

MÄTNING AV LUFTSTÖTVÅGOR OCH MARKSKAK-
NING I SAMBAND MED SKJUTSPRÄNGNING OCH
STORSALVA I DAGBROTTET VID AITIK DEN
24 OCH 25 APRIL 1970

Algot Persson

DS 1970:23

17.6.1970

STIFTELSEN
SVENSK DETONIKFORSKNING
SWEDISH DETONIC RESEARCH FOUNDATION

VINTERVIKEN — 117 48 STOCKHOLM
SWEDEN

MÄTNING AV LUFTSTÖTVÅGOR OCH MARKSKAK-
NING I SAMBAND MED SKUTSPRÄNGNING OCH
STORSALVA I DAGBROTTET VID AITIK DEN
24 OCH 25 APRIL 1970

Algot Persson

DS 1970:23

17.6.1970

Sammanfattning

I samband med sprängning av en storsalva i Boliden Gruv AB:s dagbrott i Aitik har samtida luftstötstågsmätningar och vibrationsmätningar utförts på några orter inom 1 mils avstånd från salvan. Mätresultaten visar att luftstötstågen orsakar horisontella svängningar i byggnader men stötstågsamplituder och svängningshastigheter är inte av den storleksordningen att risk för skador på byggnader föreligger.

Mätning av luftstöt vågor och markskakning i samband med skutsprängning och storsalva i dagbrottet vid Aitik den 24 och 25 april 1970.

I Boliden Gruv AB:s dagbrott vid Aitik skjuts salvor om 50 - 120 ton reolit. Till gruvledningen har inkommit klagomål om buller och skakningar i fastigheter i samband med sprängningarna. Fastigheterna är belägna på orter mellan 2 - 10 km:s avstånd från dagbrottet. Genom Nitro Consults försorg har vibrationsmätningar utförts i några fastigheter och man kunde därvid konstatera ganska höga värden på horisontal svängningshastighet speciellt i några skorstenar (se bifogat protokoll). Den 24 april utfördes skutskjutning med 300 kg friliggande Dynamex och den 25 april gjordes en sprängning med 62 ton reolit fördelat på 44 hål som tändes i 7 intervall med 75 ms intervalltid. Vid dessa båda tillfällen utförde Stiftelsen Svensk Detonikforskning i samarbete med Nitro Consult mätningar av luftstöt våg och markvibration i två fastigheter, den ena vid Sakajärvi på 2.2 km:s avstånd och den andra vid Stråberget på 10 km:s avstånd från sprängplatsen. (Se karta fig 1).

Mätanordningar.

För mätning av luftstöt vågen användes dels en kondensatormikrofon med bärfrekvensförstärkare dels en vid Detoniklaboratoriet konstruerad barograf med snabbskrivare. (Skrivhastighet c:a 20 mm/s). Se rapport DS 1970:10. Vibrationsmätningarna utfördes med "Combigraf" och geofoner. Signalerna från geofonerna och mikrofonen registrerades på en UV-skrivare. Frekvensåtergivningen för mätsystemet mikrofon, bärfrekvensförstärkare och skrivare var 0.01-800 p/s vid en känslighet av 1 mbar/cm. Barografens mätområde var 1-100 mbar och den kan anses följa svängningar upp till c:a 10 p/s. Vid en provning av barografen konstaterades att de registrerade värdena var upp till 46% lägre än de med mikrofon registrerade inom mätområdet 1-20 mbar och frekvensområdet 2-17 p/s. I tabell 1 har därför angivits dels det uppmätta värdet (inom parentes) dels ett korrigerat värde. Via radio hölls kontakt mellan mätplatser och sprängplatsen. Salvorna tändes efter nedräkning till noll vilket gjorde det möjligt att starta skrivaren samtidigt med att salvan tändes.

Vid skutskjutningen den 24/5 var barografen placerad i gruvlaven 106 m över marken och c:a 500 m från sprängplatsen. Mikrofonen uppställdes i hr Sundelins fastighet i Sakajärvi en halv meter framför husväggen på fastighetens övervåning. Då salvan sprängdes den 25/4 var i Sakajärvi en combigraf placerad på skorstensstocken samt en barograf 1 m utanför husväggen i övervåningen. I fastigheten vid Stråberget placerades en geofon horisontalt i husgrunden samt en horisontalt i skorstensstocken. Mikrofonen placerades c:a 2 dm utanför hus-

väggen i andra våningen.

