

DATA FRÅN UNDERVATTENSSKJUTNINGAR MED
K2Z - ANFO och PRILLIT C

Gert Bjarnholt

DS 1974:1

11.2.1974

STIFTELSEN
SVENSK DETONIKFORSKNING
SWEDISH DETONIC RESEARCH FOUNDATION

VINTERVIKEN - 117 48 STOCKHOLM
SWEDEN

DATA FRÅN UNDERVATTENSSKJUTNINGAR MED
K2Z - ANFO och PRILLIT C

Gert Bjarnholt

DS 1974:1

11.2.1974

Sammanfattning

Ett aluminiserat ANFO-sprängämne baserat på prills (Prillit C) samt ett ANFO-sprängämne baserat på ammoniumnitrat av typ K2Z (50 prills/50 kristallint) har detonerats som cylindriska laddningar nedsänkta i vatten, dels med initiering av sprängkapselförstärkare dels med 150 g sprängdeg. Tryck-tidförloppet i vattnet och detonationshastigheten i olika zoner längs laddningen mättes. Det av sprängämnet uträttade mekaniska arbetet har beräknats ur tryck-tidförloppet i vattnet. Resultaten visar att för Prillit C var sprängkapselförstärkare tillräcklig initiering för att ge maximal energi.

För ANFO baserat på K2Z gav initiering med sprängkapselförstärkare en markant reduktion i energi jämfört med initiering med 150 g sprängdeg.

<u>Innehållsförteckning</u>	sid.
1. Inledning	1
2. Symbollista	2
3. Presentation av försöksresultaten	3
4. Diskussion av försöksresultaten	5
5. Referenser	7
6. Tabell	8
7. Figurer	9

1. Inledning

Den undersökning som beskrivs i denna rapport syftar till att hjälpa till att ge riktlinjer för hur K2Z-baserad ANFO och Prillit C skall initieras så att de ger sin maximala energi vid borrhålsdiameter i berg på 40-50 mm.

Undersökningen utfördes genom sprängning av sprängämnesfyllda glaströr med laddningsdiametern 75 mm och längden 750 mm under vatten.

För att kunna jämföra olika initieringars inverkan registrerades trycktidförloppet när laddningarna detonerades på 10 m vattendjup. Bubbelpulsenergin e_B och stötvågsenergien e_S beräknades ur registreringarna varefter det av sprängämnet uträttade mekaniska arbetet A sedan bestämdes som $A = \mu \cdot e_S + e_B/2$. För Prillit C och K2Z-ANFO jämfördes två olika initieringsalternativ, sprängkapselförstärkare och 150 g sprängdeg. För Prillit A provades ett alternativ med axiell genomgående pentylstubin och sprängkapselförstärkare.

2. Symbollista

e_S = energien i vattenstötstången per viktsenhet sprängämne på avståndet R från laddningen.

R = avstånd mellan laddning och tryckmätare.

W = sprängämnets laddningsvikt^{1/}.

ρ_0 = vattnets densitet.

c_0 = ljudhastigheten i vattnet.

$p(t)$ = trycktidförloppet i primärstötstången på avståndet R från laddningen.

$\emptyset$ = tidskonstanten i trycktidförloppet $p(t)$ (den tid det tar för trycket att falla från sitt maxvärde till 0.37 gånger maxvärdet).

e_B = gasklotsenergien (bubbelpulsenergien) per viktsenhet sprängämne (det arbete som spränggaserna uträttat mot det omgivande vattentrycket för att expandera gasklotet till sitt maximum).

T_B = tiden för gasklotets första period (bubbelpulsperioden).

A = $\mu e_S + e_B$ = det mekaniska arbete som sprängämnet uträttat vid undervattensskjutning.

μ = faktor för att extrapolera den vid tryckmätaren mätta stötstågsenergien e_S till stötstågsenergi vid laddningen $\mu \cdot e_S$.

ρ = sprängämnets densitet.

D = sprängämnets detonationshastighet.

1/ inkluderar vikten av sprängkapselns laddning och primerladdning

3. Presentation av försöksresultaten

Resultaten presenteras i tabell 1. Kolumnerna är betecknade från A till J och kommenteras nedan.

A. Skottnummer

B. Sprängämne

Laddningarna bestod av sprängämne packat i glaströr med längden 750 mm och diametern $\varnothing_y/\varnothing_i = 80/75$ mm. Som gavlar användes cirkulära plexiglasskivor med tjockleken 10 mm (se fig 1) som limmades på med tvåkomponent epoxylim.

C. Initiering

Tre olika initieringsalternativ förekom (se fig. 2).

