

FULLSKALEFÖRSÖK MED GLESHÅLSSPRÄNGNING

P.A. Persson

A. Ladegaard-Pedersen

DS 1970:14

13/4 1970

STIFTELSEN
SVENSK DETONIKFORSKNING
SWEDISH DETONIC RESEARCH FOUNDATION

VINTERVIKEN – 117 48 STOCKHOLM
SWEDEN

FULLSKALEFÖRSÖK MED GLESHÅLSSPRÄNGNING

P.A. Persson A. Ladegaard-Pedersen

DS 1970:14

13/4 1970

Sammanfattning:

Förutsättningarna för erhållande av minskad skutfrekvens och styckefall genom ändrad hålsättning har undersökts både genom modellförsök och genom praktiska försök i berg. De sistnämnda redovisas i denna rapport. Undersökningarna visar att en radikal minskning av skutstorlek och skutantal i pipdelen av en pallsalva kan erhållas om hålavstånden görs mycket större och försättningen betydligt mindre än som nu är brukligt. Försöken i praktisk drift har omfattat sammanlagt bortåt en halv miljon m³ kalksten och granit. Vid försökens praktiska genomförande har Skånska Cement AB, Stora Vika och AB Nils P. Lundh, Umeå lämnat utomordentligt stöd genom att ställa sina dagbrott och kostnadsanalyser till vårt förfogande. Metoden (gleshålssprängning) kan nu anses vara tillräckligt genomarbetad för att kunna rekommenderas för användning i normal produktion.

P.A. Persson och A. Ladegaard-Pedersen
Stiftelsen Svensk Detonikforskning
FULLSKALEFÖRSÖK MED GLESHÅLSSPRÄNGNING.

Sammanfattning:

Förutsättningarna för erhållande av minskad skutfrekvens och styckefall genom ändrad hålsättning har undersökts både genom modellförsök och genom praktiska försök i berg. De sistnämnda redovisas i denna rapport. Undersökningarna visar att en radikal minskning av skutstorlek och skutantal i pipdelen av en pallsalva kan erhållas om hålavstånden görs mycket större och försättningen betydligt mindre än som nu är brukligt. Försöken i praktisk drift har omfattat sammanlagt bortåt en halv miljon m³ kalksten och granit. Vid försökens praktiska genomförande har Skånska Cement AB, Stora Vika och AB Nils P. Lundh, Umeå lämnat utomordentligt stöd genom att ställa sina dragbrott och kostnadsanalyser till vårt förfogande. Metoden (gleshålssprängning) kan nu anses vara tillräckligt genomarbetad för att kunna rekommenderas för användning i normal produktion.

Bakgrund:

Utvecklingen i modern dagbrottsprängning går raskt mot allt större håldiametrar och större paller. Det man eftersträvar är färre och större maskinheter, vilket ger fördelen av mindre personal och en mera smidig och lättadministrerad organisation. I gengäld får man en allt större del av kostnaderna i form av kapitalkostnader för de allt större lastmaskiner, truckar och krossar som det allt grövre styckefallet drar med sig. Det blir då allt viktigare att undvika maskinhaverier och kapacitet bortfall. Man söker därför på olika sätt minska skutfrekvens och styckestorlek. Ett sätt är att öka specifika laddningen och specifika borrarningen. Det sättet blir relativt dyrbart och ger begränsade fördelar.

Historik:

Ulf Langefors och Tommy Sjölin redogjorde på bergsprängningskommittén 1962 för modellsprängningar utförda i plexiglas. Försöken antydde möjligheten att med ändrad hålsättning påverka styckefallet i önskad riktning, vare sig detta gäller mindre maximalskut eller jämnare stycke-

fallsfördelning. Undersökningen gällde det 2-dimensionella fallet, som kan jämföras med skivsprängning (slab blasting). För att i berg kontrollera resultaten av dessa modellsprängningar genomförde Stiftelsen Svensk Detonikforskning 1967 en rad fältförsök med sprängning i homogen granit (Misterhult, nära Västervik). I försöken hade hålen borrats ned till ett i huvudsak horisontellt slag som sträckte sig under hela bergmassan (skivsprängning). Dessa sprängningar i granit visade samma tendens som modellförsök i plexiglas, nämligen att en avsevärd minskning av skutstorleken och skutantalet i pipdelen av en pallsalva kan erhållas genom ändrad hålsättning. Försöken redovisades på bergsprängningskommittén 1968 av P.A. Persson och A. Ladegaard-Pedersen. I modellskala utfördes 1968 kompletterande försök (DL 1968:36) för att jämföra styckefallet vid skivsprängning med styckefallet vid pallsprängning med inspänd botten. Trots inspänningen i bottendelen där avslitning måste ske vinkelrätt mot hålen överensstämde pallsprängningsförsöken helt med resultaten från tidigare skivsprängningsförsök.

