

PALLSPRÄNGNING. JÄMFÖRELSE MELLAN SMÅ
OCH STORA BORRHÅL, OLIKA HÅLSÄTTNING OCH
OLIKA SPRÄNGÄMNER.

Anders Ladegaard-Pedersen

DS 1973:2

17.1.1973

STIFTELSEN
SVENSK DETONIKFORSKNING
SWEDISH DETONIC RESEARCH FOUNDATION

VINTERVIKEN - 117 48 STOCKHOLM
SWEDEN

PALLSPRÄNGNING. JÄMFÖRELSE MELLAN SMÅ
OCH STORA BORRHÅL, OLIKA HÅLSÄTTNING OCH
OLIKA SPRÄNGÄMNER.

Anders Ladegaard-Pedersen

DS 1973:2

17.1.1973

Sammanfattning

Rapporten redovisar jämförbara kostnader och styckestorlek vid olika sprängämnesalternativ och håldiametrar under vissa speciella förutsättningar som kan anses typiska för ett dagbrott med 10 meters pallhöjd. Eftersom olika betingelser råder i olika dagbrott kan anspråk på korrekthet ej göras.

Rapporten avser en övningsuppgift i anslutning till fortbildningskurs i bergteknik vid KTH våren 1972.

Innehåll.

Förutsättningar		1
Utgångsantaganden, kostnader etc.		2
Sammanfattning		3
Referenser och beteckningar		4
Hålvolymer vid olika håldiameter	fig. 1	5
Borrningskostnad per bormeter	fig. 2	6
Borrningskostnad per m ³	fig. 3	7
Sprängämneskostnad per m ³	fig. 4	8
Kostnad sprängämnet borrar per m ³	fig. 5	9
Urborrade hålvolymer som funktion av styckefall	fig. 6	10
Praktisk försättning vid olika håldiameter	fig. 7	11
Dynamex B enbart, sammanställning	Tabell 1	12
Dynamex + Nabit, "	Tabell 2	13
Dynamex + Prillit, "	Tabell 3	14
Reolit A 10, enbart, "	Tabell 4	15
Reolit A 10 + Reolit 10 och 20, sammanställning	Tabell 5	16
Reolit A 10 + Prillit "	Tabell 6	17
Prillit enbart "	Tabell 7	18

Förutsättningarna äro i denna övningsuppgift följande:

- 1/ Pallhöjd: 10 m
- 2/ Bergmaterial: Granit
- 3/ Sprängning sker mot 3 fria ytor (losslitning sker längs en bottenyta och en sidoyta)
- 4/ Inga speciella fordringar har ställts på styckefallet som efter sprängning transporterats till tipp
- 5/ Utlastning sker efter varje salva
- 6/ Ingen hänsyn behöver tagas till markvibrationer och kast
- 7/ Kortintervalltändning

Jämförelsen omfattar följande borrhålsdiameterar:

2", 2 1/2", 3", 3 1/2", 4", 4 1/2", 5" och 6"

och följande sprängämnesalternativ

<u>Bottenladdning</u>	<u>Pipladdning</u>	<u>Laddningsfördelning</u>	specifik laddn. kg DxB/fm	
			<u>bottendel</u>	<u>hela salvan</u>
Dynamex B	Dynamex B	$l_p = l_b$ (kg/m)	0.42	0.42
Dynamex B	Nabit	$l_p = 0.71 l_b$	0.42	0.34-0.42
Dynamex B	Prillit	$l_p = 0.61 l_b$	0.42	0.34-0.42
Reolit A 10	Reolit A 10	$l_p = l_b$	0.42	0.42
Reolit A 10	Reolit 10-20	$l_p = 0.68 l_b$	0.42	0.34-0.39
Reolit A 10	Prillit	$l_p = 0.47 l_b$	0.42	0.28-0.40
Prillit	Prillit	$l_p = l_b$	0.42	0.42

I beräkningen ingående konstanter:

Hållutning 3:1
 Bergkonstant 0.45
 E/V 1.3 och 4
 Änsättningsfel 0.01 m
 Lutningsfel 0.02 m/m
 Antal hålrader 5 st
 Pallhöjd 10 m

Utgångsantaganden.

Följande antaganden om jämförbara kostnader och priser har gjorts.

Sprängämnen.

Sprängämne	Kilopris	Viktstyrka (rel. Dx)	Packningsgrad (kg/liter i hål)
Dynamex B	2:90	1	1.25
Reolit A 10	2:20	1.08	1.5
Prillit	0:85	0.85	0.9
Reolit 10	1:35	0.72	1.5
Reolit 20	1:60	0.73	1.5
Nabit	2:00	0.89	1.0

Kostnad för tändmedel vid Dynamexladdade salvor 1:50 kr/hål

" " " " övriga " 3:50 kr/hål

Beskrivning av sprängämnen.

Dynamex	Plastisk dynamit av hög täthet, i pappers- eller plastpåsar.
Reolit A 10	Aluminiserad slurry av hög täthet, vars känslighet ökats medelst TNT-tillsats. Al-halt c:a 15 %.
Reolit 10	TNT-slurry av hög täthet (>3")
Reolit 20	TNT-slurry av hög täthet (2"-2 1/2")
Nabit	Pulverdynamit av låg täthet i pappersladdningar, plastpåsar eller plaströr.
Prillit	Finkornigt ammoniumnitratsprängämne med god rinnbarhet.

Borrningskostnad se fig. 2.

Sammanfattning.