Alt. 1 (ps+sprkf). Sprängkapselförstärkare för Prillit^{1/} (Nitro Nobel AB), initierad av axiell genomgående pentylstubin (10 g/m) + sprängkapsel nr 8.

Alt. 2 (sprkf). Sprängkapsel nr 8 + sprängkapselförstärkare för Prillit.

Alt. 3 (sprd 150 g). Sprängkapsel nr 8 + 150 g sprängdeg m/46 (Bofors).

D. Fysikaliskt tillstånd (hos sprängämnet)

Alt. 1 (pr) Sprängämnet bestod här av tätpackade okrossade prills med aluminiumkorn däremellan.

Alt. 2 (pr+kr). Sprängämnet bestod av en blandning av okrossade prills och kristallint material.

E. Volymvikt

Volymvikten hos sprängämnet mättes i de laddade rören genom vikts- och volymmätning.

F. Detonationshastighet

Detonationshastigheten i laddningen mättes genom att två kontaktsonder placerade utanpå laddningen kortslöts av detonationsvågen. Tiden mellan kortslutningarna mättes med en elektronisk tidintervallmätare. Genom att placera ut kontakterna på olika delar av laddningen mättes detonationshastigheten i endera av tre zoner (I, II, III) vid varje skott (se fig 1). Genom att skjuta 3 identiska laddningar kan då detonationshastigheterna i de tre zonerna bestämmas.

G. Stötvågsenergi e_s

Laddningarna hängdes under vattenytan på 10 m djup med laddningens längd-axel parallellt med lodlinjen och med initieringspunkten nederst. Energien

1/ Innehåller ca 4 g högrbristant sprängämne

i vattenstötvågen på avståndet 34.4 m och på samma djup som laddningen mättes genom att trycktidförloppet i vattenstötvågen mättes och stötvågsenergien e_S beräknades ur /1,2/.

$$e_S = \frac{4\pi R^2}{W \rho_o c_o} \int_0^{6.7\emptyset} p^2(t) dt \quad (1)$$

H. Bubbelpulsenergi e_B

Tidsintervallet mellan den primära vattenstötvåg som alstrades av laddningens detonation och den som alstrades av gasklotets första implosion mättes. Ur denna tid T_B beräknades sedan bubbelpulsenergien e_B genom /1,2/

$$e_B = - \frac{1.63 \cdot 10^4}{W} \left[\sqrt{1 - 0.572 T_B} - 1 \right]^3 \quad (2)$$

I. Mekaniskt uträttat arbete A

Det av sprängämnet mekaniskt uträttade arbetet beräknades ur /2/.

$$A = \mu \cdot e_S + e_B \quad (3)$$

$$\mu = 2 + \frac{\rho D^2 \cdot 10^{-11}}{8} \quad (4)$$

$$\text{där } \begin{cases} \rho = [\text{kg/m}^3] \\ D = [\text{m/s}] \end{cases}$$

Laddningens geometri har i denna undersökning avvikit mer från den sfäriska än i /2/. Formel (3) och (4) ovan för beräkning av A kan därför ge ett något felaktigt värde absolut sett och bör därför huvudsakligen användas som en relativjämförelse mellan olika skott i denna undersökning och i /3/.

J. A/A^*

Det mekaniskt uträttade arbetet A^* uppnås vid fullgod initiering (150 g sprängdeg) och kan ses som det maximala mekaniska arbete som sprängämnet kan uträtta.

Kvoten A/A^* ger då ett initieringsalternativs energi i förhållande till det som uppnås vid fullgod initiering.

A^* har beräknats som ett medelvärde ur skott nr 286 och 287 samt ur 288 och 289. För Prillit A har $A^* = 3.95 \text{ MJ/kg}$ fåttts från /3/.

4. Diskussion av resultaten

Resultaten som presenteras i tabell I (sid 8) visar att Prillit C utvecklat nästan samma mekaniska arbete vid initiering med sprängkapselförstärkare som med 150 g sprängdeg. Detta pekar på att sprängkapselförstärkare är tillräcklig initiering för att ge maximal energi i Prillit C.

ANFO baserat på ammoniumnitrat av typ K2Z (50 prills/50 kristallint, KemaNord) visar en markant skillnad i uträttat mekaniskt arbete A för de två provade initieringsalternativen. Det uträttade arbetet A vid initiering med sprängkapselförstärkare var här ca 8% lägre ($A/A^* = 0.92$) än det vid initiering med 150 g sprängdeg.

Vad beträffar detonationshastigheterna kan man se att Prillit C initierad med sprängkapselförstärkare redan i zon I nått en detonationshastighet (3.2 km/s) som ligger nära den stationära (3.5 km/s).