Fullskaleförsök med gleshålsprängning.

Under de senaste två åren har nu gleshålsprängningsmetodiken utexperimenterats så långt i driftskala i stora pallsprängningar att man med säkerhet kan påstå att metoden är praktiskt användbar. Provet i driftskala med metoden pågår för närvarande på nio platser i landet. Då den detaljerade uppföljningen är relativt tidskrävande föreligger fullständiga resultat endast från två försöksplatser, kalkstensbrottet i Stora Vika och ett granitbrott nära Umeå.

a/ Några tekniska data från försöksplatserna.

1. Skånska Cement AB, Stora Vika

Kalkstensbrott kapacitet 3000 ton på 8.5 timmar

pallhöjd 20 m

Borrning

håldiameter 76 mm

Atlas Copco BBE 51

Lastning

I grävmaskin Meck EN, skopvolym 4 m³ och

I grävmaskin Rustan-Bucyrus 110, skopvolym 3.5 m³

Båda maskinerna elektriska, 3 kV

<u>Transport</u>	1 Faun-truck, 300 hk, lastar 30 ton
	1 Faun-truck, 290 hk, lastar 25 ton

2. AB Nils P. Lundh, Umeå

Makadambrott pallhöjd 20 m

Borrning håldiameter 76 mm

Joy PR 500

GD PR 123

INGERSOLL 550

Lastning Kockum/landsverk

grävmaskiner American 595 C

Manitovoc

Hough H-65 B

Hough H-100 A

h.jul lastare

Allis Chalmers TL30

Allis Chalmers TL20

Transport | Henschel HS 22
| Scania Vabis 75

b/ Laddningsberäkning

Principen för gleshållssprängning är enkel. Med bibehållet hålantal och oförändrad laddning per hål minskas försättningen V och i samma proportion ökas hålavståndet E så att produkten $E \cdot V$ blir konstant. I stället för konventionella värden på förhållandet E/V omkring 1.25 användes värden mellan 4 och 8. Se fig. 1.

Exempel: I en konventionellt sprängd salva är försättningen $V = 2$ m och hålavståndet $E = 3$ m. $E \cdot V$ är alltså 6 m^2 . Om förhållandet $E/V = 6$ väljes blir försättningen 1 m och hålavståndet 6 m. Väljes förhållandet $E/V = 8$ blir försättningen 0.85 m och hålavståndet 7 m.

Bibehållet hålantals och oförändrad laddning innebär att underbörningen, bottenladdningens och pipladdningens storlek bibehålles vid de vid en konventionell salva normala värdena. Riktvärden för dessa storheter blir

Underbörningens djup	$0.3\sqrt{\frac{EV}{1.25}}$
Bottenladdningens längd	$1.3\sqrt{\frac{EV}{1.25}}$
Oladdad hållängd	$\sqrt{\frac{EV}{1.25}}$

Pipladdningens styrka väljes som normalt till 40% av bottenladdningens styrka, i båda fallen räknat per meter borrhålslängd.

Det är tänkbart, att en viss besparing även i sprängämnesåtgången kan uppnås vid gleshålssprängning genom att bottenladdningen görs kortare än vad som ovan angivits. Detta har dock ej prövats, och förändringar i denna riktning bör därför göras med största försiktighet.

För att undvika kastning bibehålles den konventionella, större försättningen framför första radens hål. (I detta exempel 2 m). Massorna från första raden fungerar då som en barriär och den omedelbart följande stensprutningen från nästa hål fångas upp. De bakre två hålradena ger en viss zig-zag kontur åt bakre pallkanten; konturen stör ordningssinnet eftersom nästa salvas första rad inte ligger i fas med konturen. Några ~~reella~~ nackdelar med detta tycks ej finnas, men i en del salvor har en sista rad använts med konventionellt hålavstånd och konventionell försättning.

c/ Tändplan.

Tändplanen görs upp med samma intervallnummer som i en konventionell salva, men med den skillnaden att man inte skjuter upp en spetsig kil i mitten. Det är viktigt att de bägge närmaste hålen i raden framför är skjutna i ett tidigare intervall innan ett hål i nästa rad skjutes. Man kan fortfarande börja i mitten och får därmed salvan samlad framåt på samma sätt som tidigare. Man ritar lämpligen upp den avsedda utslagslinjen för varje intervallnummer, vilket ger möjlighet att kontrollera att efterföljande hål verkligen har fritt utslag vid den tidpunkt då deras laddning detonerar. Fig. 2 visar exemplar på tändplaner som kommit till användning under försöksserien.

d/ Resultat.

