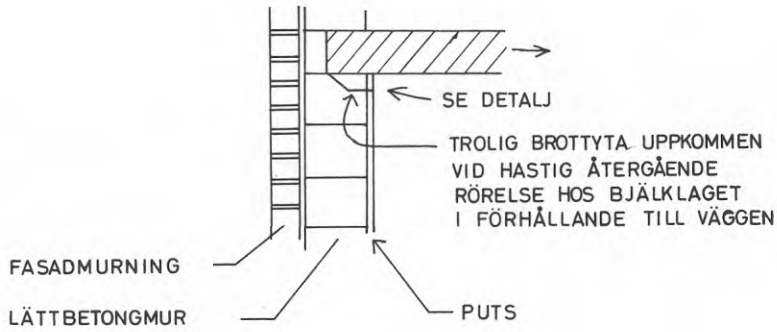


FIG. 18. Skiss av anslutning vägg-övre bjälklag i rum 2:1 efter skadans uppkomst.

#### 4.5.2 Skada i betongvägg

I samband med salva 2 uppstod en horisontell finspricka i källarväggen, utgående från bergklack (se fig. 19, 20). Den vidgades vid salva 3 och 8 till en grov spricka. Även mellan bergklacken och betongväggen uppstod en vertikal spricka av ungefär samma storleksordning. Skadan kan hänföras till lyftning av bergklacken på grund av gstryck i underliggande slag (avstånd från närmsta borrhål ca 10 m).

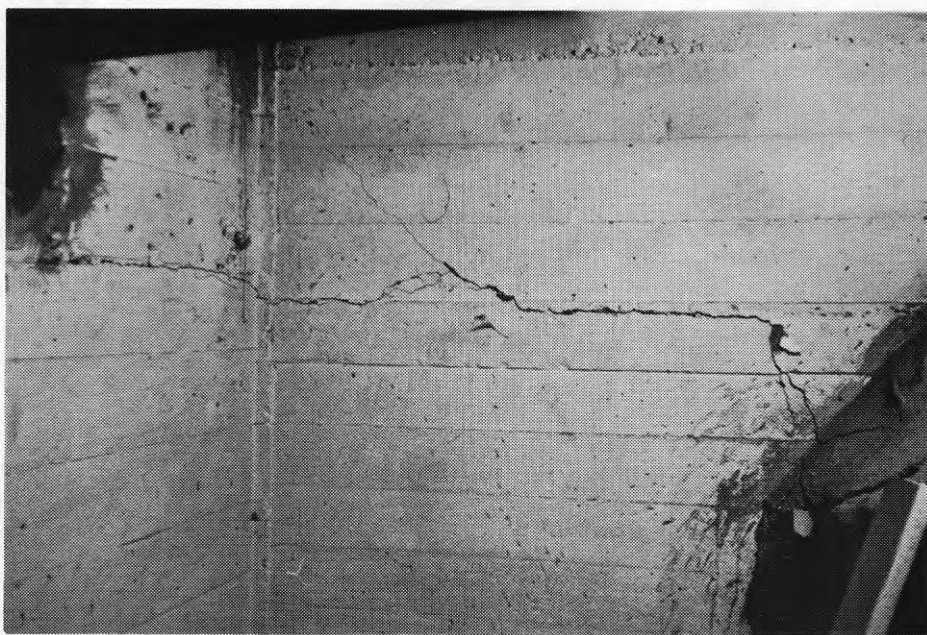


FIG. 19. Rum 1:8 sydöstra hörnet sprickor efter salva 3.

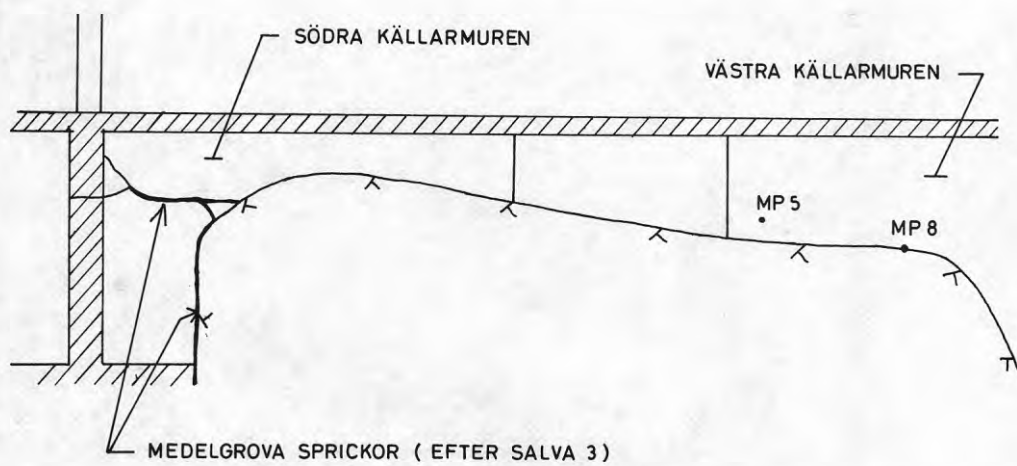


FIG. 20. Rum 1:8 skiss över södra och västra källarmurarna.



#### 4.5.3 Skada i mellanvägg rum 3:6 och 3:7

Väggen mellan rummen 3:6 och 3:7 utgjordes på delen mellan de två dörrarna av betong upp till 0,6 m över golv och däröver av lättbetong med mellanlägg av två lager asfalt-papp (se fig. 21, 22). Väggen var putsad, tapetserad och målad och uppvisade inga skador vid förbesiktningen. Vid salva 2 uppstod ett karakteristiskt sick-sackformat sprick-mönster på båda sidor om väggen i höjd med den ovan be-skrivna fogen. Vid salva 3 ökade sprickorna och lös puts ramlade ned (se fig. 23, 24). Skadan beror på horisontell förskjutning mellan de olika byggnadsmaterialen. Av kon-struktionsritningarna framgår nämligen att väggens undre del utnyttjas som bärande element i form av en balk hop-gjuten med det undre betongbjälklaget, medan den övre delen av lättbetong är förankrad i det övre bjälklaget. Om dessa två bjälklag får olika horisontella rörelser är det natur-ligt att anta, att förskjutning kommer att uppstå i den svaga punkt som fogen med asfaltpappinlägget utgör. Att husets olika konstruktionsdelar haft svängningsrörelser med helt olika karaktär framgår också klart vid en jäm-förelse mellan registreringarna från de olika mätpunkterna.



FIG. 21. Rum 3:6 norra väggens stomkonstruktion frilagd efter sista salvan.

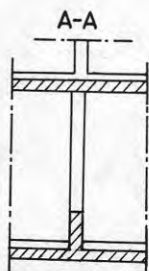
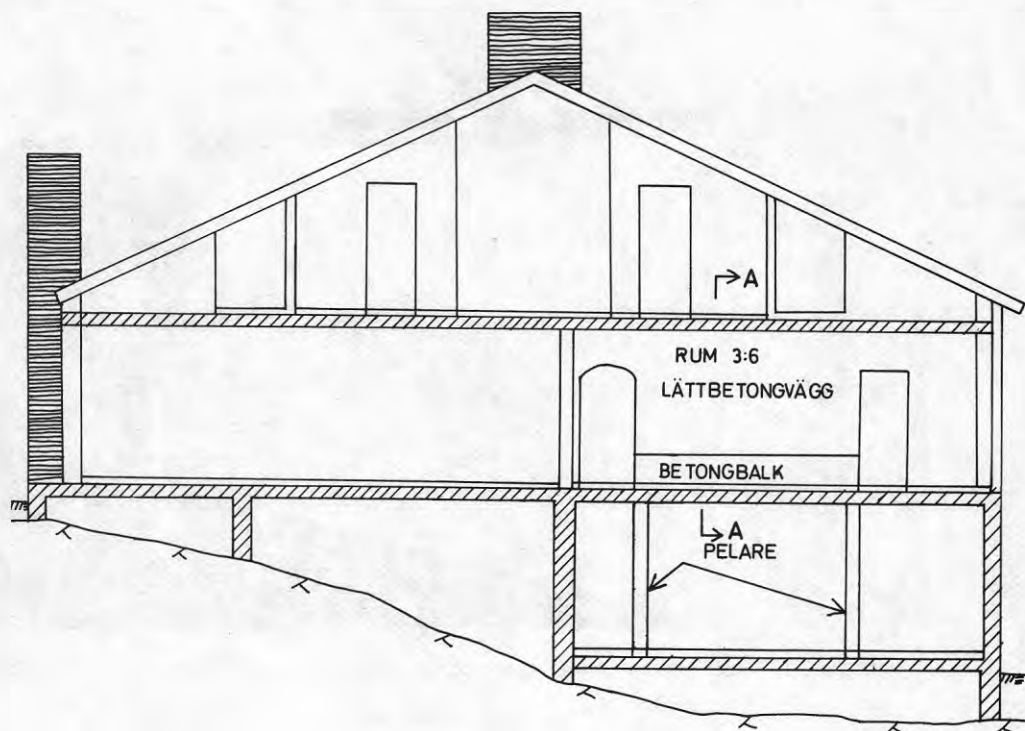


FIG. 22. Sektioner genom huvudbyggnad visande väggkonstruktionen mellan rum 3:6 och 3:7.

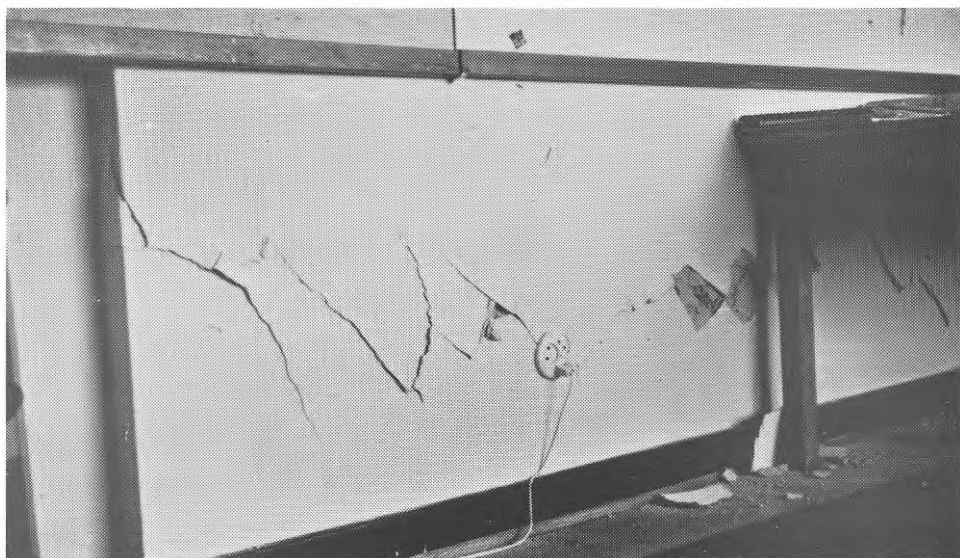


FIG. 23. Rum 3:6 norra väggen sick-sack-format sprickmönster efter salva 3.