Samma förhållande gäller för K2Z-ANFO där den stationära detonationshastigheten dock var så låg som ca 2.5 km/s. Denna hastighet ligger markant lägre än den som uppmätts för det helt prillsbaserade ANFO-sprängämnet Prillit A (ca 3.2 km/s) vid samma laddningsdiameter och fördämning /3/, /4/.

K2Z-ANFO initieras i motsats till Prillit A inte säkert till detonation av enbart sprängkapsel nr 8 /4/.

Sammanfattningsvis kan man säga att för Prillit C synes sprängkapselförstärkare vara tillräcklig initiering medan K2Z-ANFO kräver en betydligt kraftigare initiering.

För Prillit A initierad med 150 g sprängdeg beräknades det mekaniskt uträttade arbetet till 3.95 MJ/kg /3/ medan K2Z-ANFO gav 3.83 MJ/kg. Detta kan tyda på att den stationära detonationshastigheten i K2Z-ANFO på ca 2.5 km/s legat något under den kritiska nivå som fordras för att sprängämnet vid den använda laddningsdiameter och fördämningen skall omsättas med maximalt energiutbyte.

Anmärkningsvärt är resultatet för skott nr 293 där Prillit A (hela prills) initierades av sprängkapselförstärkare som i sin tur initierades av en axiell genom laddningen gående pentylstubin. Endast 66% av sprängämnets maximala mekaniskt uträttade arbete ($A/A^* = 0.66$) utvecklades vid detta initieringsalternativ. Vid initiering med sprängkapselförstärkare som i sin tur initierats av en sprängkapsel nr 8 gav Prillit A från samma

sats dock $A/A^* = 0.97 / 3/$. Detonationen av den genom laddningen gående pentylstubinen som dock bör vara otillräcklig initiering för att starta en detonation i sprängämnet har på något sätt gjort att sprängämnet endast utvecklat en del av sin maximala energi. Man bör dock vara försiktig med att dra säkra slutsatser av resultatet från detta enda skott.

För att sammanfatta erfarenheterna från denna undersökning kan man säga att sprängkapselförstärkare synes vara tillräcklig initiering för Prillit C medan K2Z-ANFO kräver en något kraftigare initiering samt att ytterligare undersökningar krävs för att försöka klargöra förhållandet vid initieringsalternativ med axiell genomgående pentylstubin.

6. Referenser

1. Bjarnholt, G. "Evaluation of the performance of explosives by underwater explosion". Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Sthlm, rapport DS 1972:16B. (1972).
2. Bjarnholt, G. "Data från undervattensskjutningar för 39 olika sprängämnen". Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Sthlm, rapport DS 1973:7. (1973).
3. Bjarnholt, G. "Data från undervattensskjutningar för Prillit A med olika initiering". Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Sthlm, rapport DS 1973:21. (1973).
4. Persson, A., och Almgren, L-Å. "Detonationshastigheten för Prillit A och K2Z-ANFO vid olika diameter och packningsgrad". Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Sthlm, rapport DS 1974:2. (1974).
5. Persson, A. "Sammandrag av litteraturstudier och intervjuer angående ANFO:s brytförmåga vid olika initiering". Stiftelsen Svensk Detonikforskning, Sthlm, rapport DS 1973:25. (1973).

Tabell 1.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Skott nr	Spräng- ämne	Initi- ering	Fysik. tillst.	Volym vikt	Det.- hast. D km/s	Stötv.- energi e_s MJ/kg	Bubbelp- energi e_B MJ/kg	Uträttat mek.arb. A MJ/kg	A/A*
283	K2Z-ANFO	sprkf	{ pr+kr }	1.08	2.5(I)	0.86	1.82	3.55	3.53 0.92
284				"	2.6(II)	0.83	1.84	3.51	
285				"	- I)	0.85	1.82	3.53	
286		150 g sprd	{	"	- I)	0.95	1.88	3.79	
287				"	2.4(III)	1.00	1.85	3.86	
288	Prillit C	150 g sprd	{ pr }	0.88	3.5(I)	1.60	2.52	5.74	5.71 1.00
289				"	3.6(III)	1.57	2.51	5.67	
290		sprkf	{	"	3.2(I)	1.57	2.62	5.77	
291				"	3.6(II)	1.58	2.60 ²⁾	5.77	
292				"	- I)	1.57	2.56 ²⁾	5.71	
293	Prillit A	ps + sprkf	pr	0.86	-	0.63	1.35 ²⁾	2.61	2.61 0.66 ³⁾

1) Tändpulsen triggade tidintervallmätaren i förtid.