1. Vid konstant specifik laddning ger en salva med smala borrhål betydligt bättre sönderslagning av berget än en salva borrarad med grova hål.
2. Totalkostnaden borrning + sprängämne blir lägre med ökande borrhålsdiameter.
3. En kombination av kraftig bottenladdning (Reolit A 10) med billigt ammoniumnitratsprängämne i pipan ger den lägsta totalkostnaden per m³ berg i diameterområdet 2"-5".
4. Totalkostnaden för borrning och sprängämne blir obetydligt lägre för Prillit- än för Reolitalternativet för diametrar 5".
5. Eftersom Prillit alternativet medför en dryg fördubbling av antalet borrhål för samma bergvolym som Reolitalternativet innebär detta kapacitetsförluster eller större investeringsbehov.

Allmänt.

6. Begränsande faktorer för användning av prillit är i huvudsak vatten i borrhål, samt att tändmedel måste placeras i borrhålet samtidigt som sprängämnet. Vid Reolitsalvor kan tändmedel (primer + sprängkapsel) sänkas ner i det färdigladdade borrhålet vid önskad tidpunkt.
7. Kastningsrisken ökar med borrhålsdiametererna.
Markvibrationer kan vara svåra att bemästra vid stora borrhålsdiametrar.
8. Uppsprickningen under den teoretiska konturen ökar med borrhålsdiametererna.
9. Förutsättningen för erforderlig kapacitet och bättre ekonomi är ofta grova hål.

Referenser.

1. Langefors, U. och Kihlström, B. The Modern Technique of Rock Blasting.- Almqvist & Wiksell, Stockholm (1963).
2. Lundborg, N. Dataprogram för laddningsberäkning vid pallsprängning.- Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Rapport DS 1971:18.
3. Persson, P.A. och Ladegaard-Pedersen, A. Fullskaleförsök med gleshålssprängning.- Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Rapport DS 1970:14.
4. Persson, Per-Anders How an explosive can shave costs - and yet seem expensive. DS 1971:53.

Beteckningar.

d	håldiameter	mm eller tum
H	håldjup	m
V _l	praktisk försättning	m
E _l	praktiskt hålavstånd	m
Q _b	bottenladdning	kg
Q _p	pipladdning	kg
Q _T	totalladdning	kg
I _b	laddningskoncentration i botten	kg/m
I _p	laddningskoncentration i pipa	kg/m
q	specifik laddning	kg DxB/fm ³

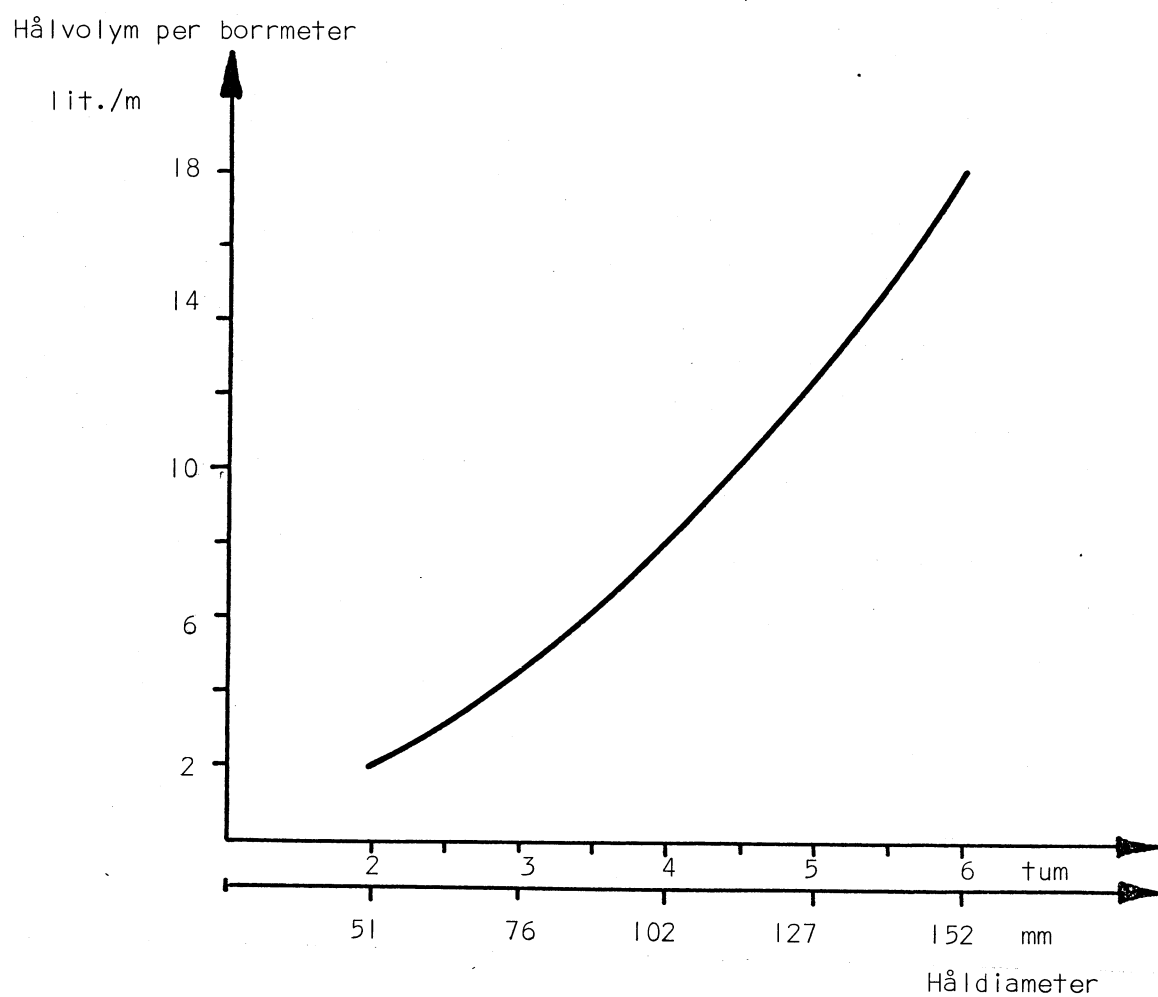


Fig. 1. Urborrad hålvolymer per bormeter vid olika håldiameter.