Fig. 3a visar pall i Stora Vika efter sprängning
 $E/V = 6$.

Fig. 3b visar salvan under utlastning.

Fig. 3c visar salvans borrarplan.

Fig. 4. Jämförelse mellan konventionell salva och
 gleshålssalva i granit.

Stora Vika-försöken.

Tabell 1 visar en detaljerad jämförelse mellan ett antal konventionella salvor och gleshålsalvor i kalkberg (Stora Vika). Samtliga salvor sköts under noggrann kontroll och inom ett begränsat område av brottet. Så långt möjligt hölls alla yttre faktorer oförändrade. Jämförelsen visar att antalet skut, d.v.s. stycken med största dimension större än 1 m, blev endast hälften så stort vid gleshålssprängning som vid konventionell sprängning, trots att både specifika borrarningen och laddningen minskats med vardera c:a 10%.

I dessa försök gjordes ingen mätning av utlastningskapaciteten. Platsbefälets subjektiva intryck var att gleshålsalvorna föreföll mera lättlastade än de konventionella.

Umeåförsöken.

Tabell 2 visar en motsvarande jämförelse mellan ett antal konventionella salvor och gleshålsalvor i granit (Nils P. Lundh, Umeå). Vid dessa salvor gjordes en mera ingående kostnadsuppföljning. Dessutom undersöktes den utlastade mängden berg per dag separat för varje salva som ett mått på styckefallet.

I denna serie av gleshålsalvor blev både specifika laddningen och specifika borrarningen större än i de konventionella salvorna. Detta sammanhänge med att bakre hålraden borrades med mindre hålavstånd än i övriga rader utan att detta korrigerades med en i motsvarande grad större försättning. Eftersom denna överladdning endast hänförs till en begränsad del av salvan torde dess inverkan på det totala styckefallet och skutantalet kunna försummas.

Skutantalet minskades även i denna försöksserie radikalt, från i genomsnitt 170 skut per 1000 ton berg till mindre än 100, d.v.s. en minskning med 43%.

Jämförelsen mellan lastningskapaciteterna visar att förbättringen inte är begränsad till mindre skutantal. Den med nära 30% ökade lastningskapaciteten antyder att styckefallet blir bättre över ett större storleksregister.

Denna förbättring är av utomordentligt stor betydelse.

Normalt brukar kostnaden för lastning och transport i ett större dagbrott vara jämförbar med den sammanlagda kostnaden för borrhning och laddning. En minskning med 30% i en så stor kostnadspost synes oss vara ett mycket stort framsteg.

I den speciella försöksserien i Umeå maskeras den ekonomiska räckvidden av detta resultat av den onödigt fördyrade borrhningen och laddningen, men som framgår av fig 5 erhöles trots detta en minskning av totalkostnaden med c:a 15%.

Arbetet med glöshålssprängning i full skala har möjgjorts genom ekonomiskt stöd från Nitro Nobel AB, Atlas Copco AB och Styrelsen för teknisk utveckling. Vi står i tacksamhetsskuld till bergsing. Sture Engdahl, Skånska Cement AB i Stora Vika och ing. Berthold Johansson, Nils P. Lund, Umeå som i hög grad har bidragit till försökens snabba genomförande.

Referenser.

1. U. Langefors och T. Sjölin
"Samband mellan styckefall, hålsättning och tändning vid modellförsök"
Föredrag vid Bergsprängningskommitténs diskussionsmöte 23.2.1963.
2. U. Langefors
"Fragmentation in rock blasting"
VII Symposium on Rock Mechanics
Pennsylvania State University 14-16 juni 1965.
3. P.A. Persson, A. Ladegaard-Pedersen, B. Kihlström
"Sprängningsresultatets beroende av håldiameter och hålsättning vid pallsprängning".
Föredrag vid Bergsprängningskommitténs diskussionsmöte febr. 1963.
4. P.A. Persson, A. Ladegaard-Pedersen, B. Kihlström
"The influence of Borehole Diameter on the Rock Blasting Capacity of an Extended Explosive Charge".
Int. J. Rock. Mech. Min. Sci. Vol. 6 pp. 277-284 1969.
5. A. Ladegaard-Pedersen
"Samband mellan styckefall och hålsättning vid modellförsök i plexiglas"
Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Rapport DL 1968:36.