Mätresultat

Resultaten av mätningarna är sammanställda i tabell 1. Skutsprängningen gav ett stötvågstryck av 2.4 mbar i gruvlaven mätt med barografen. I fastigheten i Sakajärvi uppmättes samtidigt ett tryck om 0.8 mbar.

Trots mikrofonens och barografens placering framför en vägg kan inverkan av stötvågens reflexion försummas med hänsyn till de låga frekvenserna.

Temperaturen var omkring 0⁰ C. Vinden var vid tillfället nordostlig med en hastighet av c:a 6 m/s. Vädret var disigt och med lätt snöfall och marken var snötäckt vilket torde ha bidragit till att dämpa luftstötvågen. Under mätningarna var störningarna av förbipasserande fordon liksom vindbruset besvärande och ljudtryck upp till 100 µbar registrerades.

Vid mätningarna i samband med salvan den 25 april var väderleksförhållandena desamma. I fastigheten i Sakajärvi uppmättes då med barografen 1.4 mbar och i skorstensstocken samtidigt en svängningshastighet av 14.5 mm/s.

Två avsnitt av registreringen från Stråberget återfinns i fig. 2 och 3. Den första (fig. 2) 2-7 sek. efter tändning visar samtida vibrationer 11-12 p/s $\sim$ 0.25 mm/s i grund och skorsten efter 3.3 sek. Därefter registrerades inga tryck eller vibrationer förrän efter 34.6 sek. (fig. 3) då ett tryck om 45 µbar registreras åtföljt av vibrationer i skorstensstocken med en hastighet av 0.4 mm/s och en frekvens av 5.5 p/s. Dessa båda registreringar får anses vara markvågen respektive luftstötvågen även om störningar förekommit. Utbredningshastigheten för markvågen blir enligt uppmätt tid c:a 2300 m/s.

Avståndet Aitik-Stråberget är enligt kartan 10 km. Sättes ljudhastigheten vid 0⁰ C till 330 m/s är gångtiden för ljudet, 30.3 sek. Enligt registreringarna på skrivaren var gångtiden 34.6 sek. Denna tidsdifferens kan inte förklaras som tidsfel mellan tändning och skrivarstart, och kan bero på att ljudvågen avböjts eller reflekterats innan den nått mätpunkten.

Slutsatser

De svängningar som noterades i skorstensstockarna uppstod när luftstötvågen träffade husen. Även om svängningsamplituden i Sakajärvi var tydligt registrerbar så var den långt under den gräns där sprickor i muren kan förväntas. I Stråberget var luftstötvågens ankomst knappast hörbar inomhus. Väder och vind bidrog sannolikt till att minska utbredningen av luftstötvågen mot mätplatsen.

Barografen måste med hänsyn till de små trycken anses olämplig (i sitt nuvarande utförande) för noggranna mätningar av det här slaget (se DS 1970:12). Vindbruset reducerar starkt möjligheterna att mäta små ljudtryck med mikrofon.

Datum	Tid	Mätplats	Avst. km	Instr.	Luftstöttség		Vibrationsmättn.			Anm.
					mbar	frekvens p/s	Ampl. μ	frekv. p/s	sv.hast. mm/s	
24/4	12.30	Lavens topp	0.5	Barograf	(2.4) 4					Skutskjutning 300 kg Dx
"	"	Sakajärvi	2.2	Mikrofon + UVskriv.	+ 0.7 - 0.8	6.3				- " - " -
25/4	12.10	Sakajärvi, övrån.	2.2	Barograf	(1.4) 2.3					Salva 44 hål 62 ton Slurry
"	"	- " - , skorsten	"	Combigraf			420	5.5	14.5	7 intervall à 75 m/s 9 ton/int.
"	"	Stråberget, överån.	10	Mikrofon + UV skriv.	0.045	1.5				Luftstöttség efter 34.6 sek.
"	"	- " - , skorsten		Geofon + UV skriv.				11-12	0.25	} Markvåg efter 3.3 sek.
"	"	- " - , grund		"				11-12	0.15	
"	"	- " - , skorsten		"			12	5.5	0.4	} Vibrationer i samband med luftstöttség efter 34.6 sek.
"	"	- " - , grund		"					0	