FIG. 24. Rum 3:7 södra väggen sick-sack-format sprickmönster efter salva 2.



För att illustrera uppkomsten av denna typ av tapetsprickor gjordes sedemera ett enkelt försök enligt fig. 25. Ett tapetstycke klistrades över tre tråklossar, dock saknades klister på de närmsta en å två centimetrarna ifrån kanten. På de oklistrade partierna uppstod vid ett par millimeters förskjutning mellan klossarna kraftiga veck i 45°-riktningen och vid brott bildades sedan ett rutformat sprickmönster.

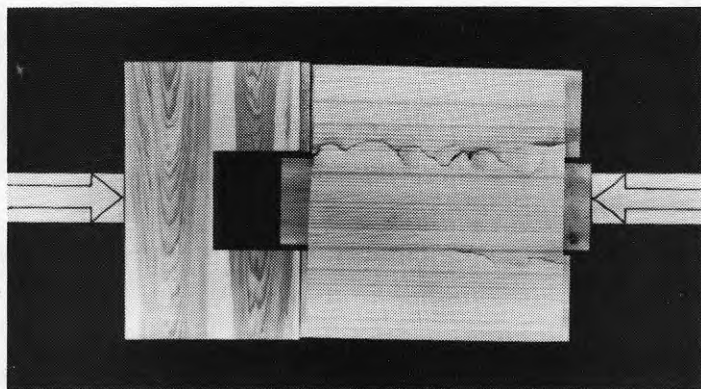


FIG. 25. Sick-sack-format sprickmönster i tapet åstadkommet genom förskjutningsförsök.

#### 4.5.4 Skador i den sydöstra delen av huvudbyggnad

I huvudbyggnadens sydöstra del uppstod vid sälvorna 2,3 och 8 skador som påminner om dem som redovisats i punkt 4.5.1 "Lyft av östra delen" och punkt 4.5.2 "Skada i betongvägg rum 1:8".

Skadorna kan i korthet beskrivas på följande sätt:

På den södra väggen i rum 3:6 kunde vid förbesiktningen inga skador konstateras. Vid salva 2 uppstod här fina till fina snedsprickor på båda sidor om fönstret, vilka vid salva 3 ökade till grova och även fick sin motsvarighet i form av fina till medelgrova sprickor i fasadens tegelmurverk. Vid salva 8 ökade sprickorna ytterligare både på ut- och insidan av väggen.

En i källarmuren under östra delen av nämnda vägg befintlig finspricka ökade vid salva 8 till stor, samtidigt som ytterligare en stor spricka uppträdde alldeles intill hörnet. Båda dessa hade sin fortsättning i var sin stor spricka i det underliggande berget (se fig. 26).

På den östra väggen i rum 3:6 uppstod vid salva 2 en horisontell hårfin spricka i närheten av taket längs hela väggen. Vid salva 3 utökades sprickbilden med hårfinna snedsprickor ovanför densamma.



FIG. 26. Sprickor i berg och grundmur vid huvudbyggnadens sydöstra hörn efter sista salvan.

I rum 3:5 östra och södra väggarna uppstod likartade horisontella sprickor i närheten av taket. I väggen mellan rum 3:5 och 3:7 uppkom ett mönster av genomgående fina till medelgrova sprickor (se fig. 27, 28, 29) som mycket påminner om det tidigare beskrivna i östra väggen rum 2:1 (jfr 4.5.1).

I nedre norra delen av nämnda vägg ökade en befintlig horisontell hårfin spricka vid salvorna 2 och 3 till medelgrov samtidigt som en parallell hårfin spricka uppkom ca 100 mm där under, (se fig. 29, 30). Av figur 29 framgår att dessa sprickor uppkommit vid en övergång från betong till lättbetong.

Vid salva 2 föll ett antal takpannor ner från flygelbyggnadens nordvästra hörn (intill huvudbyggnadens östra gavelvägg).

Den totala skadebilden indikerar att partiet kring huvudbyggnadens sydöstra hörn utsatts för vertikala förskjutningar uppenbarligen uppkomna i samband med lyftning av ett lokalt parti av berggrunden på grund av gastyck i slag i berget.

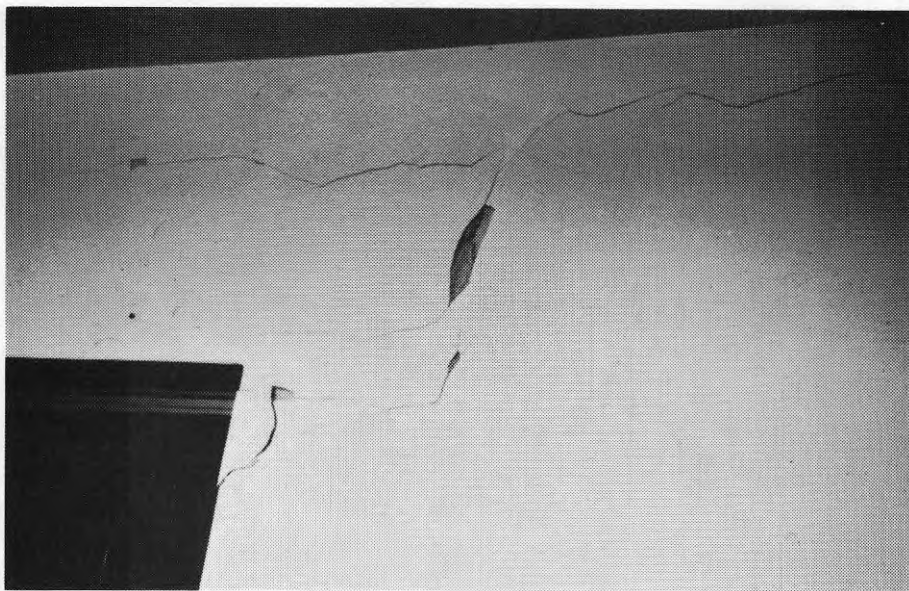


FIG. 27. Rum 3:5 genomgående finsprickor i västra väggen efter salva 3.



FIG. 28. Rum 3:7 genomgående finsprickor i östra väggen efter salva 3.

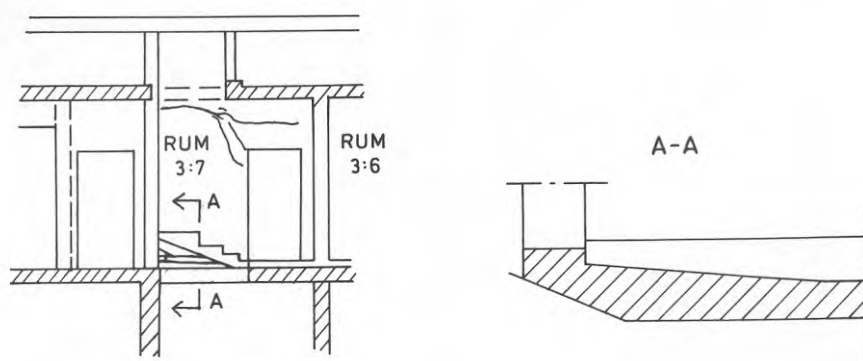


FIG. 29. Sektioner utvisande vägg mellan rum 3:5 och 3:7 efter salva 3.

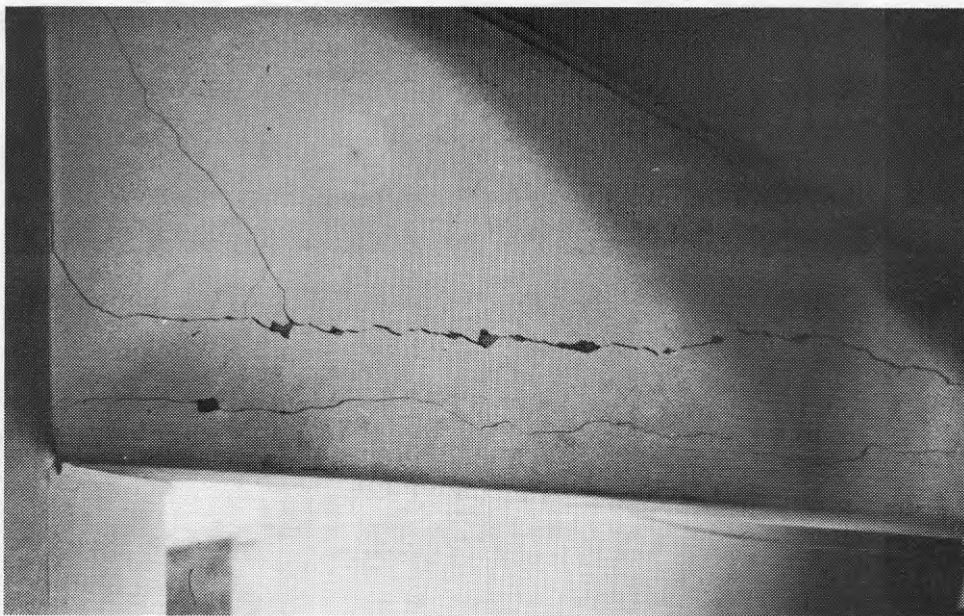


FIG. 30. Sprickor vid övergång mellan betongbjälklag och lättbetong i väggen mellan rum 3:5 och 3:7 efter salva 3.

#### 4.5.5 Skador i fasaden

Vid förbesiktningen konstaterades horisontella släppor i murverket över de större fönstren i sydvästra fasaden (ca 4 m spännvidd, se fig. 31). Orsaken var dålig kramling vilket får betecknas som ett mycket vanligt fenomen i dylika fasadmurningar. Skadorna ökade något i omfattning vid salva 8.

Vid ett par ställen observerades att fasadmurningen förskjutit sig utåt ca 10 mm i förhållande till grundmuren, uppenbarligen beroende på bristfällig kramling (se fig. 26,32).