Tabell 1. Jämförelse mellan gleshålsprängning och konventionell sprängning i kalkberg (Stora Vika).

	konventionell hålsättning										Mv	gleshålsprängning			Ändring i %
	3	6	10	12	14	15	17	19				A	B	C	
Salva															
E/V	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5				4.3	6	8	
E·V	6	6	6	6	6	6	6	6				8.4	6	6	
Salvdata															
Hålldiameter mm	76	76	76	76	76	76	76	76				76	76	76	
Spec. laddning q kg/m ³	0.54	0.53	0.59	0.60	0.54	0.45	0.5	0.48			0.53	0.44	0.51	0.49	0.48
Spec. borrarning bm/tfm ³	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17			0.17	0.12	0.17	0.16	0.15
Antal hål	69	50	61	39	49	63	50	51				67	66	45	
Försättning	2	2	2	2	2	2	2	2				1.40	1	0.85	
Hålsättning	3	3	3	3	3	3	3	3				6	6	7	
Total volym m ³	8280	6000	7320	4680	5880	7560	6000	6120			6480	11070	7920	5800	8263
Skut/1000 m ³	112	164	112	164	112	107	109	86			121	57	47	86	63
															- 48

Tabell 2. Jämförelse mellan gleshålsprängning och konventionell sprängning i granit (Umeå).

Salva	konventionell hålsättning						gleshålsprängning								Mv	Ändring i %
	A	B	C	D	2	4	1	3	4	6	7	8				
E/V	1.25	1.25	1.25	1.25	1.3	1.25	5.2	4	4	4	4	4				
E·V	6.9	6.9	5	5	8.1	5	8.1	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25				
Salvdata																
Håldiameter mm	76	76	76	76	76	64	76	76	76	76	76	76				
Spec.laddning q kg/m ³	0.62	0.34	0.42	0.50	0.50	0.55	0.45	0.62	0.62	0.73	0.63	0.75			0.63	+ 29
Spec.borrning bm/tfm ³	0.14	0.14	0.15	0.16	0.15	0.23	0.16	0.17	0.19	0.20	0.17	0.21			0.18	+ 13
Antal hål	10	25	43	44	44	59	24	66	67	67	68	41				
Försättning V, m	2.3	2.3	2	2	2.5	2	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25				
Hålavstånd E, m	3	3	2.5	2.5	3.25	2.5	6.50	5	5	5	5	5				
Total volym m ³	1280	3345	5740	5885	5600	5220	2370	8150	7440	7000	8122	4000			6264	
Skut/1000 m ³	219	190	171	185	124	126	107	90	112	85	102	88			97	- 43
Kapacitet																
Lastning ton/dag	883	1200	1580	1545	1139	1729	1584	1819	1861	1591	1337	1684				
Kostnader kr/m ³	1006	1346	1773	1733	1462	2040	2091	2146	1861	1814	2094	1920			1983	+ 28
Borrning	0.95	0.95	1.02	1.02	1.02	1.56	1.09	1.16	1.29	1.36	1.16	1.55			1.27	+ 17
Sprängämne	1.87	1.00	1.19	1.29	1.24	1.40	1.33	1.09	1.56	1.69	1.61	1.92			1.62	+ 22
Skut	2.00	1.73	1.56	1.69	1.14	1.15	0.98	0.33	1.02	0.78	0.93	0.80			0.89	- 43