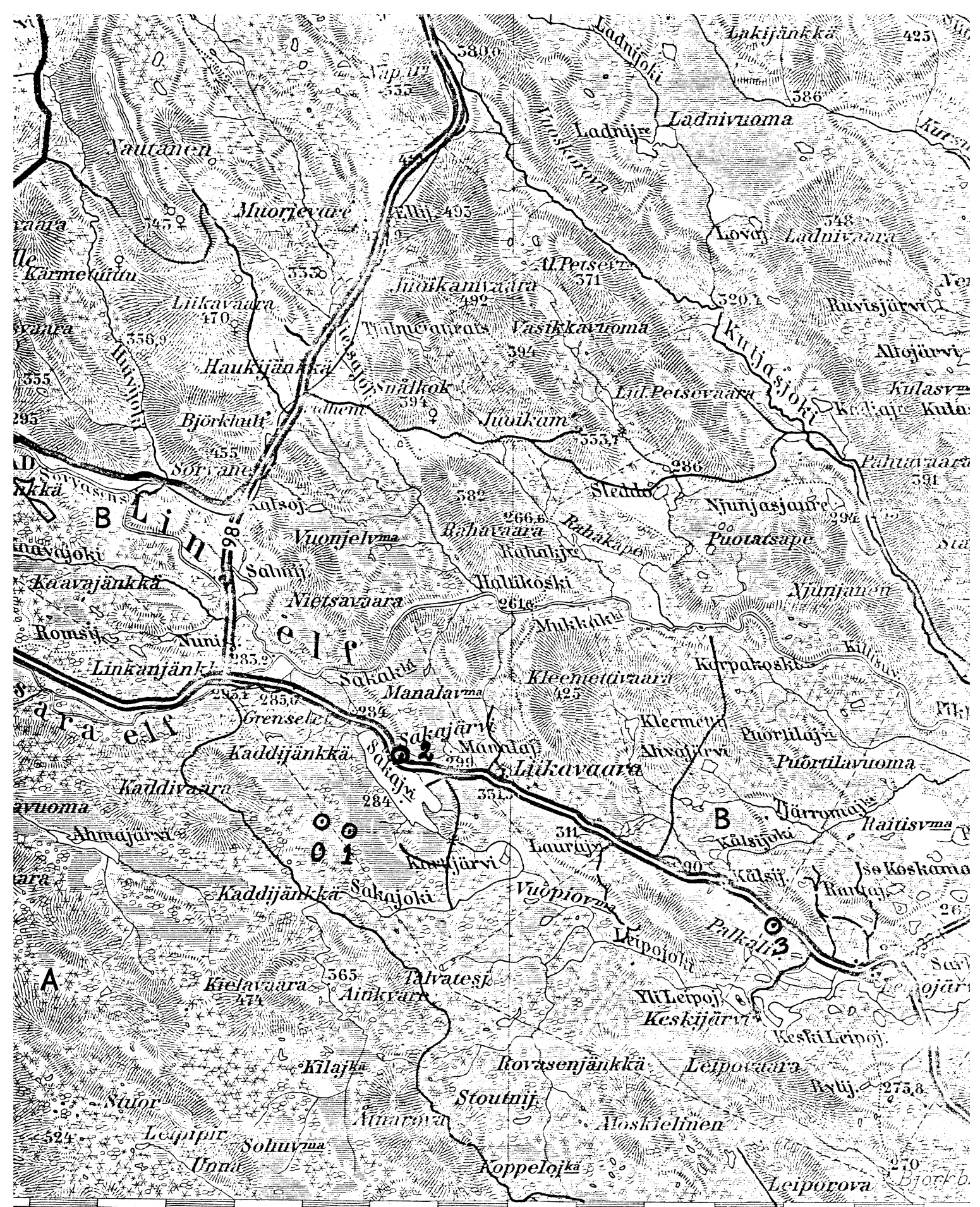


fig. 1. Karta över mätplatserna

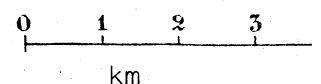
: *gamla Observatorium, 18°3'29,8 ost fr. Greenwich.*