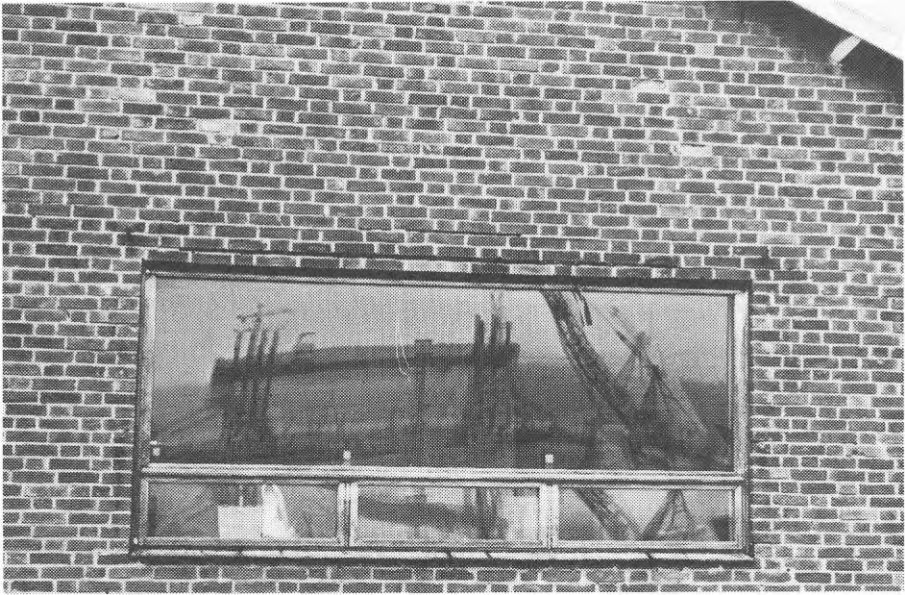


FIG. 31. Sydvästra fasaden, observera släpporna i tegel-  
skiftet ovanför fönsteröppningen.

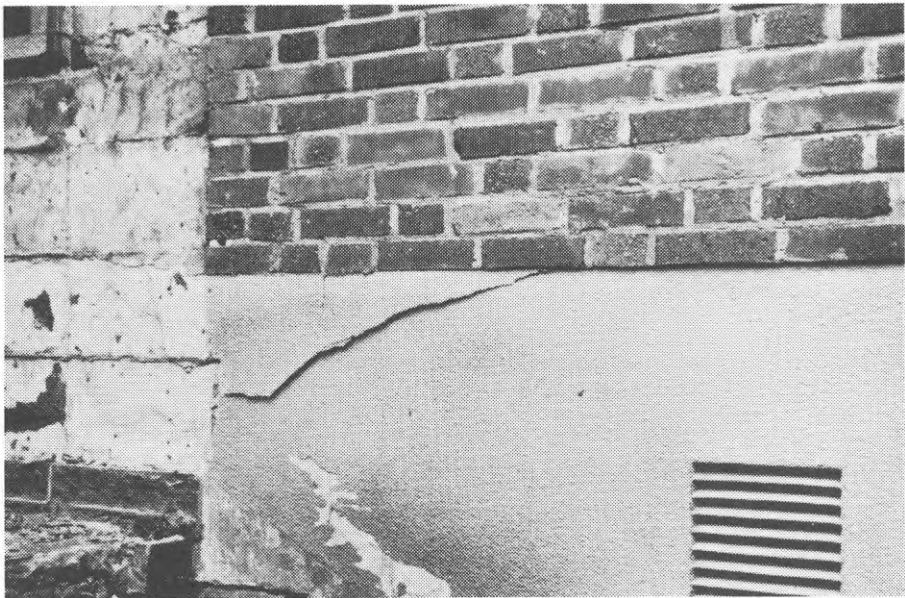


FIG. 32. Södra fasaden. Förskjutning utåt av fasadmur-  
ningen i förhållande till grundmuren.

## 5 Slutsatser

### 5.1 Skador vid vibrationsnivåer

Vid svängningshastigheten  $v = 110$  mm/s började de första skadorna att uppkomma. Skadorna bestod av ett flertal hårfina till fina sprickor samt några medelgrova (exempel se pkt 4.5.4 fig. 29 och 30).

Vid  $v = 185$  mm/s uppstod ytterligare skador varav en större horisontell genomgående spricka i en fog mellan två olika material (se pkt 4.5.3) samt en grov spricka i lättbetong.

Vid  $v = 230$  mm/s erhöles putsnedfall och genomgående sprickor. Många av de tidigare uppkomna skadorna förvärrades.

Huvudbyggnadens sydöstra hörn har lokalt utsatts för svängningshastigheter på upp till 1000 mm/s, utan att skador uppkommit som äventyrar husets bestånd (se pkt 4.5.4 och 4.5.5 samt fig. 26). Skadorna var ej värre än att huset borde ha kunnat återställas i beboeligt skick utan alltför stor reparationsinsats.

### 5.2 Egenfrekvensens inverkan på vibrationsfrekvensen i olika konstruktionsdelar

Oberoende av inkommande vibrationsfrekvens, uppkom vibrationer i mätpunkt MP 10 (flygelbyggnadens övre bjälklag) vars vertikala komponent hade frekvenser mellan 32 och 41 Hz. Bjälklaget där MP 10 satt hade tidigare genom uppmätning konstaterats ha en egenfrekvens på 37 Hz (se pkt 3.3.4). Detta tyder på att de olika konstruktionsdelarna i byggnaden lätt råkade i egensvängning och att denna i huvudsak bestämmer vibrationernas frekvens. Orsaken till att så olika frekvenser har registrerats vid de olika mätpunkterna berodde då troligtvis på egenfrekvensens inverkan.

### 5.3 Svaga konstruktionsdelars känslighet mot vibrationerna

Försökshuset hade en komplicerad konstruktion som medförde en del ovanliga konstruktionslösningar. Detta innebar, trots ett exklusivt byggnadssätt, att konstruktionen hade flera klart svaga partier med dålig motståndsförmåga mot vibrations-skador. De konstaterade skadorna uppstod också nästan uteslutande i dessa svaga partier.

#### 5.4 Vibrationernas inverkan på husets olika delar och konstruktionsdelarnas inbördes rörelser

Salvornas relativt stora håldjup gjorde att huvuddelen av sprängämnet kom att befinna sig betydligt under husets grundläggningsnivå. De varierande horisontella avstånden (1 - 45 m) mellan salvorna och huset gjorde att vibrationerna fick en mycket varierande infallsvinkel och riktning in i huset. Vibrationens vidare utbredning upp genom husets olika delar har därmed blivit komplicerad att följa. Det stora antalet mätpunkter gjorde det möjligt att bestämma vibrationernas inverkan på husets olika delar och konstruktionsdelarnas inbördes rörelser. Murstockarna var lättare att kontrollera emedan dessa hade en mer enhetlig konstruktion.



## LITTERATURFÖRTECKNING

- Crandell, F.J., Ground vibration due to blasting and its effect on structures. J. Boston Soc. Civil Ingrs. 36, 1949.
- Duvall, W. I. and Fogelson, D.E., Review of criteria for estimating damage to residences from Blasting vibrations U.S. Bureau of Mines reports of investigations 5968, 1962.
- Edwards A. T. and Nortwood, T. D., Experimental studies of the effects of blasting on structures. *The Engineer*, 210, 1960.
- Heltzen A. M. Kontoret for Fjellsprengningsteknikk Teknologiske Förlag Oslo 1974.
- Lande - Jonasson, en inventering av utländska vibrationsnormer. Bjerking Ingenjörbyrå, Uppsala 1974.
- Langefors U, Westerberg H. och Kihlström B. Skadeverkan av markvibrationer vid sprängning. Jernkontorets Annaler 140, Stockholm 1956.
- Langefors - Kihlström, Rock Blasting, Almqvist & Wiksell, Stockholm 1963.
- Nicholls, H.R. and others. Blasting vibrations and their effects on structures. 105 p., Washington 1971, Bureau of Mines, Bulletin 656, U.S. Department of the interior.
- Nilsson R. Nya markskakningsinstrument samt internationella markskakningsnormer. Bergsprängningskommitténs Protokoll Stockholm 19 februari 1974.

## FASTIGHETSBEIKTNING

<b>BESIKTNINGS PROTOKOLL</b>		Litt. NCGF 147:1	
Fastighetsägare  Uddevalla Kommun		Fastighetebeteckning	
Adress		Ort Uddevalla	
Postadress		Besiktningsobjekt Villa Kasen	
Telefon bostaden	Telefon arbetet	Besiktningsomfattning Hel	
<b>FASTIGHETSUPPGIFTER</b>			
Byggnadsår	Markslag Berg	Grundläggningsätt	Bjälklagsmaterial Betong
Stommaterial Betong	Fasadmaterial Tegel	Taktäckningsmaterial Tegel	Om- eller tillbyggnadsår
Anm. ....			
Anledning till besiktning			
Byggherre		Entreprenör	
Kontaktman  Telefon		Kontaktman  Telefon	
<b>NÄRVARANDE VID BEIKTNINGEN</b>			
Förbesiktning		Mellanbesiktning	
Datum 760312	Datum	Datum	
För fastighetsägaren			
För beställaren			
För entreprenören			
För Nitro Consult AB			
Kai Eklund			

Besiktningen har utförts för att fastställa fastighetens tillstånd och för att framledes kunna bedöma i vilken mån fastigheten ev. skadats av ovan nämnda arbeten.

Uppgifterna om fastigheten är vanligen erhållna genom samtal med fastighetsägaren eller dennes ombud.

I den händelse skador uppstår på fastigheten, som kan vara orsakade av ovanstående sprängningsarbeten skall fastighetsägaren eller dennes ombud omedelbart anmäla skadan till arbetsledningen på platsen och till Nitro Consult AB.

Detta protokoll har framställts i ..... exemplar och tillställts ovannämnda parter enl. följande: Fastighetsägare ..... ex.,

Byggherre ..... ex., Entreprenör ..... ex., ..... ex., ..... ex.

Ev. fotografier arkiveras av Nitro Consult AB för att användas vid efterbesiktningen.

REGISTER	Sida
Register-, rumsbenämning, begrepps- och teckenförklaring .....	<u>1</u>
Plan med rumsindelning för orientering. Rumsnummer eller -benämningar återfinnes på rumsbesiktningsbilagor .....	<u>2-3</u>
Rumsbesiktningsbilagor .....	<u>4-8</u>
Fasadskisser där anteckningar görs enligt samma mönster som på rumsbesiktningsbilagor .....	<u>9-11</u>
Utlåtande från skorstensfejarmästare .....	_____
_____	_____
_____	_____

Rumsbenämning		Begrepps- och teckenförklaring			
Symbol	Betydelse	Symbol	Betydelse	Symbol	Betydelse
A	Arbetsrum	O	Ingen anmärkning	X	Spräckt platta
B	Badrum	B	Bomt material	K	Kakel
D	Dusch	AV	Anvianing till skada	GR	Gropar
E	Entré	L	Lagning	BL	Blåsbildningar
F	Förråd	KR	Krackelering	LP	Lös puts
G	Gillestuga	VS	Vattenskada	PL	Plattor lösa (antal)
GA	Garage	H	Hårfin spricka (< 0,5 mm)	SER	Serie (antal i samma riktning löpande sprickor)
H	Hall	F	Fin spricka (0,5-1,0 mm)	NAT	Nätverk (antal varandra korsande sprickor)
HO	Hobbyrum	M	Medelgrov spricka (1,0-2,0 mm)	SL	Stenar lösa (antal)
K	Kök	G	Grov spricka (2,0-4,0 mm)	LB	Lös betong
KA	Kapprum	S	Stor spricka (> 4,0 mm)	NB	Nedfallen betong
KL	Klädkammare	GG	Genomgående spricka	FS	Fogsprickor
KO	Korridor	T	Tapetskada	<input checked="" type="checkbox"/> i, y, b	Spräckt fönsterruta, inner, ytter, båda
M	Matkällare	⊗	Avflagnig	DR	Dragning i tapet eller väv
MA	Matrum	NP	Nedfallen puts	DD	Delvis dolt
P	Passage	↑ ↘	Spricka i smyggar	D	Dolt
PA	Pannrum	SS	Spruckna snickeri- eller plattskarvar	STV	Spräckt tvättställ
S	Sovrum	SN	Markerar snickerielement	SWC	Spräckt wc-stol
SV	Svale	TS	Torksprickor i trämaterial		
T	Tvättstuga	<input type="checkbox"/>	Skymd yta		
TO	Torkrum	<input checked="" type="checkbox"/>	Yta som saknas		
TR	Trapphus	P	Panel		
TV	Tvätttrum				
V	Vardagsrum				

### Anmärkningar

Besiktningen omfattar endast vid besiktningstillfället tillgängliga utrymmen.