x/ korrigerat m.h.t. maskinbyten

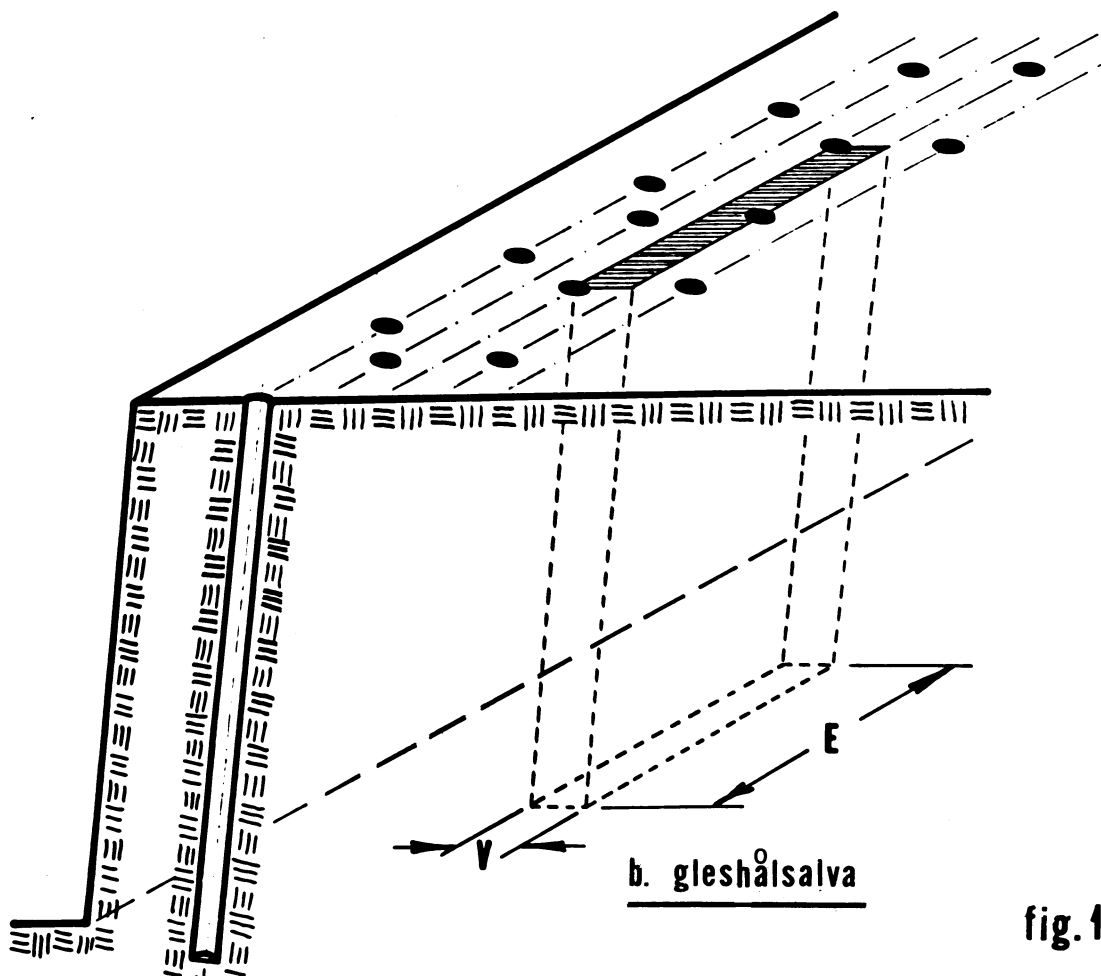
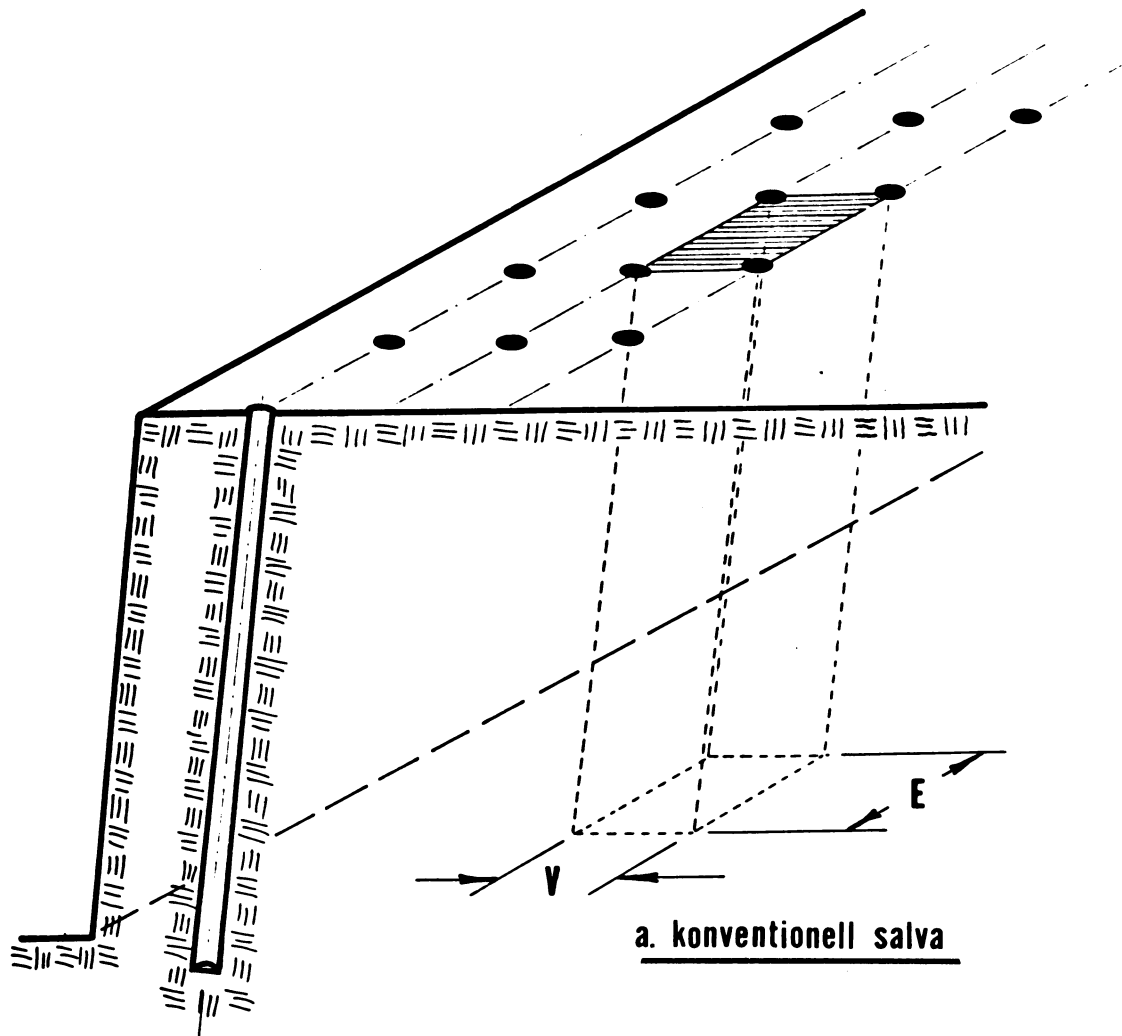