0 = 'salvan'

2 = Saka järvi

$l = l_{\text{aven}}$

3 = Stråberaet



v
5 mm/s
hor. grund

0.15 mm/s

v
5 mm/s
hor. skorsten

0.25 mm/s

p
0.1 mbar

p
1 mbar

$f = 11-12 \text{ p/s}$ $v = 0.25 \text{ mm/s}$

2

3

4

5

6

sek.

fig. 2. Registrering av markvågen i Stråberget

v [5 mm/s
hor. grund

v [5 mm/s
hor. skorsten

v = 0.4 mm/sek.

for 5.5 p/sek

p [0.1 mbar

p = 0.045 mbar

p [1 mbar

33

34

35

36

37 sek.

fig. 3. Registrering av luftstötuvåg i Stråberget

Vibrationsmätningar. Bolidens Gruv AB, Aitikgruvan.

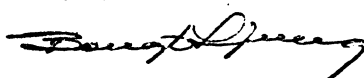
Uppdragsgivare: Bolidens Gruv AB genom ing. Björn Lindberg.

Vibrationsmätningarnas utförande: Placering, se förteckning å vibrationsprotokoll.
Mätningarna har vid detta tillfälle utförts i två riktningar, vertikalt i husens nedre delar för registrering av markvibrationen samt horisontellt i husens övre delar för mätning av eventuell luftstöt våg.

Resultat av vibrationsmätningarna: Enligt det bifogade protokollet ser man att de horisontella vibrationerna är de klart kraftigaste i alla mätpunkter. Vår uppfattning är dock den, att de registrerade värdena ej bör vara skadliga för bebyggelse på grund av de mycket låga frekvenserna. Maximal svängningshastighet har beräknats till 26 mm/s.

Vi har även i bil. 2 inlagt de registrerade värden i ett frekvens-amplituddiagram, där en jämförelse kan göras med människans subjektiva uppfattning. Som framgår bör således människorna, enligt detta diagram, betrakta sprängningarna som "irriterande och obehagliga."

Vinterviken den 16 januari 1970
NITRO CONSULT AB



Bengt Ljung

Stockholm — Göteborg

Sprängplats Boliden Gruv AB

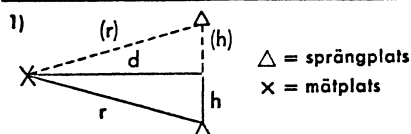
Aitikgruvan

Vibrationsmätarens upställningsplats 1. Kontoret, 2. Sakajärvi, 3. Liikavara, 4. Stråberget

Instrument typ Combigraf CV 5 Mätningen utförd av A. Nyström

Byggnadens o. grundens art och tillstånd

Bergart					Sprängämne					Borrdiameter			
hom. normal söndrig													
1969 Dat.	Intervall	Hål			Mätplats1)			Resultat2)				Anm.	
		laddning kg	antal	försättn. m	d m	h m	r m	A μ	n p/s	a g	v mm/s	Ve= vertikalmätning H = horisontalmätning	
7/12							400	90	12,5		7,0	1. Ve kl. 1625	
"							400	430	9		24,0	1. H " "	
"							2000	55	8		2,8	2. Ve " "	
"							2000	730	5,5		25,0	2. H " "	
"							4000	6				3. Ve " "	
"							4000	830	5		26,0	3. H " "	
"							6000	0				4. Ve " "	
"							6000	450	5		14,0	4. H " "	



2) A = amplitud (1 μ = 1/1000 mm)
n = frekvens
a = acceleration (1g ≈ 10 m/sek²)
v = svängningshastighet