Ytor och markeringar återges ej skalenligt.

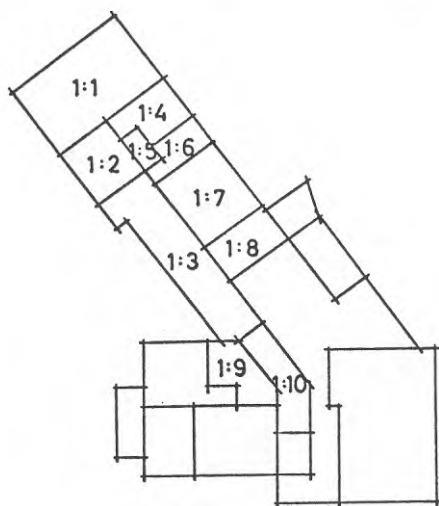
Samtliga markeringar är symboliska.

Sprickors längd och bredd är uppskattade.

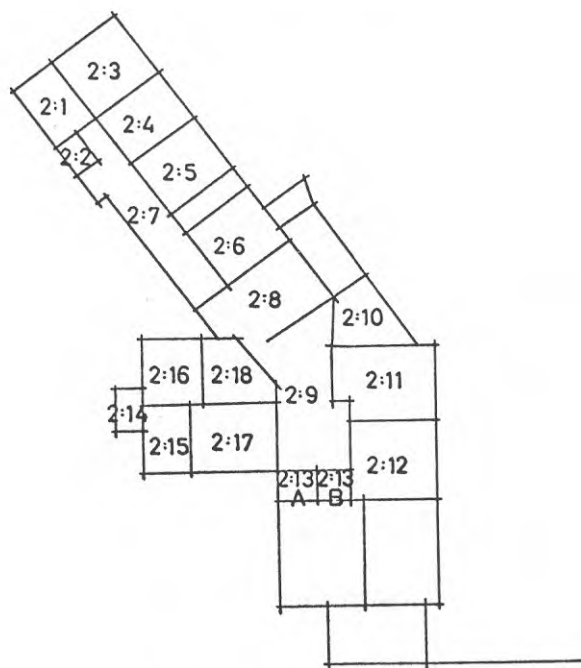
Antalet H-sprickor kan avvika från verkliga förhållandet.

Färgkod: Blått eller svart = förbesiktning  
Grönt = mellanbesiktning  
Rött = efterbesiktning

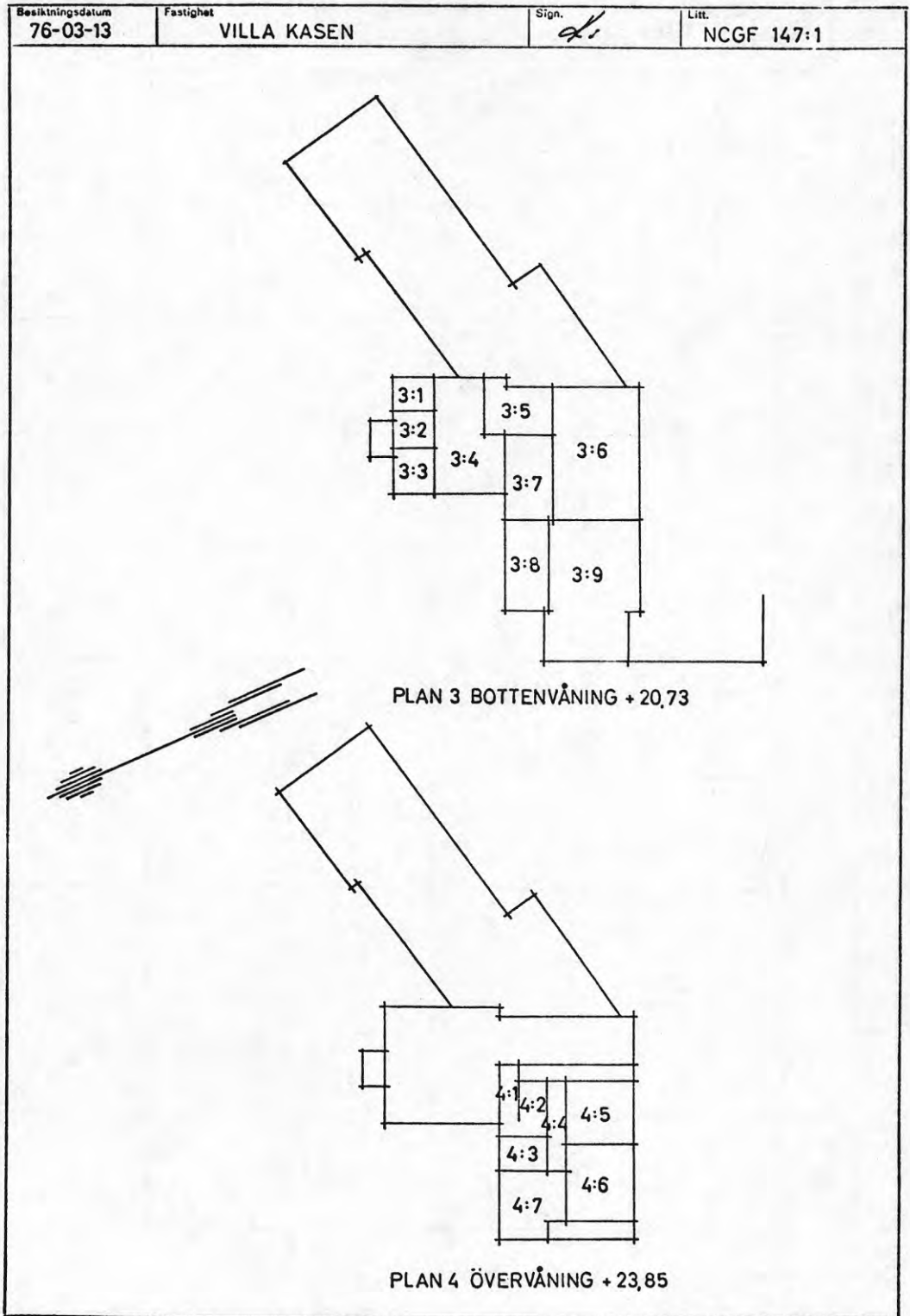
Besiktningens datum 76 03 13	Fastighet VILLA KASEN	Sign. <i>[Signature]</i>	Lit. NCGF 147:1
---------------------------------	--------------------------	-----------------------------	--------------------




PLAN 1 KÄLLARVÅNING +15,60



ENTREPLAN +18,05



Besikningsdatum 76-03-12		Fastighet VILLA KASEN			Sign. 	Litt. NCGF 147:1
Rum	Tak norr	Väggar				Golv norr
		norra	östra	södra	västra	
1 1:1	H-NÄT 	H-NÄT 	H-NÄT 	SER H 	H-NÄT 	F 
2 1:2	O 	H 	H 	H 	H-NÄT 	O 
3 1:3	H-F H H-NÄT 	H-F H H-NÄT 	H 	H H-F F H H 	AV 	O 
4 1:4	P 	P 	H-F H-NÄT 	P 	P 	H-F H-NÄT 
5 1:5	O 	O 	O 	O 	O 	O 
6 1:6	H H 	H H 	H-F H-NÄT 	H-NÄT 	H H H H H 	H-NÄT 
7 1:7	H H 	H H 	DD NF H H 	H H H H 	H H H H 	O 
8 1:8	O 	SER M H-F 	F 	O 	F M 	O 
9 1:9	O 	O 	H 	H 	F H H 	O 
10 1:10	F-M 	H H 	H-NÄT 	H-NÄT 	H H H H 	O 
Anm. ....						

Besikningsdatum 76-03-12		Fastighet VILLA KASEN			Sign. 	Litt. NCGF 147:1
Rum	Täk norr	Väggar				Golv norr
		norra	östra	södra	västra	
1						
2:1	O			O		O
2						
2:2	O					O
3						
2:3	O					O
4						
2:4	O					O
5						
2:5	O					O
6						
2:6						O
7						
2:7	O					O
8						
2:8						O
9						
2:9						O
10						
2:10	O					O

Anm. ....



Besiktningdatum		Fastighet			Sign.	Litt.		
76-03-12		VILLA KASEN				NCGF 147:1		
Rum	Tak norr	Väggar				Golv norr		
		norra	östra	södra	västra			
1								
2:11	O	O				O		
2			O			DD AV DD	O	
2:12								
3						AV AV	H	SWC
2:13								
4								
2:13		O	O			AV LBoP NBoP	O	
5							O	
2:14								
6							H	
2:15								
7								
2:16	O						O	
8	*		O	O			H-F	O
2:17								
9	O					H	H NÄT	
2:18								
10	O	O	O	O	O	O	O	

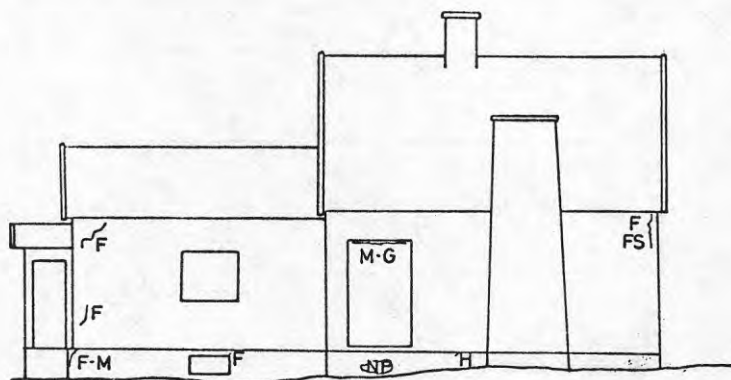
Anm. ....