fig. 1

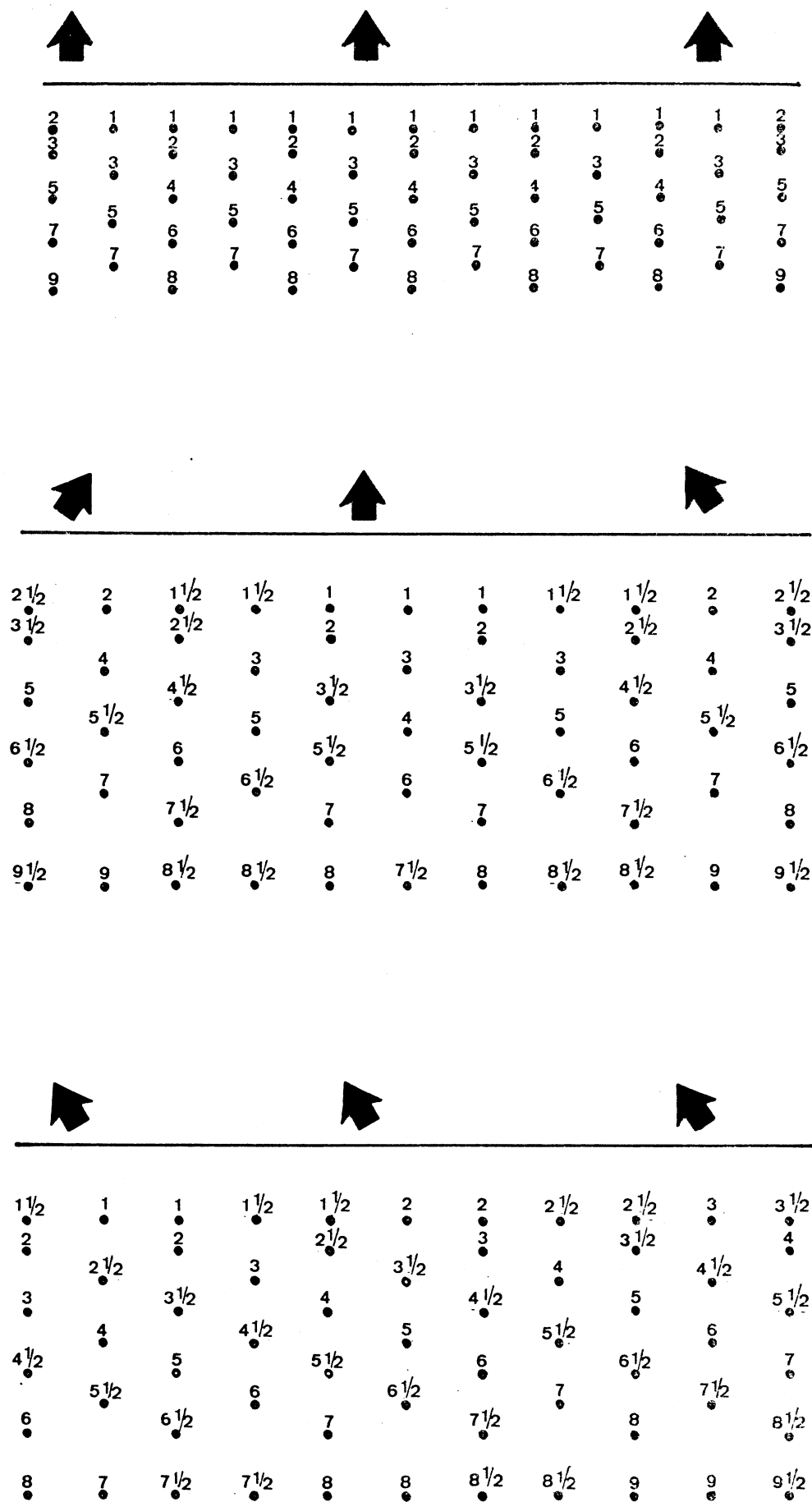


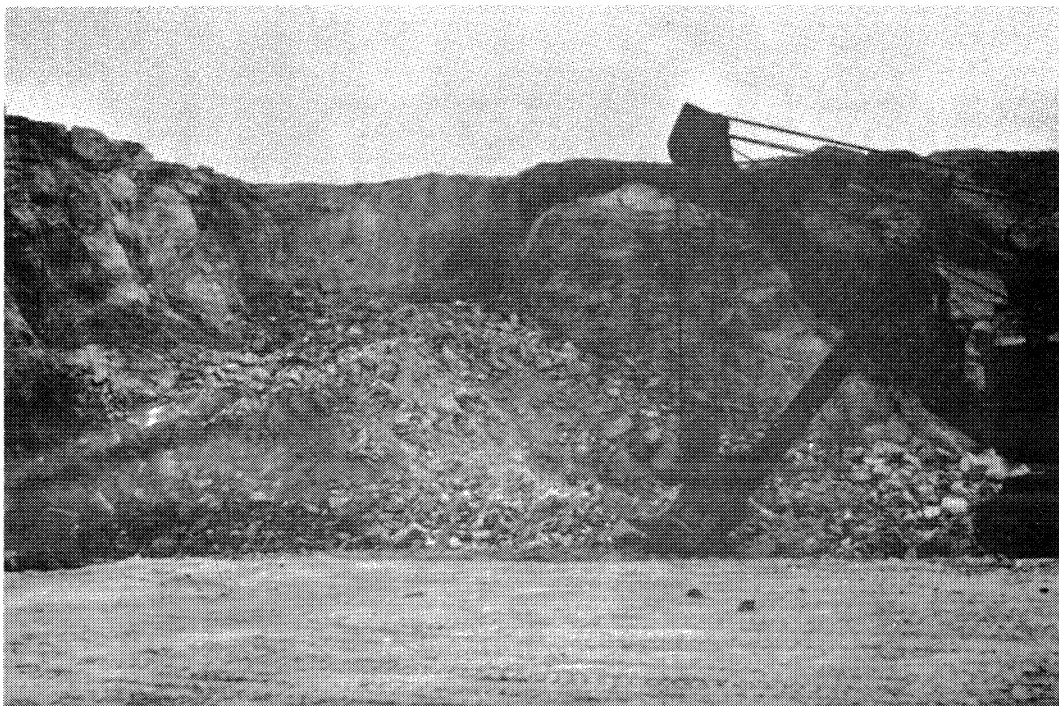
fig. 2



(a)