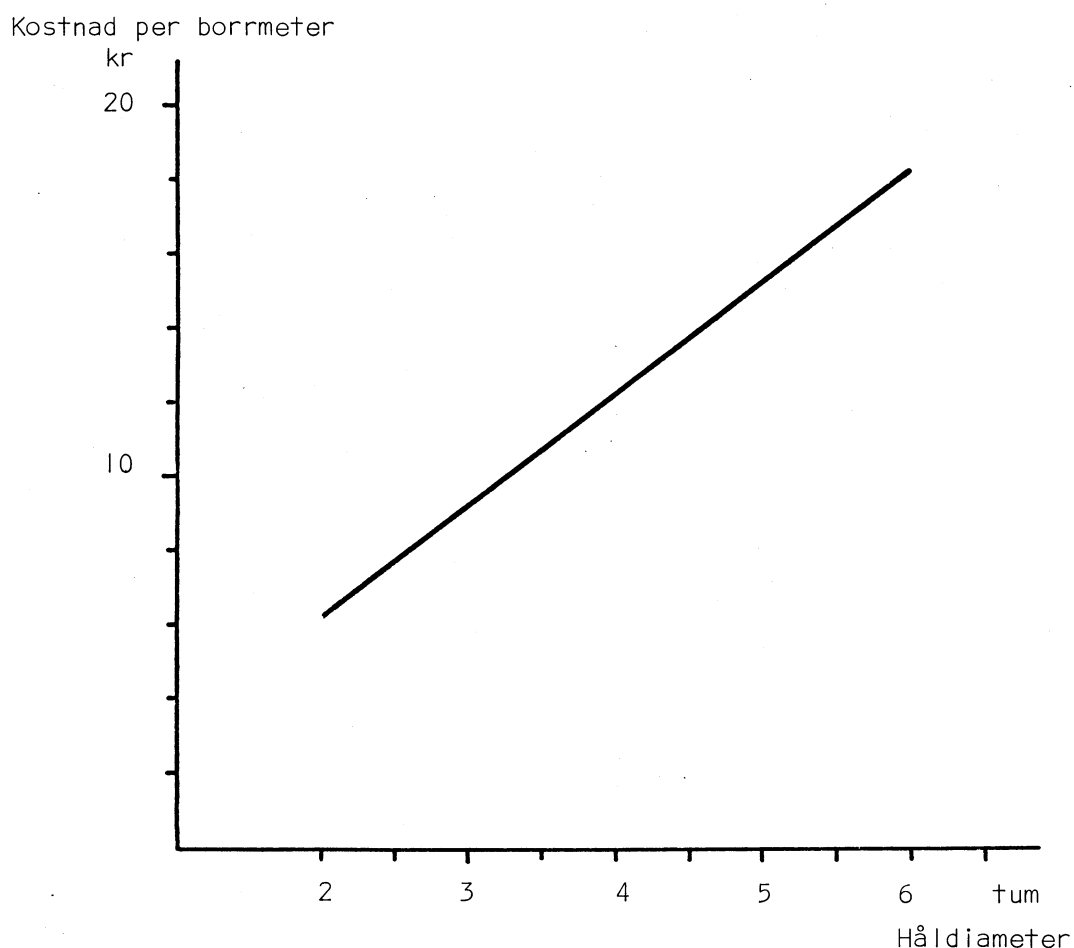
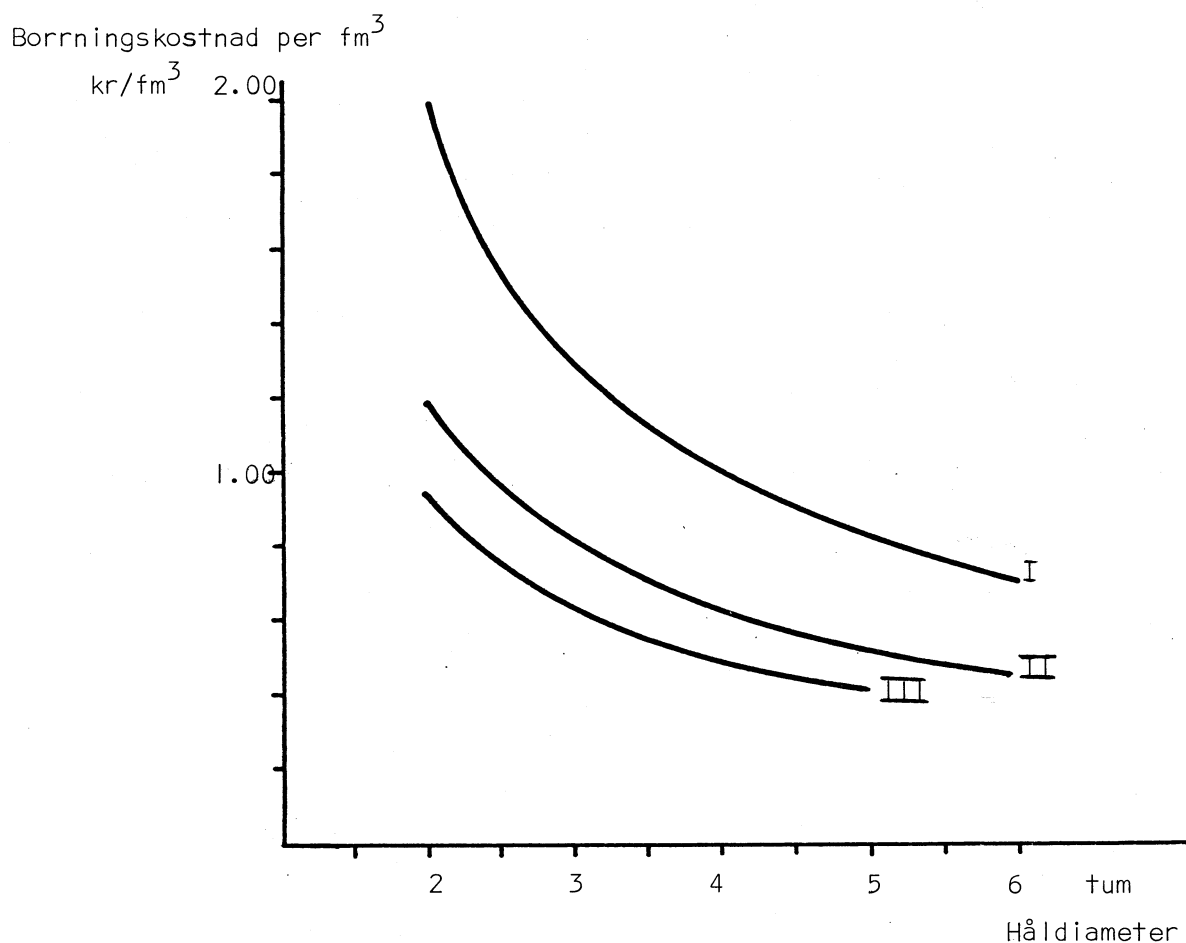