Besiktningens datum 76-03-11		Fastighet VILLA KASEN			Sign. <i>[Signature]</i>	Lit. NCGF 147:1
Rum	Tak norr.	Väggar				Golv norr
		norra	östra	södra	västra	
1						O
3:1		K ICR	X PLI	X		O
2	O					O
3				SS	SS	H
3:3						H
4						O
3:4		LP				O
5	O					O
3:5	O					O
6	O			H-F		O
3:6	O		NP HNF			O
7						O
3:7	NB			LP	AV LP NP	O
8				O		O
3:8				O		O
9			O			O
3:9	P	P	O	P	P PL	O
10						O

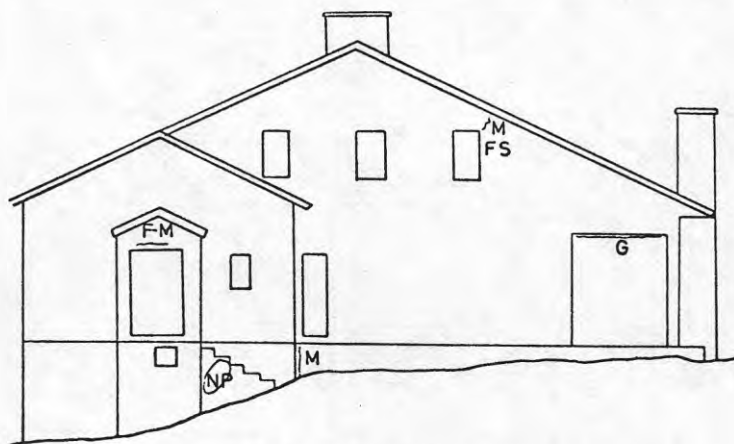
Ann.

Besiktningens datum 76-03-11		Fastighet VILLA KASEN		Sign. <i>[Signature]</i>	Litt. NCGF 147:1	
Rum	Tak norr	Väggar				Golv norr
		norra	östra	södra	västra	
1 4:1			O			O
2 4:2			O			O
3 4:3						SWC PL-4
4 4:4	O		O			O
5 4:5						O
6 4:6	O					O
7 4:7			O	O	SS (F)	O
8						
9						
10						
Anm. ....						

Besiktningens datum 76-03-12	Fastighet VILLA KASEN	Sign. <i>K.</i>	Litt. NCGF 147:1
---------------------------------	--------------------------	--------------------	---------------------

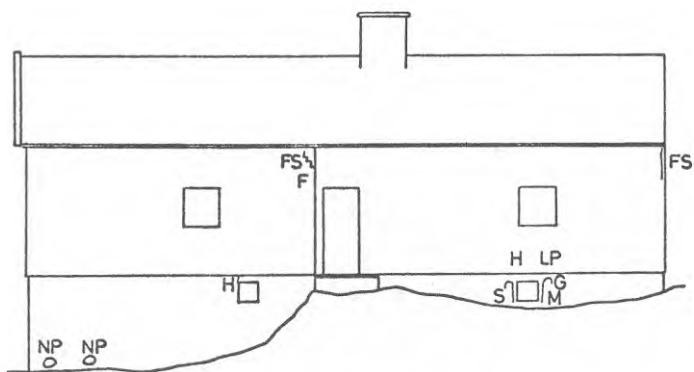


FASAD ÅT VÄSTER



FASAD ÅT NORDOST

Besiktningens datum 76-03-12	Fastighet VILLA KASEN	Sign. <i>[Signature]</i>	Litt. NCGF 147:1
---------------------------------	--------------------------	-----------------------------	---------------------

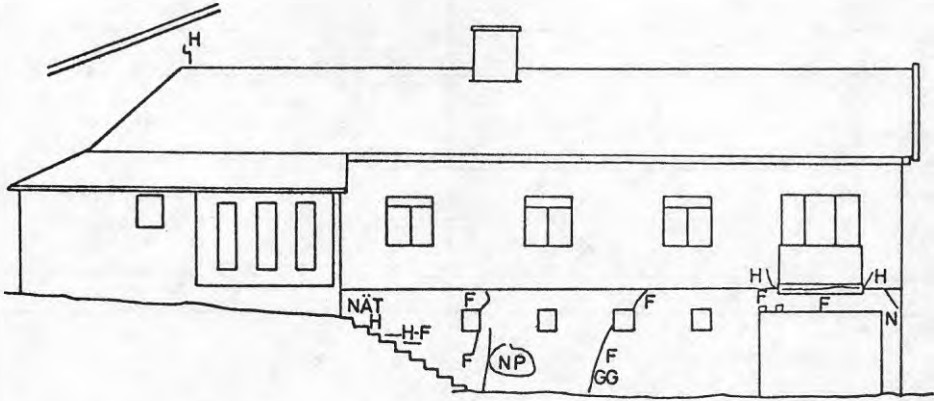


FASAD ÅT NORR

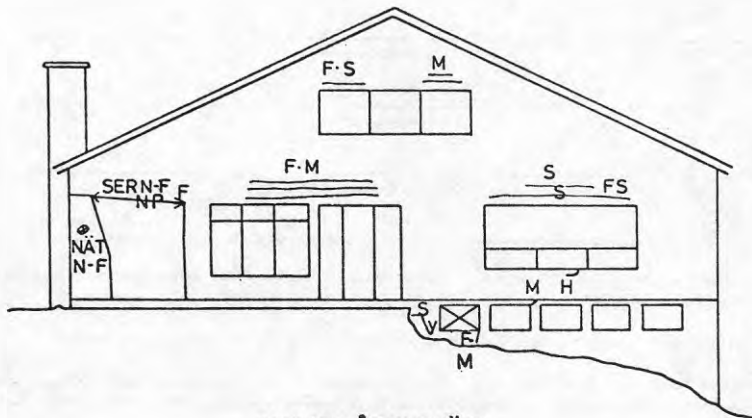


FASADER ÅT ÖST OCH SYDÖST

Besikningsdatum 76-03-12	Fastighet VILLA KASEN	Sign. <i>[Signature]</i>	Litt. NCGF 147:1
-----------------------------	--------------------------	-----------------------------	---------------------



FASAD ÅT SÖDER



FASAD ÅT SYDVÄST

## FASTIGHETSBSIKTNING

BESIKTNINGS PROTOKOLL			Litt.
Fastighetsägare Uddevalla Kommun		Fastighetsbeteckning	
Adress		Ort Uddevalla	
Postadress		Besiktningsobjekt Villa Kasen	
Telefon boenden	Telefon arbetet	Besiktningsomfattning Hel	
FASTIGHETSUPPGIFTER			
Byggnadsår	Markslag Berg	Grundläggningsått	Bjällagematerial Betong
Stommateriel Betong	Fasadmaterial Tegel	Takäckningsmaterial Tegel	Om- eller tillbyggnadsår
Anm. ....			
Anledning till besiktning			
Byggherre		Entreprenör	
Kontaktman Telefon		Kontaktman Telefon	
NÄRVARANDE VID BESIKTNINGEN			
Förbesiktning		Efterbesiktning	
Datum 760312	Datum	Datum 760528	
För fastighetsägaren			
För beställaren			
För entreprenören			
För Nitro Consult AB			
Kai Eklund	Kai Eklund	Kai Eklund	

Besiktningen har utförts för att fastställa fastighetens tillstånd och för att framledes kunna bedöma i vilken mån fastigheten ev. skadats av ovan nämnda arbeten.

Uppgifterna om fastigheten är vanligen erhållna genom samtal med fastighetsägaren eller dennes ombud.

I den händelse skador uppstår på fastigheten, som kan vara orsakade av ovanstående sprängningsarbeten skall fastighetsägaren eller dennes ombud omedelbart anmäla skadan till arbetsledningen på platsen och till Nitro Consult AB.

Detta protokoll har framställts i ..... exemplar och tilldelats ovannämnda parter enl. följande: Fastighetsägare ..... ex.

Byggherre ..... ex., Entreprenör ..... ex., ..... ex., ..... ex.

Ev. fotografier arkiveras av Nitro Consult AB för att användas vid efterbesiktningen.



## FASTIGHETSBEIKTNING

Sida 1

REGISTER	Sida
Register-, rumsbenämning, begrepps- och teckenförklaring .....	1
Plan med rumsindelning för orientering. Rumsnummer eller -benämningar återfinnes på rumsbesiktningsbilagor .....	2-3
Rumsbesiktningsbilagor .....	4-8
Fasadskisser där anteckningar görs enligt samma mönster som på rumsbesiktningsbilagor .....	9-11
Utlåtande från skorstensfejarmästare .....	

Rumsbenämning		Begrepps- och teckenförklaring			
Symbol	Betydelse	Symbol	Betydelse	Symbol	Betydelse
A	Arbetsrum	O	Ingen anmärkning	X	Spräckt platta
B	Badrum	B	Bomt material	K	Kakel
D	Dusch	AV	Anvisning till skada	GR	Gropar
E	Entré	L	Lagning	BL	Blåsbildningar
F	Förråd	KR	Krackelering	LP	Lös puts
G	Gillestuga	VS	Vattenskada	PL	Plattor lösa (antal)
GA	Garage	H	Hårfin spricka (< 0,5 mm)	SER	Serie (antal i samma riktning löpande sprickor)
H	Hall	F	Fin spricka (0,5-1,0 mm)	NÄT	Nätverk (antal varandra korsande sprickor)
HO	Hobbyrum	M	Medelgrov spricka (1,0-2,0 mm)	SL	Stenar lösa (antal)
K	Kök	G	Grov spricka (2,0-4,0 mm)	LB	Lös betong
KA	Kapprum	S	Stor spricka (> 4,0 mm)	NB	Nedfallen betong
KL	Klädkammare	GG	Genomgående spricka	FS	Fogsprickor
KO	Korridor	T	Tapetskada	<input checked="" type="checkbox"/> i, y, b	Spräckt fönsterruta, inner, ytter, båda
M	Matkällare	⊗	Avflagnig	DR	Dragning i tapet eller väv
MA	Matrum	NP	Nedfallen puts	DD	Delvis dolt
P	Passage	↗	Sprickor i smyg	D	Dolt
PA	Pannrum	SS	Spruckna snickeri- eller plattskarvar	STV	Spräckt tvättstall
S	Sovrum	SN	Markerar snickerielement	SWC	Spräckt wc-stol
SV	Svale	TS	Torksprickor i trämaterial		
T	Tvättstuga	<input type="checkbox"/>	Skymd yta		
TO	Torkrum	<input checked="" type="checkbox"/>	Yta som saknas		
TR	Trapphus	P	Panel		
TV	Tvätttrum				
V	Vardagsrum				

## Anmärkningar

Besiktningen omfattar endast vid besiktningsstillfället tillgängliga utrymmen.

Ytor och markeringar återges ej skalentligt.