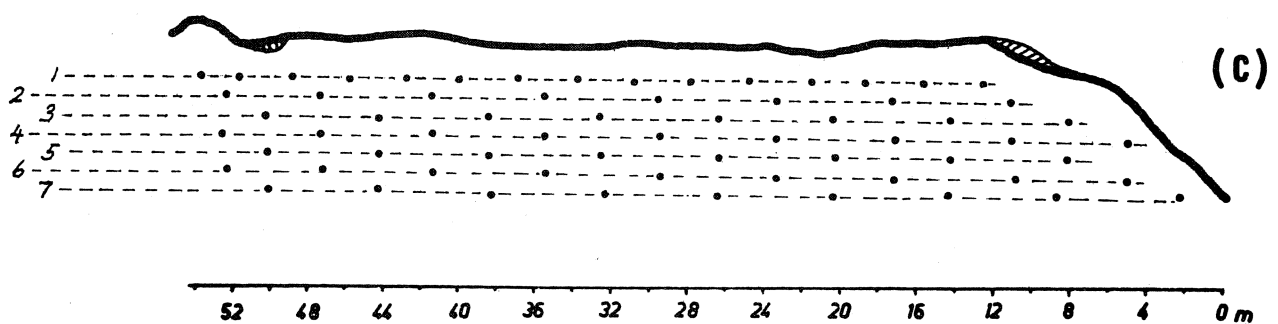
Försättning 1 m
Hållavstånd 6 m
Pallhöjd 20 m

Stora Vika
kalk



(b)