Fig. 2. Borrningskostnad per bormeter som funktion av håldiameteren.

Kostnaderna är baserade på någorlunda initierade gissningar och ligger till grund för beräkningarna i denna övningsuppgift. Eftersom olika speciella betingelser råder i olika dagbrott kan anspråk på korrekthet ej göras.

Kostnaden per m^3 erhålles genom att multiplicera bormeterkostnad med spec. borrning.

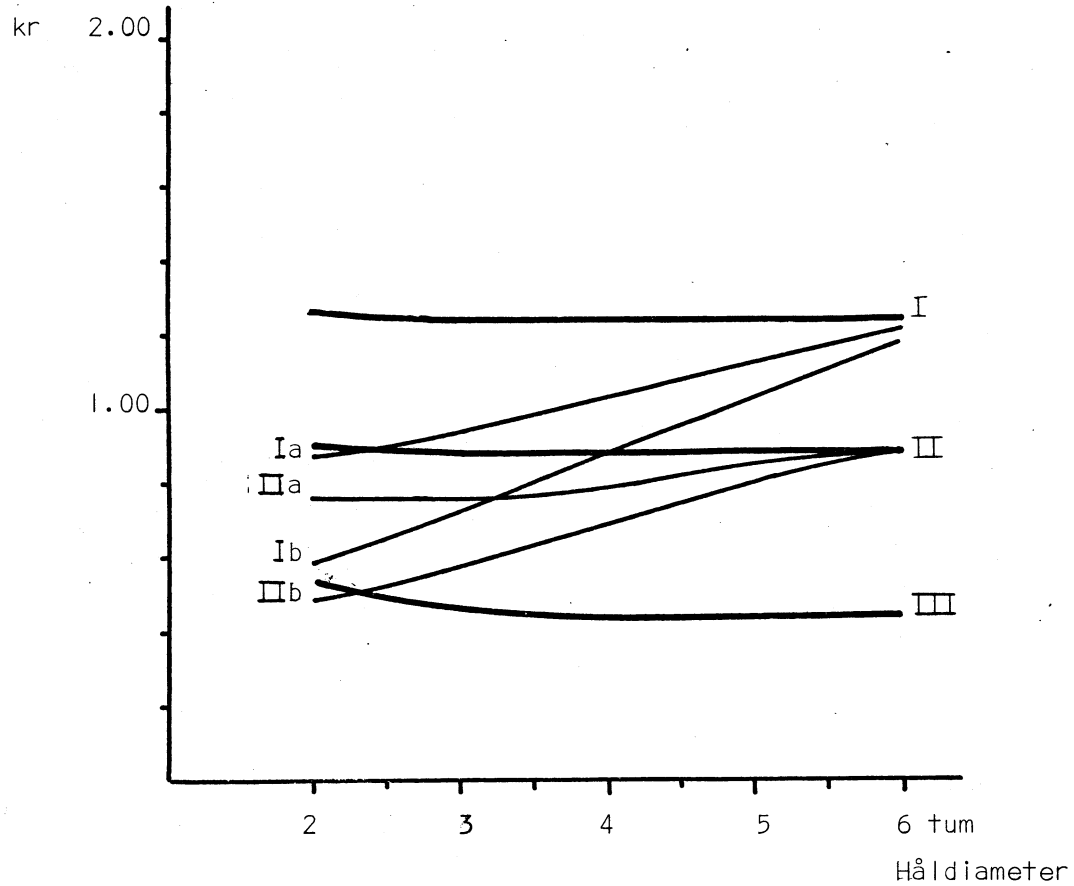
I kostnaden ingår kapital, arbetslön, borrarstål, slipning, luft, reparationer, reservdelar och övriga driftskostnader. Bormaskinutrustningarna för olika håldiametrar är av olika slag men står på samma tekniska utvecklingsnivå.



- I Prillit
 II Dynamex B
 III Reolit A10
- vid konstant specifik laddning
 motsvarande $0.42 \text{ kg DxB}/\text{fm}^3$

Fig. 3. Borrningskostnaden per fm^3 som funktion av håldiameteren vid olika sprängämnen. Diagrammet visar att borrningskostnaden minskar med ökad håldiameter, och att t.ex. borrningskostnaden för Prillit är mera än dubbelt så stor som för Reolit A10. Om packningsgraden för Dynamex B (som här har valts till $1.25 \text{ kg}/\text{dm}^3$) ökas skulle detta innebära en minskning av borrningskostnaden.