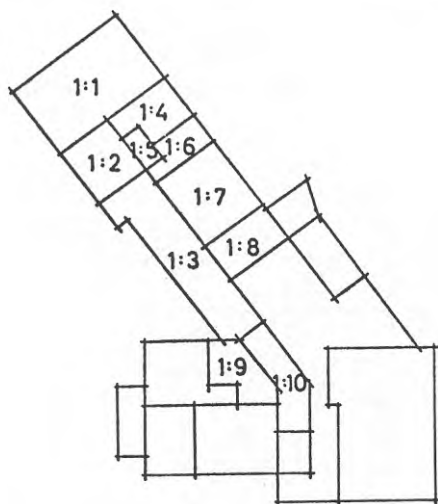
Samtliga markeringar är symboliska.

Sprickors längd och bredd är uppskattade.

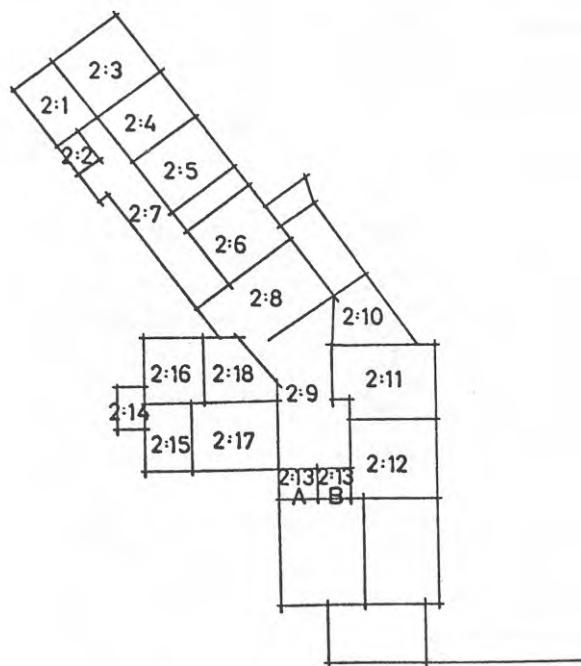
Antalet H-sprickor kan avvika från verkliga förhållandet.

Färgkod: Blått eller svart = förbesiktning  
Grönt = mellanbesiktning  
Rött = efterbesiktning

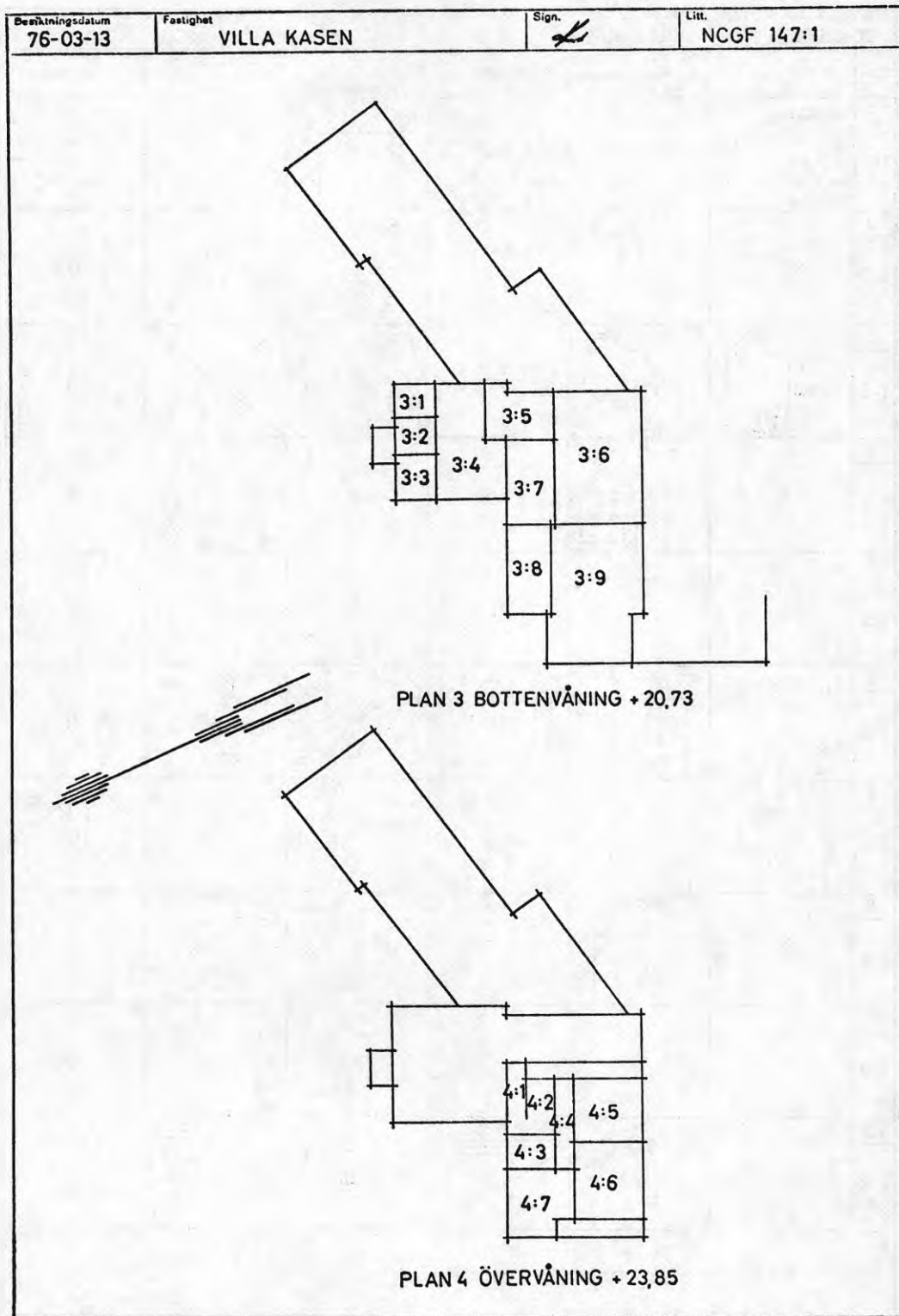
Besiktningdatum 76 03 13	Fastighet VILLA KASEN	Sign. <i>[Signature]</i>	Litt. NCGF 147:1
-----------------------------	--------------------------	-----------------------------	---------------------



PLAN 1 KÄLLARVÅNING +15,60



ENTREPLAN +18,05



Besiktningssdatum 76-03-12		Fastighet VILLA KASEN			Sign. <i>[Signature]</i>	Lit. NCGF 147:1
Rum	Tak norr	Väggar				Golv norr
		norra	östra	södra	västra	
1	H-NÄT	H-NÄT	H-NÄT	SER H	H-NÄT	F
1:1	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>
2	O	H	H	H	M H-NÄT	O
1:2	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>
3	H-NÄT	H-NÄT	H-NÄT	H-NÄT	H-NÄT	G F
1:3	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>
4	P	P	P	P	H-F NÄT	P
1:4	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>
5	O	O	O	FS	O	O
1:5	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>
6	H	H	H-NÄT	H-NÄT	H-NÄT	F O
1:6	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>
7	F H LP	F H DD	F H DD	F H DD	F H DD	M-G LP
1:7	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>
8	O	SER M G H F M	F F	M G O G	F G M	O F
1:8	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>
9	O	O	H	H	F O H H F M H	O
1:9	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>
10	F M H	H	H-NÄT	H-NÄT	H G H NP H	O
1:10	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>	<i>[Diagram]</i>

Anm.

Besikningsdatum 76-03-12		Fastighet VILLA KASEN			Sign. 	Litt. NCGF 147:1
Rum	Tak norr	Väggar				Golv norr
		norra	östra	södra	västra	
1 2:1	O					O
2 2:2	O					O
3 2:3	O					O
4 2:4	O					O
5 2:5	O					O
6 2:6						O
7 2:7	O					O
8 2:8						O
9 2:9						O
10 2:10	O					O
Anm. ....						

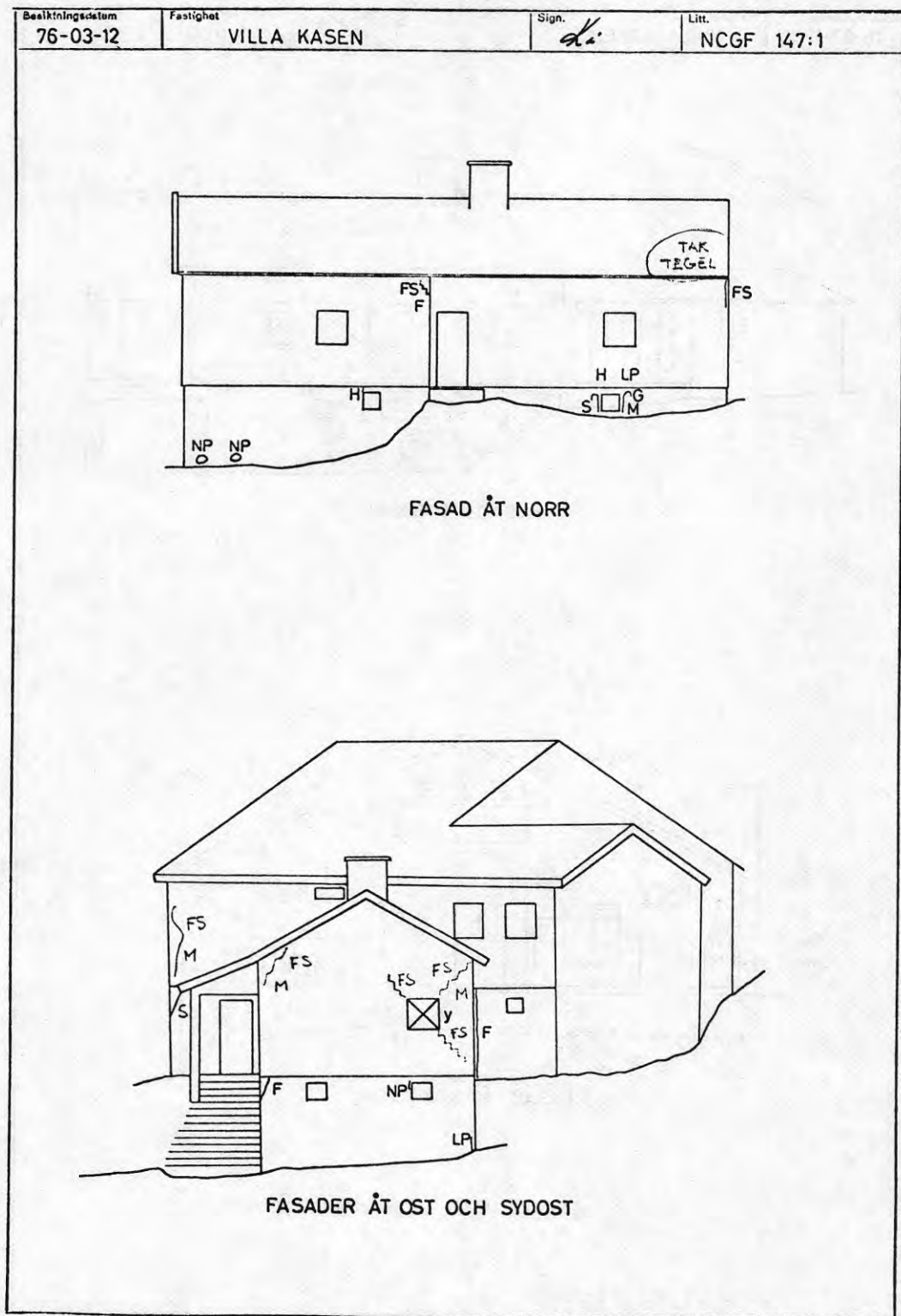
Besiktningens datum		Fastighet		Sign.	Litt.	
76-03-12		VILLA KASEN			NCGF 147:1	
Rum	Tak norr	Väggar				Golv norr
		norra	östra	södra	västra	
1	LP	LP	F	H	H	O
2:11	O	FO	H	H	F	O
2	H	H	NP LP	H	DD F	O
2:12	H	H	F G H	H	F S	DD AV DD M
3	H H F	H	H AV AV	H	H	SWC
2:13	H	H	H	H	AV	LBoP NBoP
4	H	H	H	H	AV	O
5	H	H	H	H	AV	O
2:14	H	H	H	H	AV	O
6	H	H	H	H	AV	O
2:15	H	H	H	H	AV	H
7	O	H	H	H	H	O
2:16	O	DD	D	D	D	O
8	*	H	O	O	H-F	O
2:17	F	F	O	O	H-F	O
9	O	H	F H F	H	H	H NÄT
2:18	O	H	H H H	H-F	H	H NÄT
10	O	O	O	O	O	O
Anm. ....						