100 mm/s = 1 volt topp

Bengt Ljung

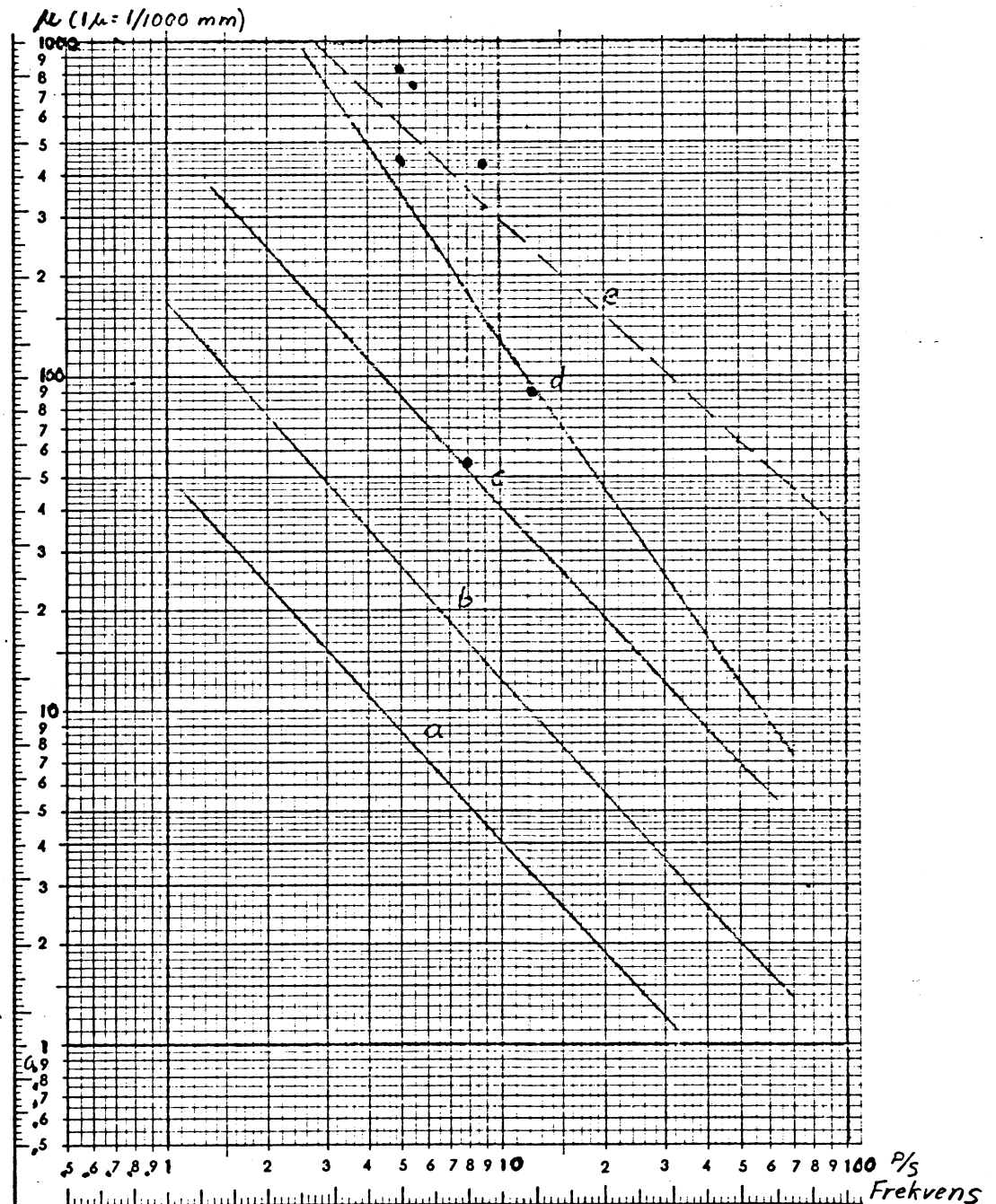
A. Nyström

UCC. 2,

Subjektiv upptattning av märkskaka-
ningar enligt Reiher och Meister.

IVITTO CONSULT
Vinterviken
11748 Sthlm
16.1.70 B. Ljung

a) Knappt märkbar. b) Klart märkbar. c) Irriterande.
d) obehagligt. e) Anger sambandet mellan amplitud
och frekvens vid $v = 20 \text{ mm/s}$.



SIS 114 A 4

ESSELTE
4403