Kostnad sprängämne (inkl. tändmedel) per fm^3



- I DxB enbart
- Ia DxB + Nabit
- Ib DxB + Prillit
- II ReAlO enbart
- IIa ReAlO + RelO (20)
- IIb ReAlO + Prillit
- III Prillit enbart

Fig. 4. Sprängämneskostnad per fm^3 som funktion av håldiametern.

I diagrammet ingår ej kostnader för laddning och sprängning, vilka minskar med ökad håldiameter.

Kostnad borrning + sprängämne (inkl. tändmedel) per fm^3

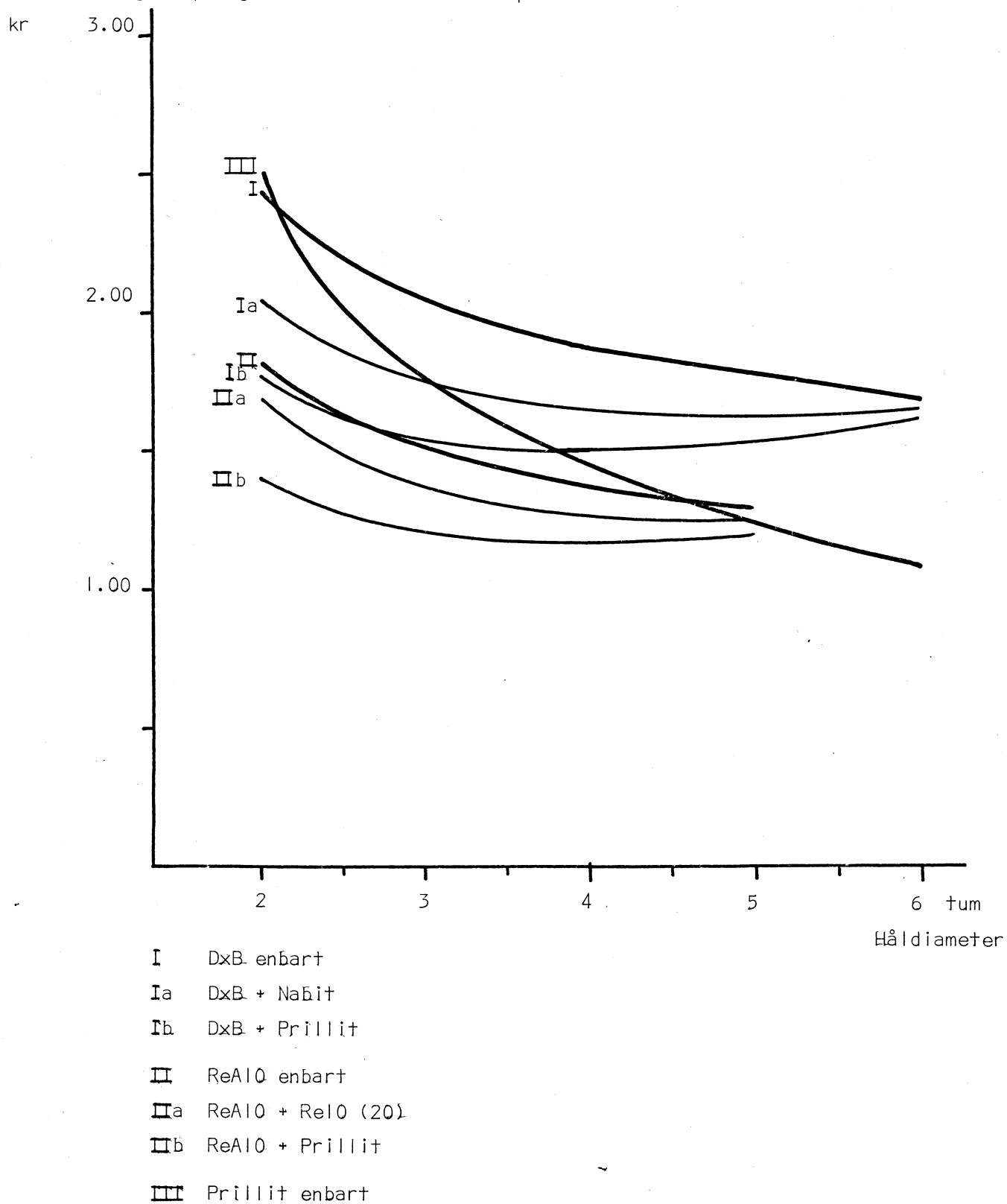


Fig. 5. Totalkostnad borrning + sprängning vid olika borrhålsdiameterar.