Salvan under
utlastning



(c)

fig.3



Försättning 1.25 m

Hålavstånd 5 m

Pallhöjd 20 m

Nils P. Lundh, Umeå

Granit



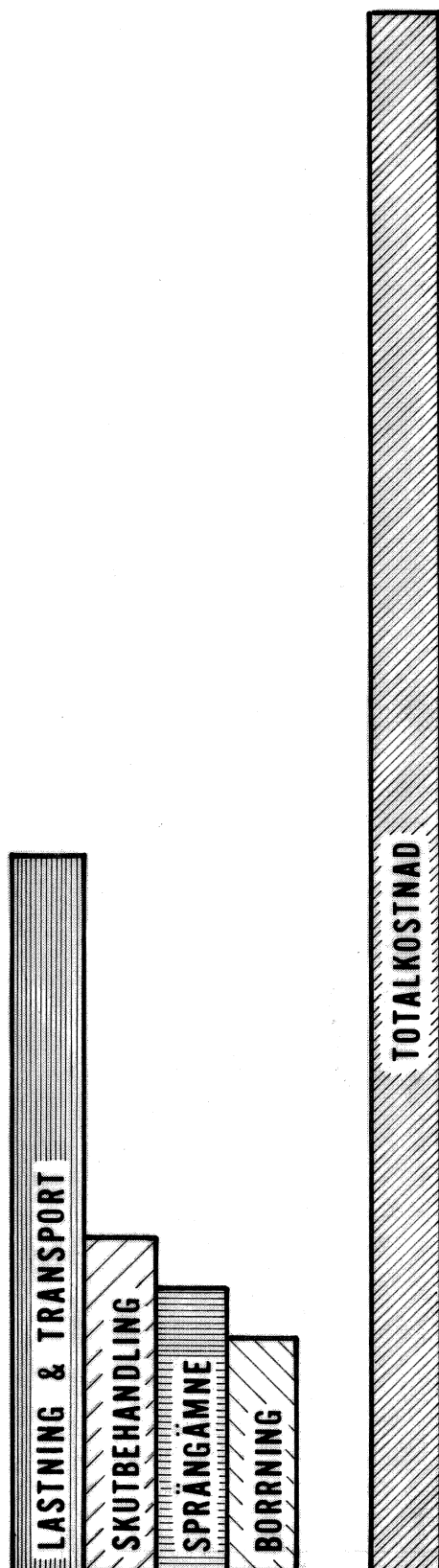
Försättning 2 m

Hålavstånd 2.5 m

Pallhöjd 20 m

fig. 4

KONVENTIONELL HÅLSÄTTNING



GLESHÅLSPRÄNGNING

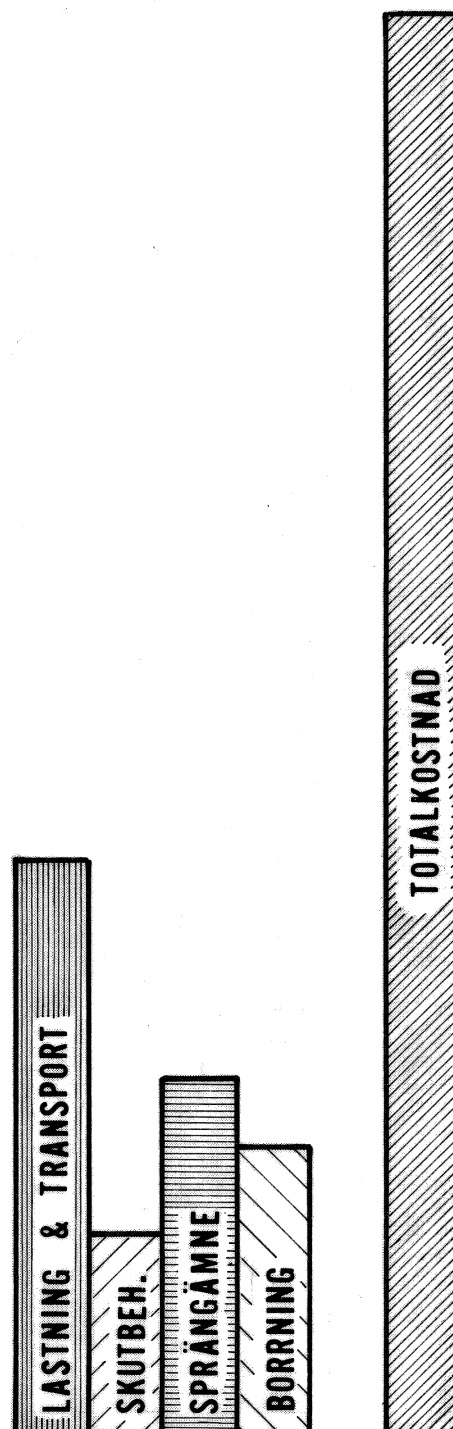


fig.5