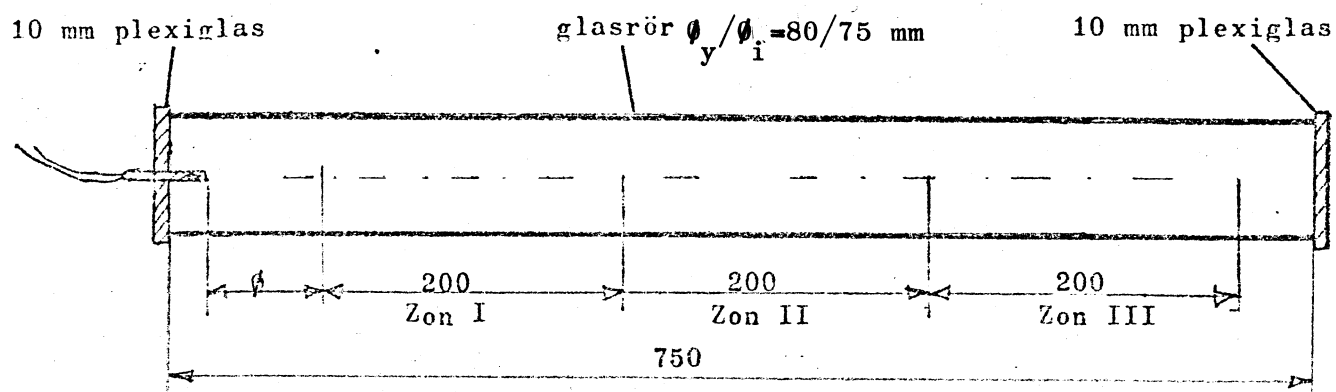
2) Laddningarna skjutna på 7.5 m djup. Bubbelpulsenergien har här beräknats ur

$$e_B = \frac{1.16 \cdot 10^{-4}}{W} \left[\sqrt{1 - 0.572T_B} - 1 \right]$$

3) A* = 3.95 MJ/kg /3/

[mm]

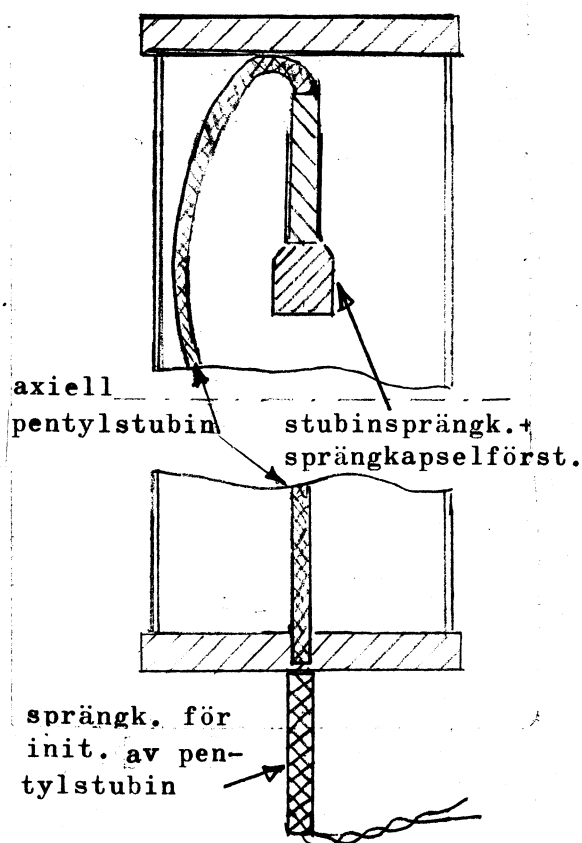
Fig. 1 Laddningarnas utformning



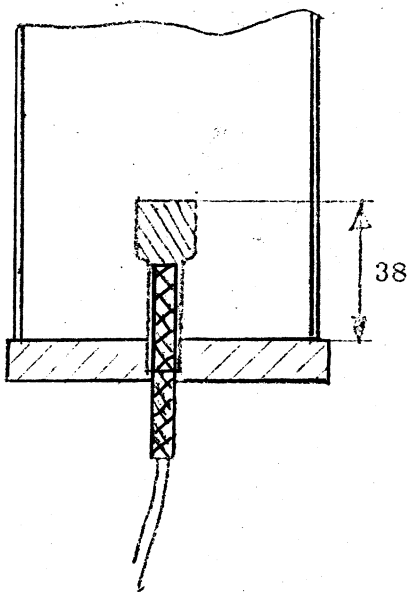
[mm]

Fig. 2 Detalj av initieringen

Alt. 1
(ps + sprkf)



Alt. 2
(sprkf)



Alt. 3
(150g sprd)