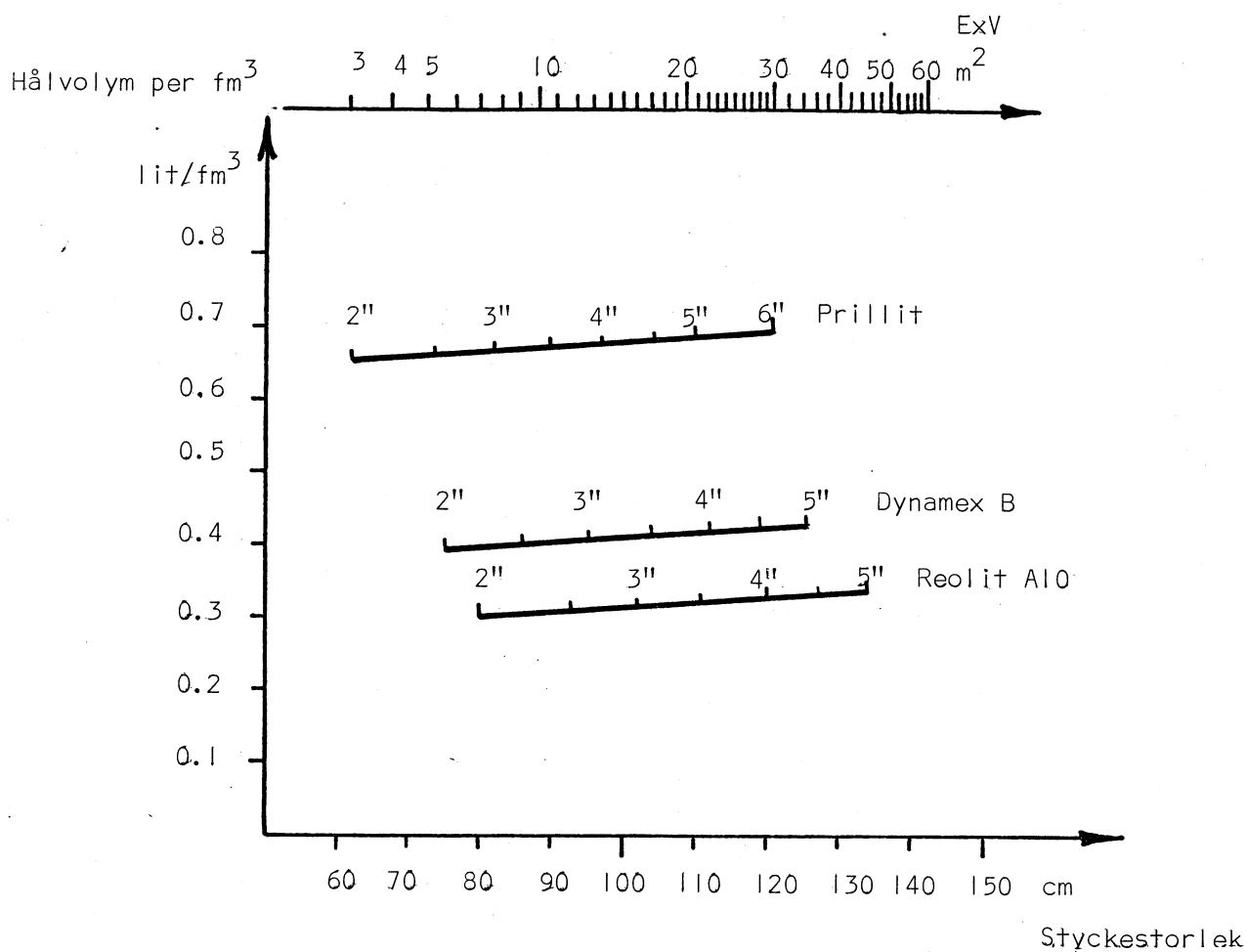


Fig. 6. Urborrad hålvolym som funktion av styckestorleken vid konstant specifik laddning ($0.42 \text{ kg DxB}/\text{fm}^3$) och olika sprängämnen.

PRAKTISK FÖRSÄTTNING V

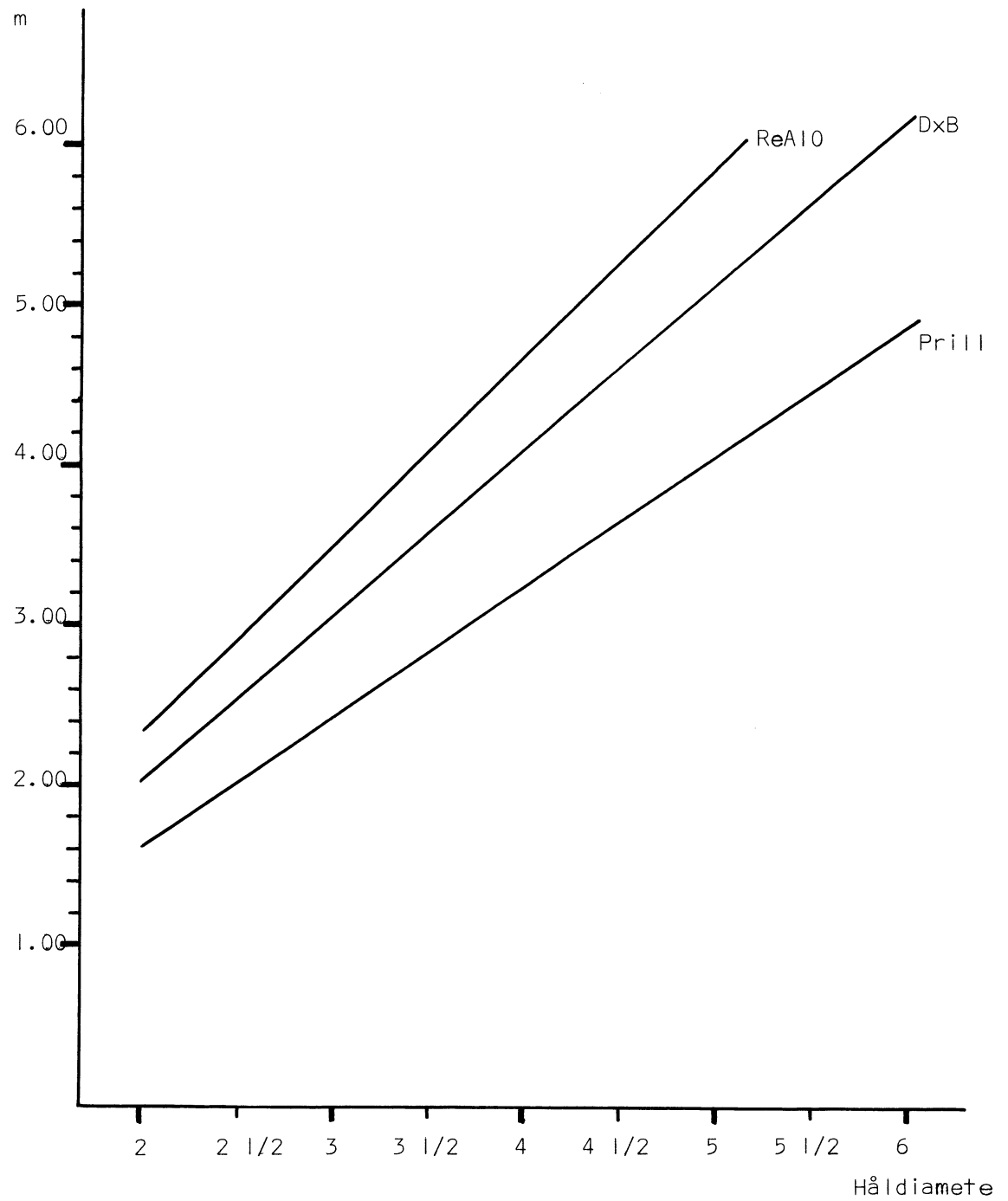


Fig. 7. Praktisk försättning vid olika håldiametrar.