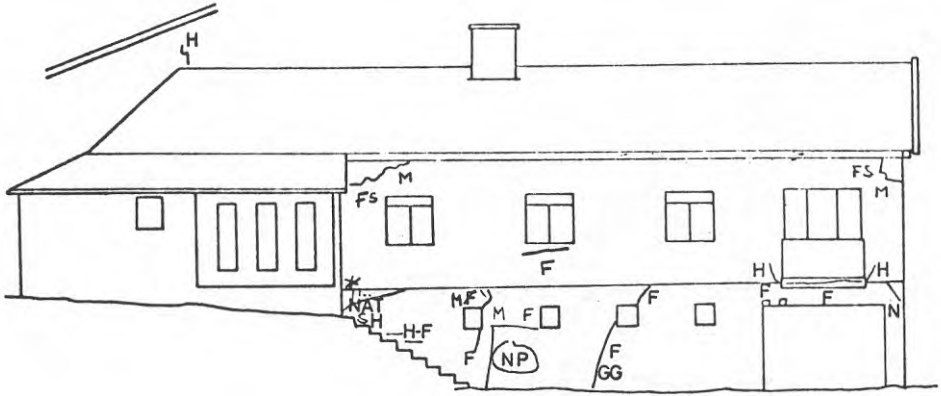
Besikningsdelum 76-03-11		Færlighet VILLA KASEN			Sign.	Litt. NCGF 147:1
Rum	Tak norr	Väggar				Golv norr
		norra	östra	södra	västra	
1		LF H NF	H HM H	H H	H H	
3:1	*	K ICR	X PLI	X		O
2	O	H F H H	H F	H H	H H	O
3		H F H H	H H H	SS	SS H H F H	H
3:3						
4		H LP	H H H	H LP M HT	G LP	O
3:4						
5	O	F H	NP H FG KH F	XF MH NP	H-F LP NP H F	O
3:5						
6	O	S H	H F H H NF	HE FS LP M LP	F X F H	O
3:6						
7	NB	G H H	M F H G	H LP G	H AV F LP NP	O
3:7						
8		H H H F H	H H H	O	H H	O
3:8						
9	P	H P	H H H O	H F P	H P PL	O
3:9						
10						
Anm. ....						



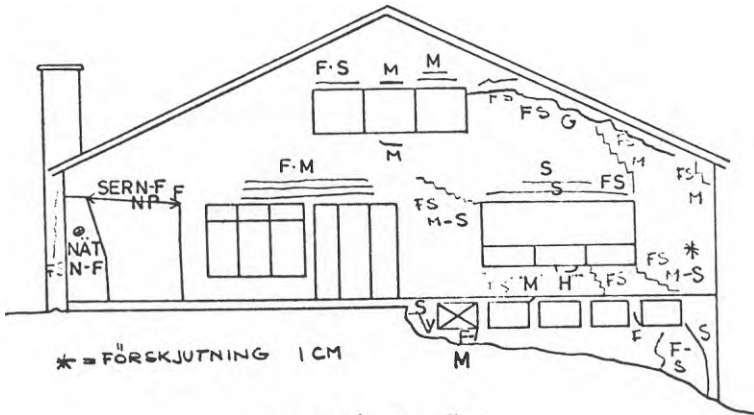




Bestiingsdatum 76-03-12	Fastighet VILLA KASEN	Sign. <i>d.</i>	Lit. NCGF 147:1
----------------------------	--------------------------	--------------------	--------------------

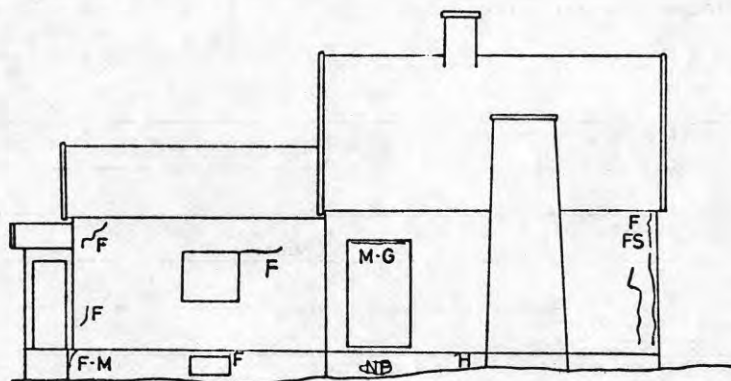


FASAD ÅT SÖDER

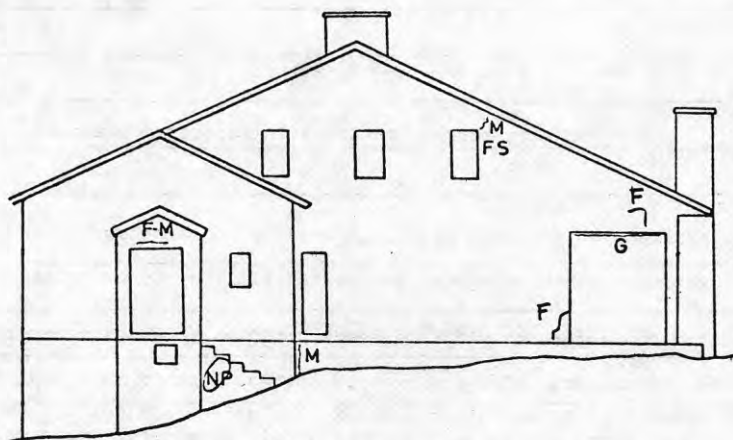


FASAD ÅT SYDVÄST

Besiktningdatum 76-03-12	Fastighet VILLA KASEN	Sign. 	Litt. NCGF 147:1
-----------------------------	--------------------------	--	---------------------



FASAD ÅT VÄSTER



FASAD ÅT NORDOST

Nummer 14/76

3

Provning för fastställande av skorstens tillstånd med anledning av: ..... sprängningsarbeten  
 Utskrivningsdatum 26 maj. 1976

Provningsdatum  
 Före: 1-3-76  
 Efter 1-4-76  
 " 25-5-76

Fastighet m m

Beteckning (kvarter, tomtnummer etc)				Kasen
Adress				
Beskrivning (bostadshus, kontor etc)				
				Kontor
Ägare	Adress		Tel arb	Tel bost
Uddevalle kommun				
Provningsbegär av:				
Nitro Konsult AB.				
Uppgift om när senast utförd provning utfördes				Varför?
Uppgifter om skorstenen				
Material:	Tegel	Byggnadsår:	Senaste reparation:	
Skiljetungor (stående eller liggande)				Liggande
Antal pipor:	Konstruktion:		Omslutningsväggars tjocklek:	
1 + schakt med fränluftskanaler				
Förekomst och omfattning av stålrör el.dyl. -				
Skorstenens skick (bra eller dåligt)				Bra
Skorstenens höjd				9 m.
Eldningsmedia (olja, kol, koks, ved, gas el.dyl.) olja				
Provningsmetod: Röktryckning medels röktryckningsaggregat Bazooka.				
Uppmätt tryck vid provningen				3 mm/vp.
Redovisning av täthetsprovning				
a) före: Där rökkanalen passerar bjälklagsgenomförningen nedre botten				
/ korridor och kontorsrum/ Skorstenen till den öppna spisen ingen anm.				
b) efter:				
1-4 Samma otätheter som vid föregående provning, dessutom var rökkanalen otät				
då den passerar dörrkarmen nedre botten. I pannrummet iaktogs stora				
otätheter vid dragregulatorn / enligt min åsikt är				
hållfastheten sämre vid inmurningsramar o dyl. Skorstenskransen var sprucken.				
Övriga upplysningar:				Vänd.

Ort Uddevalla datum 26-5-76

*[Signature]*

Olaf Henriksson

Tel: 0522/12250

Träffas säkrast: 1300-1500

Vid provningen den 26 maj. 1976 iakttogs samma brister på värmepannans rökkanal som vid senaste provningen. /Otätheterna hade ökat /enligt dragmätaren var trycket vid provningen svårare att hålla/

Skorstenen som den öppna spisen är ansluten till visade sig vara mera otät både i skiljetungor och bjälklagesgenomförningar, samt ovan tak.

Skillnaden mellan första och sista provningen var enligt min åsikt mindre än väntat, i förhållandet till vad sprickbildningen på betongvalv och väggar visade.

## SAMMANFATTNING - INGRESS

Betong- lättbetonghus utsatt för vibrationer från sprängning

Undersökning av skador vid olika vibrationsnivåer.

Bergsprängning är i dag en allmänt accepterad teknik i tätbebyggt område, där omgivande bebyggelse blir utsatt för vibrationer.

För att inte onödigt begränsa och därmed fördyra sprängningsarbeten är det väsentligt att veta hur olika typer av bebyggelse tål vibrationer orsakade av sprängning. Ett betong - lättbetonghus har i denna undersökning utsatts för stegvis ökade vibrationer med samtidig noggrann besiktning av uppkomna skador. En gradering av dessa skador i förhållande till vibrationsnivåer har därigenom kunnat ske.