Tabell 1.

DYNAMEX B enbart

Borrning och laddning per hål										Kostnad per fm ³		Styckestorlek	
d mm	H m	V _l m	E _l m	Q _T kg	I _b kg/m	I _p kg/m	q kg DxB/fm ³	Borrning kr	Sprängämne kr	Totalt kr	E/V = 1.3 m	E/V = 4 m	
51	11.34	2.07	2.69	24.8	2.55	2.55	0.42	1.18	1.25	2.43	0.75	0.64	
64	11.52	1.18	4.72					0.96	1.24	2.20	0.86	0.73	
76	11.69	2.60	3.38	39.0	4.02	4.02	0.42	0.81	1.24	2.05	0.95	0.81	
		1.48	5.93									0.88	
89	11.87	3.09	4.01	55.1	5.67	5.67	0.42	0.71	1.24	1.95	1.04		
		1.76	7.04										
102	12.05	3.62	4.70	75.8	7.78	7.78	0.42	0.63	1.24	1.87	1.12	0.95	
		2.06	8.24										
115	12.23	4.14	5.39	100.0	10.21	10.21	0.42	0.56	1.24	1.80	1.19	1.01	
		2.36	9.45										
127	12.40	4.67	6.07	127.6	12.98	12.98	0.42	0.52	1.24	1.76	1.24	1.14	
		2.66	10.65										
152	12.75	5.16	6.71	142.3	15.83	15.83	0.42	0.44	1.24	1.68	1.43	1.21	
		2.94	11.76										
		6.17	8.03	219.1	22.68	22.68	0.42						
		3.52	14.08										

Tabel 2.

DYNAMEX + NABIT

Borrning och laddning per hål										Kostnad per fm ³			Styckestorlek	
d	H	V _I	E _I	Q _b	Q _p	l _b	l _p	q		Borrning	Sprängämne	Totalt	E/V=1.3	E/V=4
mm	m	m	m	kg	kg	kg/m	kg/m	kg	DxB/fm ³	kr	kr	kr	m	m
51	11.34	2.07	2.69	7.9	13.53	2.55	2.04	0.34		1.18	0.86	2.04	0.98	
		1.18	4.72											0.83
64	11.52	2.60	3.38	15.5	18.78	4.02	3.21	0.35		0.96	0.90	1.86	1.08	
		1.48	5.93											0.92
76	11.69	3.09	4.01	26.0	23.27	5.67	4.52	0.36		0.81	0.92	1.73	1.15	
		1.76	7.04											0.98
89	11.87	3.62	4.70	41.7	27.22	7.78	6.20	0.37		0.71	0.98	1.69	1.22	
		2.06	8.24											1.04
102	12.05	4.14	5.39	62.7	29.68	10.21	8.15	0.38		0.63	1.03	1.66	1.28	
		2.36	9.45											1.09
115	12.23	4.67	6.07	90.0	30.10	12.98	10.36	0.39		0.56	1.08	1.64	1.32	
		2.66	10.65											1.12
127	12.40	5.16	6.71	121.1	28.21	15.83	12.63	0.40		0.52	1.12	1.64	1.36	
		2.94	11.76											1.15
152	12.75	6.17	8.03	207.6	15.33	22.68	18.09	0.42		0.44	1.21	1.65	1.43	
		3.52	14.08											1.21

Tabell 3.

DYNAMEX + PRILLIT

Borrning och laddning per hål										Kostnad per fm ³			Styckestorlek	
d	H	V _I	E _I	Q _b	Q _p	l _b	l _p	q	Borrning	Sprängämne	Totalt	E/V=1.3	E/V=4	
mm	m	m	m	kg	kg	kg/m	kg/m	kg DxB/fm ³	kr	kr	kr	m	m	
51	11.34	2.07	2.70	7.9	12.2	2.55	1.83	0.31	1.18	0.59	1.77	1.09	0.92	
		1.18	4.73											
64	11.52	2.60	3.38	15.5	16.9	4.02	2.88	0.32	0.96	0.66	1.62	1.18		
		1.48	5.93										1.00	
76	11.69	3.09	4.01	26.0	20.9	5.67	4.06	0.33	0.81	0.72	1.53	1.25		
		1.76	7.04										1.06	
89	11.87	3.62	4.70	41.7	24.5	7.78	5.57	0.35	0.71	0.80	1.51	1.30		
		2.06	8.24										1.11	
102	12.05	4.14	5.39	62.7	26.7	10.21	7.32	0.36	0.63	0.88	1.51	1.34		
		2.36	9.45										1.14	
115	12.23	4.67	6.07	90.0	27.1	12.98	9.30	0.38	0.56	0.96	1.52	1.38		
		2.66	10.65										1.17	
127	12.40	5.16	6.71	121.1	11.4	15.83	11.35	0.39	0.52	0.99	1.51	1.40		
		2.94	11.76										1.19	
152	12.75	6.17	8.03	207.6	16.3	22.68	16.28	0.42	0.44	1.18	1.62	1.43		
		3.52	14.08										1.21	

Tabell 4.

REOLIT A10 enbart

Borrning och laddning per hål								Kostnad per fm ³		Styckestorlek		
d	H	V _I	E _I	Q _T	I _b	I _p	q	Borrning	Sprängämne	Totalt	E/V = 1.3	E/V = 4
mm	m	m	m	kg	kg/m	kg/m	kg DxB/fm ³	kr	kr	kr	m	m
51	11.44	2.36	3.07	29.74	3.06	3.06	0.42	0.92	0.90	1.82	0.81	0.69
64	11.65	2.96	3.85	46.88	4.83	4.83	0.42	0.75	0.89	1.64	0.93	0.79
76	11.84	3.51	4.57	66.28	6.80	6.80	0.42	0.63	0.88	1.51	1.02	0.87
89	12.04	4.12	5.35	91.28	9.33	9.33	0.42	0.55	0.88	1.43	1.11	0.95
102	12.25	4.72	6.13	120.54	12.26	12.26	0.42	0.49	0.88	1.37	1.20	1.02
115	12.45	5.32	6.91	154.19	15.58	15.58	0.42	0.44	0.88	1.32	1.27	1.08
127	12.64	5.87	7.63	189.27	19.00	19.00	0.42	0.41	0.88	1.29	1.34	1.14
		3.35	13.39									

Tabel 5.

REOLIT A10 + REOLIT 10 OCH 20^{x)}

Borrning och laddning per hål										Kostnad per fm ³			Styckestorlek	
d mm	H m	V _l m	E _l m	Q _b kg	Q _p kg	I _b kg/m	I _p kg/m	q kg DxB/fm ³		Borrning kr	Sprängämne kr	Totalt kr	E/V=1.3 m	E/V=4 m
51 ^{x)}	11.44	2.36 1.34	3.07 5.38	10.7	19.15	3.06	3.06	0.34		0.92	0.76	1.68	1.07	0.90
64 ^{x)}	11.65	2.96 1.69	3.85 6.75	21.17	25.8	4.83	4.83	0.35		0.75	0.76	1.51	1.16	0.99
76	11.84	3.51 2.00	4.57 8.01	35.5	30.8	6.80	6.80	0.36		0.63	0.73	1.36	1.16	0.99
89	12.04	4.12 2.35	5.35 9.38	56.9	34.3	9.33	9.33	0.37		0.55	0.75	1.30	1.23	1.04
102	12.25	4.72 2.69	6.13 10.76	85.7	34.8	12.26	12.26	0.37		0.49	0.78	1.27	1.28	1.09
115	12.45	5.32 3.03	6.91 12.13	122.8	31.4	15.58	15.58	0.38		0.44	0.82	1.26	1.32	1.12
127	12.64	5.87 3.35	7.63 13.39	165.4	23.9	19.00	19.00	0.39		0.41	0.85	1.26	1.35	1.15

Tabell 6.

REOLIT A10 + PRILLIT

Borrning och laddning per håll										Kostnad per fm ³			Styckestorlek	
d	H	V _I	E _I	Q _b	Q _p	I _b	I _p	q		Borrning	Sprängämne	Totalt	E/V=1.3	E/V=4
mm	m	m	m	kg	kg	kg/m	kg/m	kg DxB/fm ³		kr	kr	kr	m	m
51	11.44	2.36	3.07	10.7	11.4	3.06	1.83	0.28		0.92	0.48	1.40	1.33	1.13
		1.34	5.38											
64	11.65	2.96	3.85	21.2	15.4	4.83	2.88	0.30		0.75	0.53	1.28	1.39	1.18
		1.69	6.75											
76	11.84	3.51	4.57	35.5	18.4	6.80	4.06	0.32		0.63	0.57	1.20	1.42	
		2.00	8.01											1.21
89	12.04	4.12	5.35	56.9	20.5	9.33	5.57	0.34		0.55	0.63	1.18	1.45	1.23
		2.35	9.38											
102	12.25	4.72	6.13	85.69	20.8	12.26	7.32	0.36		0.49	0.69	1.18	1.46	
		2.69	10.76											1.24
115	12.45	5.32	6.91	122.8	18.7	15.58	9.30	0.38		0.44	0.75	1.19	1.46	1.24
		3.03	12.13											
127	12.64	5.87	7.63	165.4	14.3	19.00	11.35	0.40		0.41	0.80	1.21	1.45	1.23
		3.35	13.39											

Tabell 7.

PRILLIT enbart

Borrning och laddning per hål										Kostnad per fm ³			Styckestorlek	
d mm	H m	V _I m	E _I m	Q _T kg	l _b kg/m	l _p kg/m	q kg DxB/fm ³	Borrning kr	Sprängämne kr	Totalt kr	E/V = 1.3 m	E/V = 4 m		
51	11.17	1.59	2.07	17.9	1.83	1.83	0.42	1.97	0.53	2.50	0.62	0.53		
64	11.32	2.03	2.63	28.1	2.88	2.88	0.42	1.54	0.47	2.01	0.74	0.63		
76	11.45	2.41	3.14	39.6	4.06	4.06	0.42	1.30	0.46	1.76	0.82	0.70		
89	11.59	2.83	3.67	54.3	5.51	5.51	0.42	1.13	0.45	1.58	0.90	0.77		
102	11.73	3.24	4.21	71.5	7.32	7.32	0.42	1.00	0.44	1.44	0.97	0.83		
115	11.87	3.65	4.75	91.0	9.30	9.30	0.42	0.90	0.44	1.34	1.04	0.88		
127	12.00	4.03	5.24	111.3	11.35	11.35	0.42	0.82	0.43	1.25	1.10	0.93		
152	12.28	4.83	6.28	160.6	16.28	16.28	0.42	0.70	0.43	1.13	1.21	1.03		
178	12.56	5.65	7.35	222.3	22.4	22.4	0.42	0.61	0.43	1.04	1.31	1.11		