Vibrationernas svängningshastighet har registrerats i ett stort antal mätpunkter från sprängsalvor belägna i närområdet (1 - 45 m) av försökshuset. Våghastighetsmätning har utförts på underliggande berggrund för att bestämma värdet på skjuvningen som är en av de representativa parametrarna för tröskelvärden på skadekänsligheten.

Ett antal mer framträdande skador samt egenfrekvensfenomen har analyserats främst med avseende på byggnadens geometri och konstruktion.



## SAMMANFATTNING

## Bakgrund

Under de senaste 30 - 40 åren har en utveckling skett inom bergsprängningstekniken som gör det möjligt att spränga inne i tätorter där sprängningsarbeten pågår dagligen. En förutsättning för att sprängningarna skall kunna utföras nära bebyggelse är att dessa sker utan risk för skador på grund av markvibrationer.

Nödvärdigt är att undersöka olika konstruktioners skadekänslighet för vibrationer från sprängning. Det är även viktigt att kontrollen om de vibrationsnivåer, som används i Sverige, fortfarande är tillämpbara. På senare år har tendensen varit att minska tillåtna värden till nivåer som ibland ligger betydligt under tidigare i Sverige accepterade värden. Behovet av normer inom detta område har därför framförts av många parter, inte minst från försäkringsbolagen.

Denna undersökning underlättar normarbetet för Statens Planverk inför en sannolik framtida reglering och styrning av bergsprängning genom normer.

I föreliggande rapport redovisas en undersökning, över den inverkan som markvibrationer från sprängningar har på en större  $1\frac{1}{2}$ -plansvilla. Villan var belägen på ett bergsparti som skulle sprängas bort för den nya Uddevallagenomfarten.

Villans grundkonstruktion och bjälklag var utförda i betong, väggar murade av lättbetong och ytterväggar klädda med fasadtegel.

I många internationella undersökningar av vibrationer från sprängning finns för få mätvärden där skador verkligen har uppstått i byggnader. Jämförelser mellan de olika ländernas normer och rekommendationer visas i tabeller och diagram.

Målet för denna undersökning har därför varit att göra en gradering av skadekänsligheten för vibrationer hos försöks- huset när sprängningar har utförts i närområdet. Målet har även varit att utsätta försöks- huset för sådana vibrationer att skador av olika omfattning inträffat.

## SAMMANFATTNING

## Genomförande

Undersökningen har till stora delar följt de rutiner som Nitro Consult AB utvecklat genom åren i samband med övervakning och kontroll av sprängningsarbeten. Till skillnad från de normala rutinerna har mellan - besiktning skett efter varje salva och ett stort antal mätpunkter för vibrationsmätningen har varit monterade både vertikalt och horisontellt.

För att kunna följa vibrationernas utbredning upp i husets konstruktioner har mätpunkter placerats på olika nivåer och i olika material.

Vid mätningarna användes givare av elektrodynamisk typ som är hastighetsmätande och alstrar en elektrisk spänning direkt proportionell mot vibrationernas svängningshastighet.

Även våghastighetsmätningarna har utförts på underliggande berggrund för att kunna bestämma värdet på skjuvningen.

Vid förbesiktningen studerades befintliga fasadritningar och med hjälp av dessa gjordes skisser där befintliga fogsprickor ritades in.

Vid besiktningarna har den grafiska metoden använts som innebär att man på härför avsedda formulär med rutor för väggar, golv och tak ritas in dörrar och fönster. På dessa rutor inritades sprickor och defekter som upptäcktes vid för - mellan- och efterbesiktning.

Efter avslutade mättnings- och besiktningensarbeten utfördes hållfasthetsprov av betong och lättbetong.

Vid husrivningen utplockades då slumpvis ett antal betong- och lättbetongstycken ur vilka sågades provkuber.

Resultatet visade en överhållfasthet hos betongen jämfört med de krav den skulle uppfylla för kvalitet enligt konstruktionsritningarna.

Den i byggnaden ingående lättbetongen tillhörde standardklass 0,65/65, och den uppmätta kubhållfastheten för lättbetongen visade att kvaliteten var lägre än vad man borde väntat sig. Även draghållfastheten befanns vara lägre än normalt för lättbetong av denna klass.

## SAMMANFATTNING

## Resultat

Vid svängningshastigheten  $v = 110$  m/s började de första skadorna att uppkomma. Skadorna bestod av ett flertal hårfina till fina sprickor samt några medelgrova.

Vid  $v = 185$  mm/s uppstod ytterligare skador varav en större horisontell genomgående spricka i en fog mellan två olika material samt en grov spricka i lättbetong.

Vid  $v = 230$  mm/s erhölls putsnedfall och genomgående sprickor. Många av de tidigare uppkomna skadorna förvärrades.

Huvudbyggnadens sydöstra hörn har lokalt utsatts för svängningshastigheter på upp till  $1000$  mm/s, utan att skador uppkommit som äventyrar husets bestånd. Skadorna var ej värre än att huset borde ha kunnat återställas i beboeligt skick utan alltför stor reparationsinsats.

Oberoende av inkommande vibrationsfrekvens, uppkom vibrationer i flygelbyggnadens övre bjälklag vars vertikala komponent hade frekvenser mellan  $32$  och  $41$  Hz. Bjälklaget hade tidigare genom uppmätning konstaterats ha en egenfrekvens på  $37$  Hz. Detta tyder på att de olika konstruktionsdelarna i byggnaden lätt råkade i egensvängning och att denna i huvudsak bestämmer vibrationernas frekvens. Orsaken till att så olika frekvenser har registrerats vid de olika mätpunkterna berodde då troligtvis på egenfrekvensens inverkan.

Försökshuset hade en komplicerad konstruktion som medförde en del ovanliga konstruktionslösningar. Detta innebar, trots ett exklusivt byggnadssätt, att huskonstruktionen hade flera klart svaga partier med dålig motståndsförmåga mot vibrations-skador. De konstaterade skadorna uppstod också nästan uteslutande i dessa svaga partier.

Salvornas relativt stora håldjup gjorde att huvuddelen av sprängämnet kom att befinna sig betydligt under husets grundläggningsnivå. De varierande horisontella avstånden ( $1 - 45$  m) mellan salvorna och huset gjorde att vibrationerna fick en mycket varierande infallsvinkel och riktning in i huset. Vibrationens vidare utbredning upp genom husets olika delar har därmed blivit komplicerad att

## SAMMANFATTNING

följa. Det stora antalet mätpunkter gjorde det möjligt att bestämma vibrationernas inverkan på husets olika delar och konstruktionsdelarnas inbördes rörelser. Murstockarna var lättare att kontrollera emedan dessa hade en mer enhetlig konstruktion.

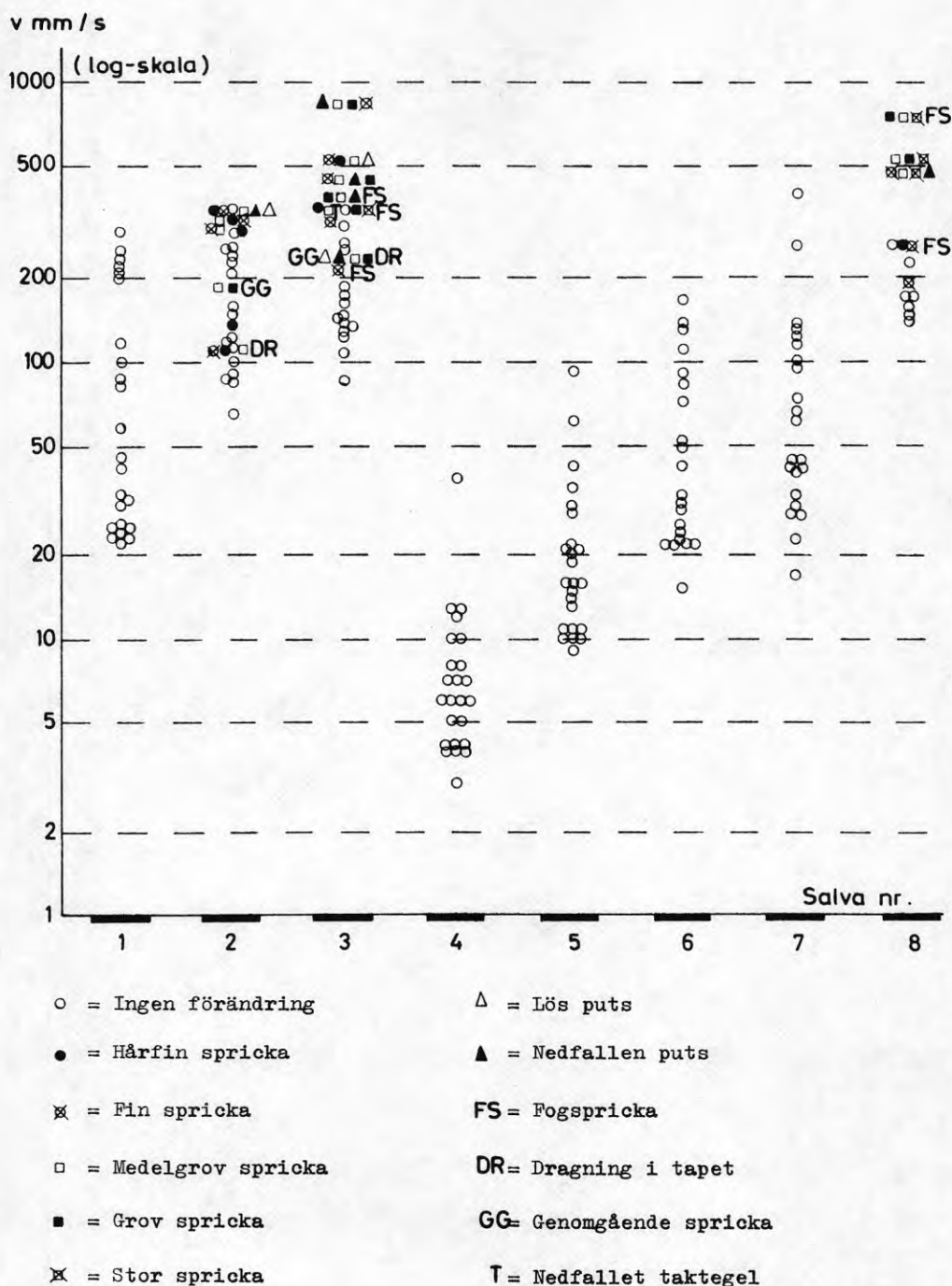


FIG. 12. Diagram svängningshastighet - skador.













**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 760440-2 från  
Statens råd för byggnadsforskning till  
Nitro Consult AB, Göteborg**

**R32: 1977**

**ISBN 91-540-2693-8  
Statens råd för byggnadsforskning**

**Art.nr: 6600632  
Abonnemangsgrupp:  
Z. Konstruktioner och material**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 1403  
111 84 Stockholm**

**Cirkapris: 30 kronor + moms**